IKI INTERNATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

Del campo al plato

INA Iniciativa para cadenas de suministro agrícola sostenibles

Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático

30 fichas de medidas y casos exitosos de implementación en el sector agrícola

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementado por

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

CRÉDITOS

Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Domicilios de la empresa
Bonn y Eschborn, Alemania

Agencia San José, Costa Rica.
Tel. + 506 2520 1535

www.giz.de

Proyectos:

"Del Campo al Plato: Integración de la biodiversidad en cadenas de valor agroalimentarias (CAP)"
"Iniciativa de Cadenas Agrícolas Sostenibles (INA)"

VERSIÓN
Mayo de 2023

TEXTO

Elaborado por:
- Mauricio Salas
  Consultor

Revisado por:
- Andrea Bruestle
- Sussan Morales González
  Cooperación Alemana para el Desarrollo, GIZ

DISEÑO

- TON!C
  Querétaro, México
- Kerigma,
  San José, Costa Rica

Responsables de la publicación

- Svenja Paulino
- Carmen Langner
- Sussan Morales
- Verónica Fonseca
- Michael Leitón
  Cooperación Alemana para el Desarrollo, GIZ.

Por encargo del:

Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ)

Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección del Consumidor (BMUV)

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.
San José, Costa Rica. Junio 2023.

ÍNDICE

01
Introducción y antecedentes
P.04

02
Metodología para el desarrollo de las fichas
P.05

03 Guía de uso de este manual P.08

04
Sección de fichas con casos de éxito P.13

1. Fertilización según análisis de suelo ____ 14
2. Abonos orgánicos líquidos y sólidos ____ 26
3. Reincorporación de residuos orgánicos de cosecha al suelo/ mulch ____ 41
4. Análisis y control de erosión ____ 53
5. Control de arvenses por métodos no químicos ____ 66
6. Cobertura vegetal viva ____ 75
7. Labranza de bajo impacto ____ 85
8. Optimización del uso de plaguicidas sintéticos ____ 97
9. Control deriva ____ 109
10. Control biológico de plagas ____ 119
11. Barreras naturales en areas sensibles de actividad humana ____ 132
12. Estimación de huella de carbono ____ 140
13. Uso de datos meteorológicos ____ 149
14. Sustitución de refrigerantes según potencial de calentamiento global ____ 160
15. Fuentes de energía renovable y alternativa en finca ____ 168
16. Identificación y control de especies exóticas invasoras ____ 179
17. Vivero con especies locales adaptadas ____ 189
18. Recuperación de hábitats naturales degradados ____ 201
19. Zonas de protección de recurso hídrico ____ 212
20. Reservorios de biodiversidad ____ 222
21. Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas ____ 230
22. Rutas de conectividad internas y externas ____ 241
23. Involucramiento con iniciativas de conservación ____ 251
24. Protección de polinizadores ____ 259
25. Monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema ____ 269
26. Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad ____ 280
27. Reservorios de agua ____ 290
28. Gestión de residuos sólidos dirigido al plástico ____ 301
29. Sensibilización de colaboradores en temas medioambientales ____ 311
30. Mapas de sostenibilidad ____ 320

05
Recomendaciones de siguientes pasos para este manual
P.330

Introducción y antecedentes

La pérdida de biodiversidad y el cambio climático sigue siendo una de las principales preocupaciones de los sectores de la agricultura. Sus impactos son masivos en la producción y los rendimientos del sector agrícola y, en consecuencia, en los ingresos y medios de vida de millones de personas productoras. Se prevé que en los próximos 50 años incrementen significativamente los cambios en las condiciones meteorológicas y aumente la temperatura y las precipitaciones, trayendo consigo pérdida de hábitats y fenómenos meteorológicos extremos como las devastadoras tormentas tropicales en América Latina.

Para la Cooperación Alemana para el Desarrollo, GIZ, esto significa que se debe situar la protección del clima y de la biodiversidad en el centro de los esfuerzos que se realizan con las cadenas de suministro agrícola. Al mismo tiempo, se hace necesario que actores privados estén dispuestos a responsabilizarse de sus cadenas de valor y a cumplir con sus obligaciones de diligencia debida para proteger el medio ambiente.

Por este motivo, el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) y el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección del Consumidor (BMUV) lanzan este manual centrado en el cultivo del banano y de la piña en América Latina. Este esfuerzo constituye un hito en el camino hacia la protección de la biodiversidad, la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus consecuencias en el sector agrícola, y se realizó en cooperación entre el proyecto Del Campo al Plato (CAP) de la GIZ, que forma parte de la Iniciativa Climática Internacional (IKI); y la antigua Alianza de Acción para el Banano Sostenible (ABNB), coordinada por la Iniciativa de Cadenas Agrícolas Sostenibles (INA).

Este manual se basa en el trabajo realizado en el 2019, cuando la Cooperación alemana para el desarrollo, GIZ, en conjunto con la empresa alemana Cobana desarrollaron 34 fichas con medidas o acciones para impulsar la protección de los recursos naturales en la producción de banano. El resultado de ese primer esfuerzo tuvo una importante acogida en el sector agrícola, significando una base fundamental para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas productoras, potenciando así que esta sea cada vez más responsable con la biodiversidad y con su recurso humano. Este trabajo previo fundamentó el presente documento, resaltando así la importancia del trabajo y coordinación intersectorial.

El sector privado y los agentes de la sociedad civil se han comprometido a promover activamente las medidas de este manual. Al hacerlo, se están apoyando en una base científica creada por amplios estudios sobre los impactos en la producción agrícola que tienen el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad.

Nos complace que el Foro Mundial Bananero (FMB) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), lleve las medidas aquí contenidas a un público más amplio y siga impulsando su implementación.

Distribuir esta información entre el mayor número posible de actores del sector y apoyar la implementación de las medidas, significa contribuir al mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas y a la adaptación de los cultivos al cambio climático. El trabajo conjunto de todos los actores involucrados en las cadenas de suministro agrícolas será fundamental para lograr esta meta.

Ralf Sanftenberg,

Director del Departamento de Desarrollo Rural y Agricultura GloBe, GIZ

Svenja Paulino,

Directora de los Programas Biodiversidad y Negocios para Centroamérica y República Dominicana, y Del Campo al Plato, GIZ.

Metodología para el desarrollo de las fichas

Para el desarrollo de las fichas que integran el Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático, se utilizaron varias técnicas para recopilar, analizar y validar información relevante según las diferentes temáticas abordadas. Entre las técnicas utilizadas se encuentran la revisión bibliográfica, la consulta por medio de matrices, entrevistas con personal clave y visitas de campo en fincas agrícolas; la consulta a personas expertas y la construcción de ejemplos prácticos aplicando herramientas y bases de datos. Esto con el objetivo de facilitar la comprensión de los temas técnicos que se abordan en las fichas y mostrar ejemplos de casos de éxito de organizaciones que ya implementan las medidas en sus operaciones.

Revisión Bibliográfica

Se realizó una revisión documental exhaustiva para cada uno de los temas analizados, considerando únicamente el uso de información técnica actualizada procedente de fuentes confiables, por ejemplo: tesis, manuales, guías, revistas científicas, convenios internacionales, reglamentos y leyes; así como informes, bases de datos y herramientas de universidades u organizaciones como FAO, UICN, WWF, IPBES, entre otros.

Cada referencia bibliográfica, está incluida y numerada en el pie de página, guardando un hipervínculo con la sección final de la ficha, en donde se enlistan las diferentes fuentes consultadas, incluyendo un enlace a la página web de procedencia.

Consulta y visitas de campo en fincas agrícolas

Otro recurso utilizado en el desarrollo de las fichas fue la recopilación y análisis de las experiencias de implementación de medidas de sostenibilidad con enfoque en biodiversidad y cambio climático en diversas empresas de producción de banano, piña y café en cuatro países: (Costa Rica, República Dominicana, Ecuador y Colombia). Lo anterior se logró mediante tres actividades:

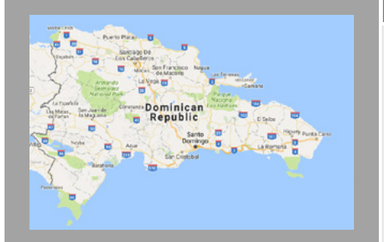
Casos de éxito

Consultas	Respuesta de la finca
¿Podría elaborar un breve resumen de la práctica, que fue reconocida por GIZ como un caso de éxito para la finca?	Se ven beneficiados los productores de ñas 5 zonas productivas de BANELINO ya que se les brinda un servicio de recolección de plásticos en cada centro de acopio. Los plásticos son clasificados y llevados a la fábrica de BANELINO para elaborar esquineros y serutilizados al momento del paletizado.
¿Qué beneficios ha tenido la finca con esta práctica?	La contaminación ambiental a disminuido en la finca.

Entrega de matrices de consulta:

Al inicio del proyecto se facilitó a cada empresa una encuesta relacionada con prácticas de sostenibilidad (en conservación de biodiversidad y cambio climático) en donde las fincas mostraban un nivel de avance importante. Cada matriz solicitó información, relacionada con la implementación de las medidas, beneficios, ahorros, costos y efectos no previstos. Las matrices fueron la base para la redacción de los casos de éxito.

Medidas de Biodiversidad y Cambio Climático 2023

Empresa	Banelino	Casos de Éxito		Contácto	Gustavo Gandini Osisris Martínez
		#Ficha	Descripción de la Medida		
Cultivo		1	Fertilización según análisis de suelo	Correo	omartinez@banelino.com.do ggandini@banelino.com.do
		2	Abonos orgánicos líquidos y sólidos		
		3	Reincorporación de residuos orgánicos de la cosecha al suelo		
		4	Análisis y control de crosión		
		5	Control de arvenses por métodos no químicos		
		6	Cobertura vegetal viva		
		9	Control de deriva		
	País	10	Control biológico de plagas		
		11	Barreras naturales en areas de actividad humana		
		13	Uso de datos meteorológicos		
		16	Identificación y control de especies exóticas invasoras		
	República Dominicana	24	Protección de polinizadores		
		25	Monitoreo de especies indicadores de bienestar del ecosistema		
		28	Gestión de residuos sólidos (dirigido al plástico)		
		29	Sensibilización de colaboradores en temas medioambientales		

Entrevistas con personal clave:

Paralelamente al llenado de las matrices, se realizaron entrevistas aclaratorias o dirigidas a ampliar aspectos prácticos. Actividad en donde participaron gerentes, agrónomos, gestores, trabajadores y consultores de las fincas, entre otros.

Visitas de campo:

La validación de las medidas en campo fue una actividad muy importante que permitió conocer con más detalle los casos de éxito y ampliar o ajustar las prácticas incluidas en la sección metodológica de cada ficha. De esta manera se complementa la teoría con base en las experiencias en finca, poniendo especial atención en las lecciones aprendidas.

Como resultado de esta fase metodológica, se reflejan en el este manual y sus fichas, 26 casos de éxito procedentes de 21 empresas y/o asociaciones de productores.

Visita al vivero de la empresa, Upala Agrícola, 2022

‹ Metodología para el desarrollo de las fichas.

Consulta a personas expertas:

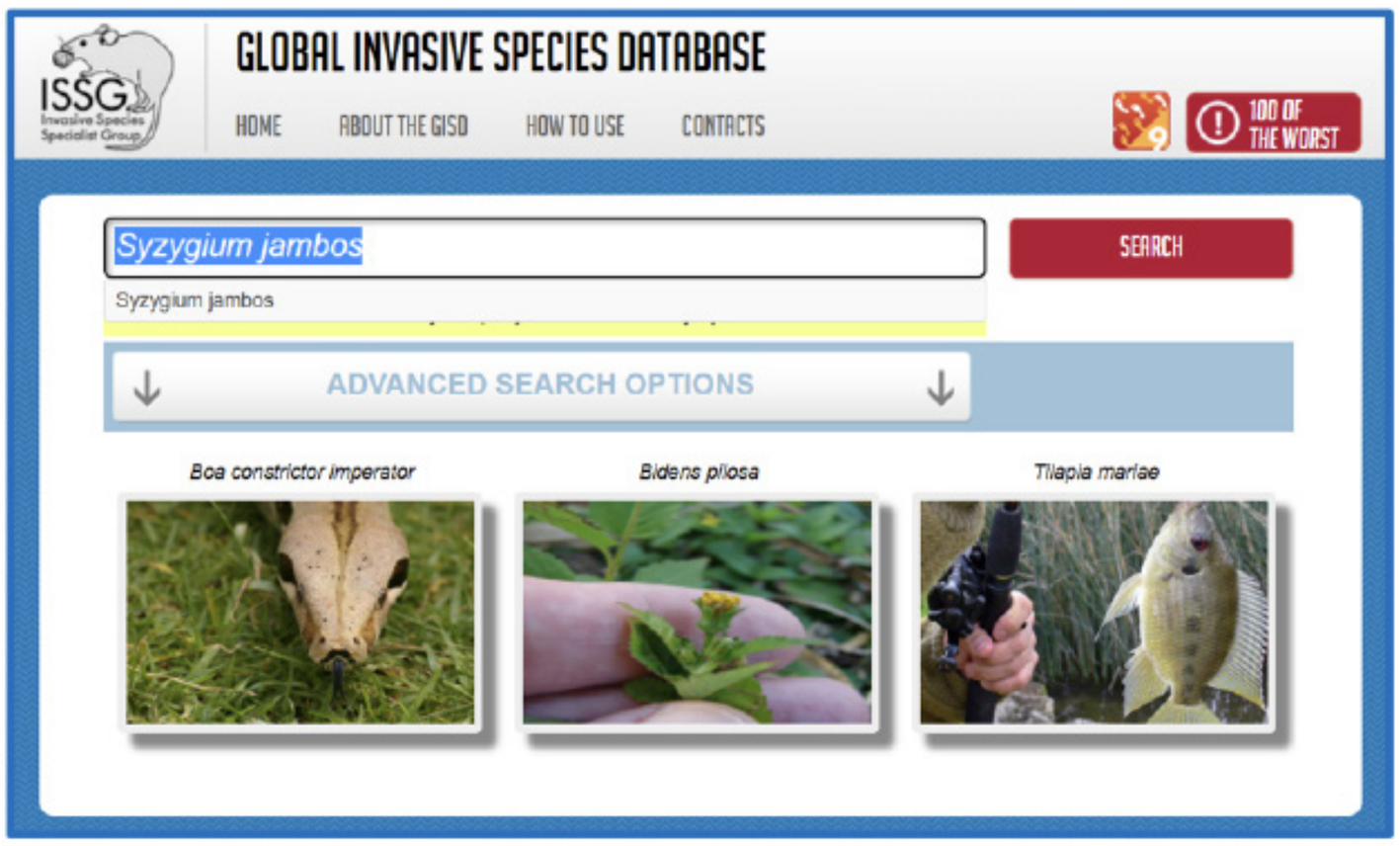
Para el desarrollo de algunas temáticas se contó con el apoyo y validación por parte de profesionales como biólogos, forestales y agrónomos, los cuales contribuyeron en la ampliación de aspectos técnicos relacionados con fertilización, control biológico, huella de carbono, mapas de sostenibilidad, entre otros. El nombre y contacto de las personas expertas se incluye al final de cada ficha, en la sección de referencias.

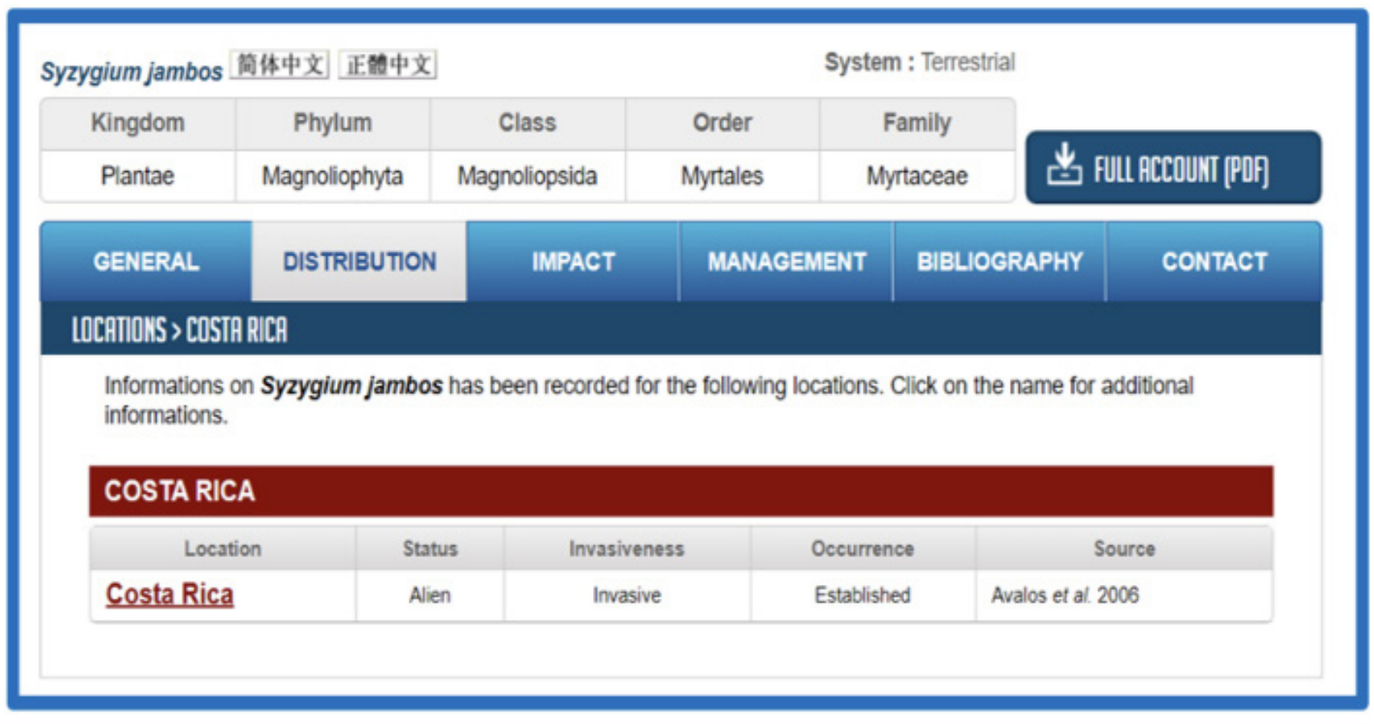
Por otro lado, cabe destacar que la orientación de las prácticas incluidas en los pasos de implementación de las medidas es el resultado de la experiencia en sistemas de producción sostenible en Latinoamérica del equipo consultor encargado del desarrollo de este manual.

Construcción de ejemplos prácticos:

Para algunas fichas se elaboraron ejemplos de la aplicabilidad de temas técnicos, utilizando herramientas y bases de datos para facilitar la comprensión por parte del usuario del manual.

Ejemplo: Especie de interés para ser introducida en una finca en Costa Rica: Manzana Rosa *(Syzygium jambos)*/ Búsqueda simple en GISD





***Resultado**: especie invasiva (se descarta su uso)*

Guía de uso de este manual

El Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático, está integrado por 30 fichas con medidas de agricultura sostenible, así como casos de éxito de implementación de las mismas. Las fichas están segmentadas en 3 categorías para la implementación y a su vez en 8 áreas temáticas (ver tabla 1). Estel manual está orientado a fincas de producción de banano y piña, sin embargo, algunas fichas contienen temas generales, por lo que pueden ser utilizadas como una guía en otros sectores agrícolas.

Las fichas incluidas en este manual presentan un nivel técnico intermedio, por lo cual es importante consultar profesionales que apoyen la implementación de las medidas. Por otro lado, el uso de este manual debe ir de la mano con el cumplimiento legal aplicable a la temática desarrollada.

Tabla 1. Áreas temáticas y categorías de implementación de las 30 fichas con medidas de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático.

Área temática	#	Tema de la ficha	Categoría
Nutrición responsable	1.-	Fertilización según análisis de suelo	Categoría A
	2.-	Abonos orgánicos líquidos y sólidos	Categoría A
	3.-	Reincorporación de residuos orgánicos de la cosecha al suelo- mulch	Categoría A
Conservación del suelo	4.-	Análisis y control de erosión	Categoría A
	5.-	Control de arvenses por métodos no químicos	Categoría A
	6.-	Cobertura vegetal viva	Categoría B
	7.-	Labranza de bajo impacto	Categoría B
Control y optimización química	8.-	Optimización del uso de plaguicidas sintéticos	Categoría C
	9.-	Control de deriva	Categoría B
	10.-	Control biológico de plagas	Categoría B
	11.-	Barreras naturales en áreas de actividad humana	Categoría A

Área temática	#	Tema de la ficha	Categoría
Gestión climática	12.-	Estimación de huella de carbono	Categoría B
	13.-	Uso de datos meteorológicos	Categoría A
	14.-	Sustitución de refrigerantes según potencial de calentamiento global	Categoría B
	15.-	Fuentes de energía renovable y alternativa en finca	Categoría B
Recuperación y conservación de la biodiversidad	16.-	Identificación y control de especies exóticas invasoras	Categoría A
	17.-	Vivero con especies locales adaptadas	Categoría A
	18.-	Recuperación de hábitats naturales degradados	Categoría B
	19.-	Zonas de protección de recurso hídrico	Categoría B
	20.-	Reservorios de biodiversidad	Categoría C
	21.-	Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas	Categoría C
	22.-	Rutas de conectividad internas y externas	Categoría C
	23.-	Involucramiento con iniciativas de conservación	Categoría B
	24.-	Protección de polinizadores	Categoría B
	25.-	Monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema	Categoría B
Control y optimización química	26.-	Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad	Categoría B
	27.-	Reservorios de agua	Categoría B
Manejo del residuo plástico	28.-	Gestión de residuos sólidos (dirigido al plástico)	Categoría B
Sensibilización y mapeo de sostenibilidad	29.-	Sensibilización de colaboradores en temas medioambientales	Categoría A
	30.-	Mapas de sostenibilidad	Categoría A

Conceptos importantes:

El usuario de este manual debe tener en cuenta algunos conceptos, para el correcto uso y potencial utilidad del documento, estos conceptos son: categorización, correlación de las medidas, estructura de las fichas y repositorio de información.

Conceptos importantes:

Las fichas fueron agrupadas en 3 categorías según su complejidad técnica y plazos estimados de implementación. La categorización permite a la persona productora seleccionar y planificar de manera más adecuada la implementación de las medidas según su capacidad. Este manual cuenta entonces con:

10 fichas Categoría A	16 fichas Categoría B	4 fichas Categoría C
Categoría de Ficha: A	Categoría de Ficha: B	Categoría de Ficha: C
Las fichas Categoría A son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades incluidas en el ***Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático***	**Las fichas Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica mMedia, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en el ***Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático***	**Las fichas Categoría C** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica Aalta, que podrían incluir previamente la implementación de otras actividades, incluidas en el ***Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático***
Plazo de implementación: Hasta 2 años	Plazo de implementación: Hasta 3 años	Plazo de implementación: Hasta 5 años

Correlación entre medidas

Una vez priorizadas las medidas por medio de la categorización, se debe considerar que las fichas incluidas en este manual guardan una interrelación que se debe conocer, y que ayudará a gestionar mejor los recursos, ahorrando costos y logrando una mejor eficiencia en la ejecución de las actividades y mejoras a ser implementadas.

Estructuras de las fichas

Cada ficha está dividida en 8 secciones, estas secciones tienen como fin último la correcta implementación en campo de las medidas de agricultura sostenible. Las secciones que componen las fichas se describen a continuación:

Descripción de la medida
Se realiza una introducción técnica de la medida que se abordará, analizando el contexto global y su aplicabilidad e incidencia en fincas del sector agrícola.

Beneficios en la implementación de la medida
Se describen los principales beneficios de la implementación de las medidas, y cómo estas prácticas pueden generar un impacto positivo en la biodiversidad, en la adaptación al cambio climático y en la actividad productiva.

Metodología de implementación de la medida

Es la parte central de la ficha, en donde se describen las prácticas o pasos en orden lógico para la implementación de la medida. Esta sección incluyen además, enlaces para el uso de herramientas y bases de datos, así como imágenes y ejemplos de temas técnicos.

Indicadores de desempeño

Se enlistan indicadores con el objetivo de medir el avance de la implementación de la medida seleccionada.

Costos y recurso humano

Brinda al lector una base aproximada de costos en dólares americanos y permite visualizar la necesidad de apoyo por parte de profesionales y/o personal de finca para la implementación de la medida en campo.

giz FICHA 27

Metodología de implementación de la medida

La implementación de reservorios agua[8] a nivel de finca es una práctica orientada a promover estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit de hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.

Esta iniciativa pretende que las fincas se comprometan a realizar un actividades de captación, almacenamiento y aprovechamiento del recurso hídrico de una forma responsable y apegada a la legislación nacional[9] e internacional aplicable.

De esta forma, la estrategia a ser implementada dependerá de los objetivos de uso del agua, de la presencia o ausencia de fuentes de abasto cercanas, las necesidades del cultivo, así como de la capacidad de inversión, área disponible y la implementación de diversos requerimientos técnicos que serán ampliados en las siguientes secciones del documento.

Paso 1. Determinación de objetivos e identificación de fuentes de captación.

Al planificar el proyecto, es importarte tener en cuenta los objetivos de uso del agua y las posibles fuentes de abasto, lo cual ayudará no sólo a determinar la cantidad el volumen de agua requerida, sino también la ubicación, tamaño y diseño del reservorio, disminuyendo así impactos ambientales y optimizando la inversión económica, el tiempo y el recurso humano requerido.

Objetivo de uso del agua	
Irrigación	✓
Procesamiento	
Control de incendios	✓
Fuentes de abasto	

Resumen ¿Porqué implementar esta medida?

El resumen está orientado a dar insumos necesarios para la divulgación de las acciones una vez que se ha implementado la medida en campo, además sirve para incentivar a la persona productora a la lectura de la ficha e implementación de la medida. Destacando los beneficios en términos de productividad, calidad y sostenibilidad de los recursos.

Casos de éxito

Sección diferenciadora de este manual, pues destaca el esfuerzo que han realizado fincas de producción de banano, piña y café. Resalta cómo la implementación de las medidas de este manual han beneficiado la gestión agrícola y han permitido diferenciar el producto en el sector, todo gracias a los esfuerzos en conservación de la biodiversidad y gestión del cambio climático.

Casos de éxito

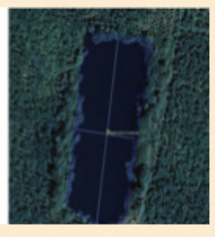
Finca Eufemia es una unidad de producción de banano de 160 hectáreas, ubicada en el Corregimiento de Orihueca, Municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. La cual comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A. y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Eufemia cuenta con un reservorio de agua para la actividad de riego, con capacidad de 15.576m³, el cual se ubica en el centro de la unidad de producción y recibe agua de dos diferentes fuentes: Canal Susana (Asosevilla) y Quebrada Orihueca, a través de 5670metros lineales de canales, los cuales cuentan con cobertura natural a sus orillas, que disminuyen el impacto por deriva química durante aplicaciones aéreas y terrestres. Actualmente la unidad de producción no realiza fertirriego.

La estación de riego, cuenta con hidrometros funcionales, Para el año 2020 el consumo de agua para irrigación fue de 963831m³, muy por debajo de las concesiones de ley.

El reservorio mantiene una linea de árboles en todo su perímetro, una malla para impedir que los peces pasen hacia el sector de los motores, rótulos de advertencia, salvavidas y presencia permanente de personal operativo y de seguridad. Según el ingeniero Gustavo Hernández a cargo del Departamento de Riego, no es claro si el reservorio fue impermeabilizado al momento de su construcción ya que la finca fue adquirida por la empresa con estas obras en pie, pero por su ubicación y según los estudios de suelo, se localiza en un área de suelos arcillosos, con lo cual se prevé que con el tiempo ha habido un sellado natural. En el área se mantienen grupos importantes de aves y se han observado nutrias y peces. Finalmente y como parte de la acciones de responsabilidad corporativa, Tecbaco forma parte de la Plataforma de Agua, liderada por WWF, en donde se implementan acciones dirigidas a proteger la cuenca del Río Frio y Río Sevilla, así como promover un uso racional del recurso.

Reservorio Eufemia	
Area	5.192 m2
Perimetro	334 m
Volumen	116.508 gal
Ancho	44 m
Largo	118 m
Profundidad	3 m
Lamina Max Agua	2,5 m
Impermeabilizacion	No cuenta

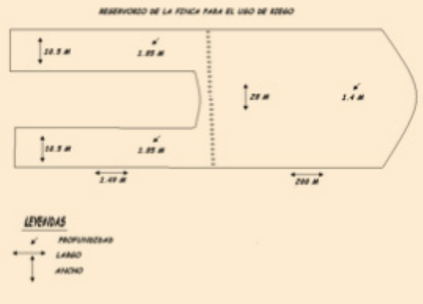


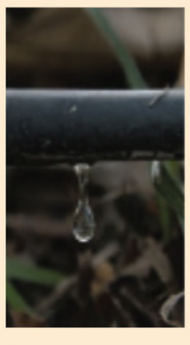
Casos de éxito

Quinta Pasadena S.A. es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la Provincia de Monte Cristi en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral, donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales. La finca cuenta con un área de conservación de 38.85 hectáreas y esta certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

Quinta Pasadena, cuenta con un reservorio de agua proveniente del Río Yaque del Norte y de la escorrentía generada durante las precipitaciones anuales. El reservorio tiene una forma irregular y suministra agua para el sistema de riego por goteo que se aplica en la finca, en el cual se utilizan un complejo de paneles solares que dan energía al sistema de bombeo, disminuyendo sustancialmente el consumo de combustibles fósiles en la actividad.

La administración protege la fauna que utiliza el reservorio, incluyendo especies de peces locales, los cuales en el pasado fueron disminuidos debido a la competencia con el Pez Gato (Clarias batrachus)[38], especie invasora eliminada mediante una estrategia de erradicación implementada por la finca.





38. Especie invasora originaria de Vietnam

Repositorio de información

Cada una de las fichas de este manual es un repositorio de información, pues en su contenido se almacena, organiza, mantiene y difunde información digital relacionada con la implementación de las medidas de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático. Las fichas toman en cuenta información de base en dos sentidos específicamente:

12 Relación de las medidas con normativas internacionales

Cada temática, fue relacionada con criterios, requisitos o puntos de control de diferentes normativas internacionales, entre ellas, Rainforest Alliance, Global Gap, Fairtrade, Sustainably Grown, Bee Friendly, ISO 14001, entre otras.

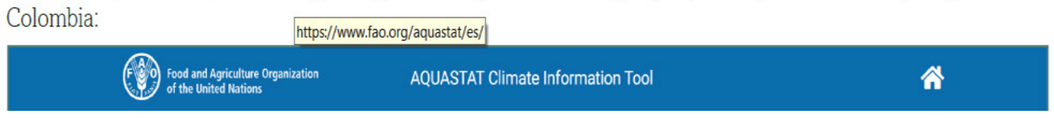
Acceso a otros recursos informativos, herramientas y base de datos

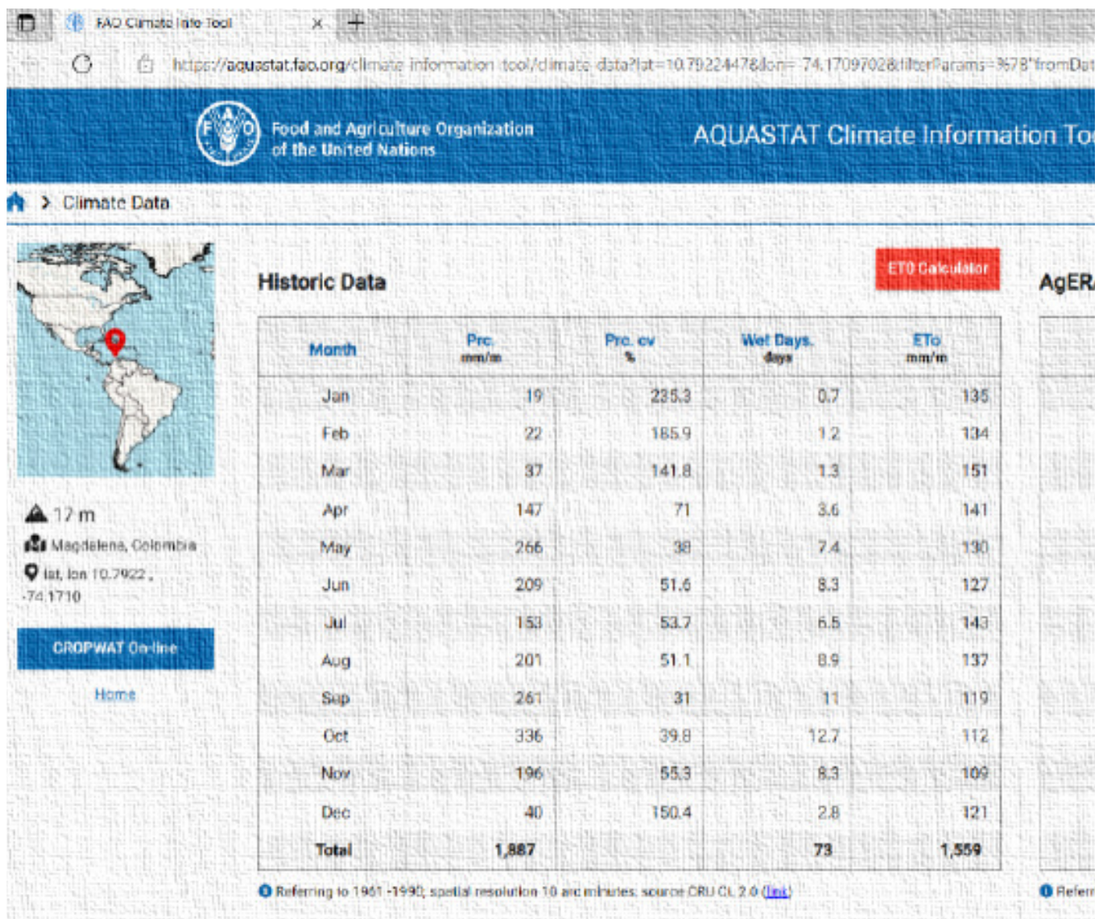
Las fichas incluyen diferentes hipervínculos, que permiten al lector, acceder a información complementaria como normativas (antes referidas), manuales, tesis, convenios internacionales, programas y plataformas (QGIS, Google Earth), informes (FAO, EPA, WWF, Unión Europea, IPBES), herramientas (Aquastat, EIQ) y bases de datos (GISD, Weedcience, PAN, PPDB), entre otros.

Para lo cual el usuario solo debe posesionarse en la imagen o en las palabras destacadas en color naranja dentro del texto y las notas al pie de página, y dar clic, tal como se representa a continuación:

erosionado[7]. *Cómo analizarlo dentro de la finca:* Para una caracterización general existen instrumentos de consulta y acceso libre, como el Sistema Aquastat publicado por la FAO[8]. Ejemplo para la Zona Bananera, Magdalena en Colombia:

https://www.fao.org/aquastat/es/

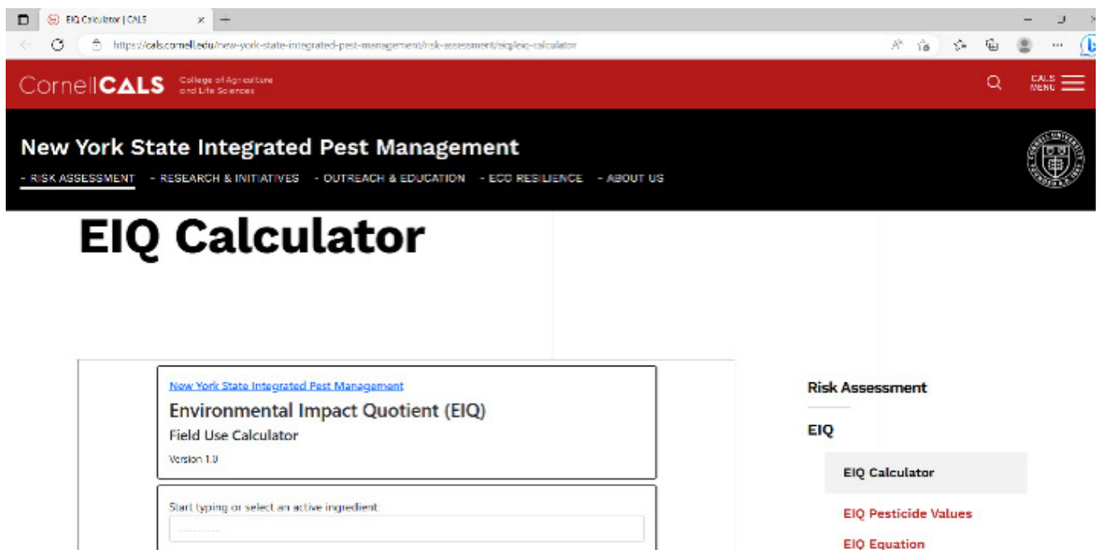


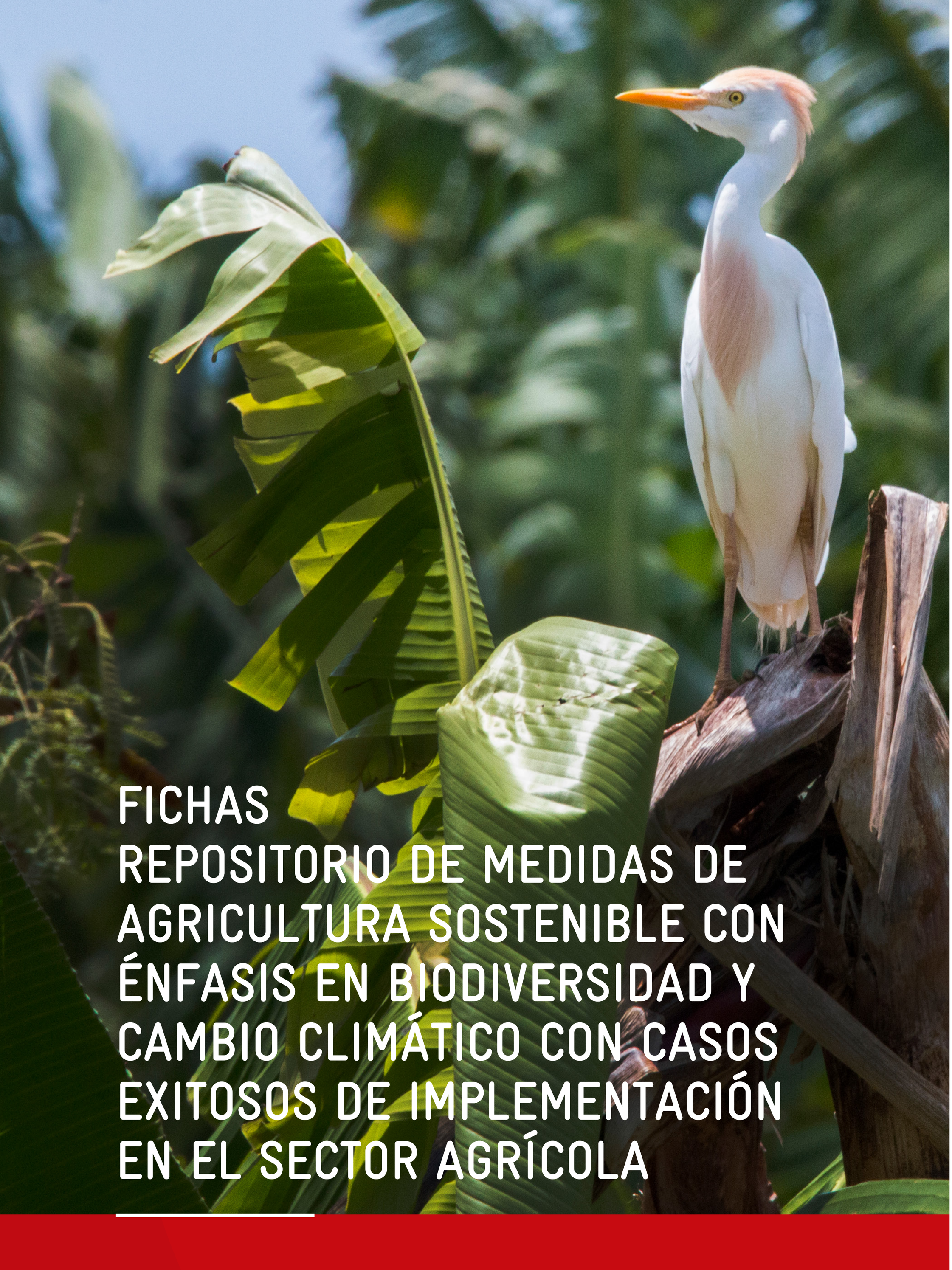


Environmental Impact Quotient (EIQ) o Cociente de Impacto Ambiental, como para proporcionar a los productores datos sobre los impactos ambientales y de inca, y así poder realizar una mejor selección de los productos fitosanitarios[15] a mente una actualización[16] de los valores teóricos de los EIQ (*para un grupo de ente en la agricultura*), datos que son utilizados como la base para el cálculo de uso de una calculadora diseñada para este fin.

utilizar, ya que únic ro datos para obtener un ida analizado, es importante comprender a detalle la metodología:

https://nysipm.cornell.edu/eiq/calculator-field-use-eiq/





FICHAS REPOSITORIO DE MEDIDAS DE AGRICULTURA SOSTENIBLE CON ÉNFASIS EN BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO CON CASOS EXITOSOS DE IMPLEMENTACIÓN EN EL SECTOR AGRÍCOLA

Fertilización según análisis de suelo

1

Categoría A

Nicoverde, Costa Rica

Categoría de Ficha	Medidas Relacionadas	Estándares Internacionales relacionados con la medida	Plazo de Implementación
Las fichas Categoría A son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático** A	2 Abonos orgánicos líquidos y sólidos 3 Reincorporación de residuos orgánicos 9 Control de deriva 12 Estimación de huella de carbono 26 Optimización del sistema de riego (SMH) 30 Mapas de sostenibilidad	Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3. **Requisitos:** 4.4.6, 4.4.7 Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. **Requisito:** 3.2.22 Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1. **Puntos de Control:** CB/4.1, 4.2, 4.5	Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

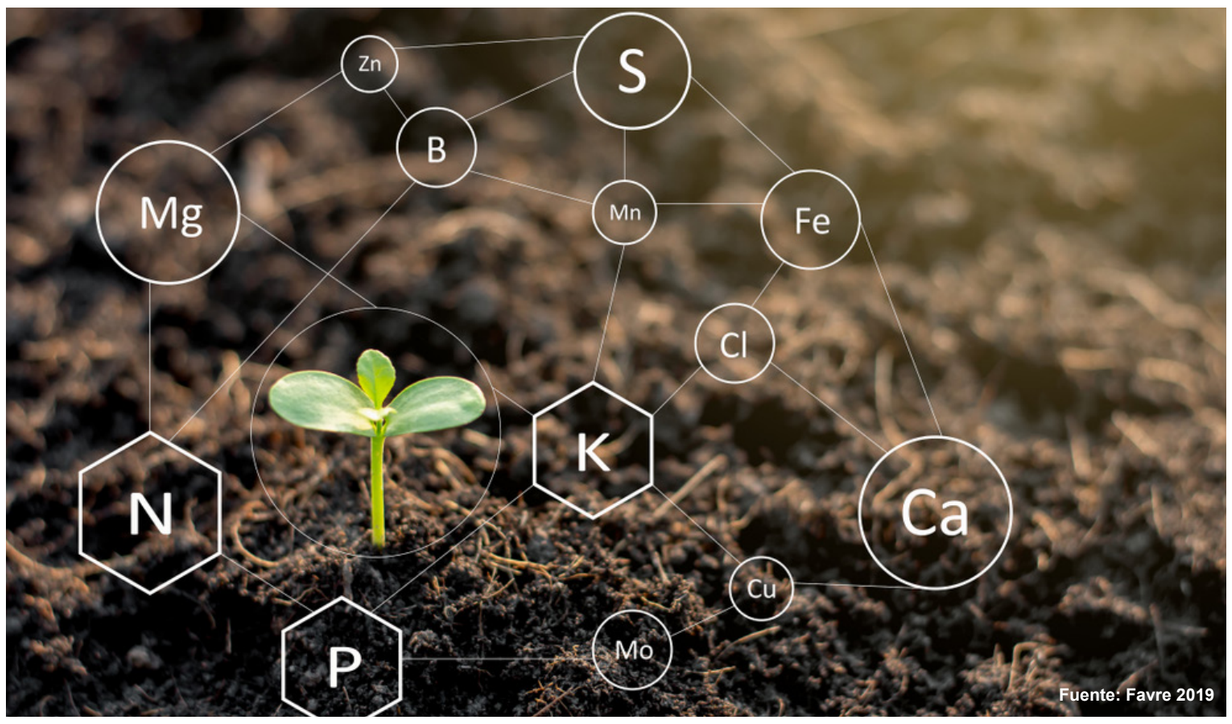
GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Fertilización según análisis de suelo

FICHA 1

Descripción de la medida

La agricultura en la actualidad afronta un gran desafío relacionado con la provisión de alimentos para una población mundial en crecimiento, siendo una limitante la expansión de la frontera agrícola, debido a la desertificación y a la necesidad de conservar los bosques y otros ecosistemas necesarios para la regulación del clima mundial. Por lo tanto, los sistemas de producción se han intensificado, exigiendo mayores rendimientos por hectárea; lo que conlleva a una mayor extracción de nutrientes del suelo que en muchas ocasiones este no puede proporcionar por sí solo[1]. Es por ello, que la fertilización es importante para la agricultura actual, pero esta debe de realizarse con la mayor eficiencia posible, para reducir su impacto en el medio ambiente.



Los fertilizantes son sustancias que se usan para aportar nutrientes a las plantas y potenciar su desarrollo y producción. Estos pueden ser de origen orgánico, a los que se les conoce como abonos orgánicos, o también pueden ser sintéticos o químicos, comúnmente referidos como fertilizantes químicos[2]. Los abonos orgánicos aportan nutrientes, pero sobre todo son utilizados en la agricultura convencional para mejorar las condiciones del suelo al aumentar el contenido de materia orgánica, que ayuda a mejorar la estructura del suelo, almacenar más humedad, regular la temperatura y aumentar la actividad microbiana. Mientras que los fertilizantes químicos proveen los nutrientes que las plantas necesitan y que faltan en el sistema agrícola[3].

Por lo tanto, los fertilizantes están compuestos en mayor proporción por los nutrientes que la planta más necesita, llamados macronutrientes primarios, que son: el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); así como otros nutrientes que la planta requieren en menor cantidad como los macronutrientes secundarios: azufre (S), magnesio (Mg) y calcio (Ca) y los micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y boro).

Por ejemplo, para plantaciones de banano en Costa Rica y Ecuador, los nutrimentos que se aplican en mayor cantidad son el N y el K, inclusive cuando hay reservas en el suelo, ya que para este cultivo su extracción es muy alta especialmente en etapas de desarrollo y la fructificación. Sin embargo, también se aplican otros fertilizantes con Mg o S, pero únicamente en zonas donde estos nutrientes son deficientes en los suelos, para asegurar el adecuado desarrollo de las plantas y los frutos[4]. Por lo que es importante recalcar que la fertilización debe de planificarse no sólo con base en el cultivo, sino teniendo en cuenta que esta puede cambiar de un sitio a otro según la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y la productividad.

1 Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.
2 ¿Qué es un fertilizante?. Biofeed, 2020.
3 Fertilizantes y su uso. FAO, 2002.
4 Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización. Corbana, 1995.

Sin embargo, existe otro parámetro que se debe de tomar en cuenta a la hora de fertilizar y es el tipo de fertilizante que se va a utilizar. Esto debido a que estos pueden aportar uno o varios nutrientes a la vez, según su tipo de formulación y estado[5], existiendo cuatro tipos de fertilizantes:

- Simples: están formados por un nutriente básico. Por ejemplo, basados en urea, sulfato de amónico, superfosfatos o potásicos.

- Combinados: están formados por más de un nutriente principal y pueden estar combinados como: complejos (en un grano hay aportes de todos los nutrimentos del fertilizante unidos químicamente), compuestos (dentro de un mismo fertilizante hay granos con diferentes nutrientes, pero sin reacción química entre ellos) y mezcla (se mezclan diferentes fertilizantes simples).

- Fertilizantes complejos líquidos: pueden presentarse en suspensiones o en soluciones. Estos se aplican directamente sobre las hojas de las plantas haciendo su absorción más sencilla. Este tipo de fertilización es muy común tanto en piña como en banano, donde aplican normalmente en combinación con agroquímicos para reducir el costo de la aplicación[6].

- Fertilizantes de liberación lenta o contralada[7]: permiten liberar poco a poco los nutrientes al suelo, reduciendo así la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de estos por lixiviación (movilización desde la capa superficial del suelo hasta capas inferiores y/o mantos acuíferos). Normalmente están formulados para el N y se dividen en moléculas de baja solubilidad, inhibidores y fertilizantes recubiertos.

Adicionalmente, es importante tener en cuenta siempre que una incorrecta fertilización puede generar graves problemas al medio ambiente. Aplicar fertilizantes cerca de fuentes de agua puede generar que se contaminen o eutroficen (aumentan las algas y mueren especies acuáticas por contaminación de N y P); mientras que un exceso de fertilizante puede ocasionar altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como lixiviación. No obstante, esto también puede ocasionar pérdidas económicas al productor, así como una sobre nutrición de los cultivos que puede afectar su desarrollo, floración y fructificación.

Por lo tanto, es importante realizar una correcta fertilización que logre corregir las deficiencias de nutrientes, pero reduciendo el impacto ambiental. Para lograrlo se deben promover cambios en la fertilización convencional hacia una que se asemeje más a la realizada en la agricultura de precisión; donde se toman en cuenta los tipos de suelos y las diferencias productivas dentro de la finca para programar la fertilización según los requerimientos de cada sector. Asimismo, tener en cuenta factores de la agricultura de conservación donde se promueve un manejo más integrado de los suelos, aguas y el medio productivo.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Disminuye los riesgos de contaminación de aguas por exceso de fertilización y reduce la emisión de GEI. Teniendo en cuenta que una fertilización optimizada, debe seguir el concepto de la agricultura de precisión, donde se fertiliza la finca según las necesidades puntuales de cada sector y no como un todo.

- Promueve el uso de fertilizantes de liberación lenta o controlada, que ayudan a reducir las pérdidas por lixiviación, disminuyendo el riesgo de contaminación de aguas y de emisión de GEI provenientes del nitrógeno[8].

- Favorece el mantenimiento e incremento de la materia orgánica mediante el uso de fertilizantes orgánicos inocuos o rastrojos, mejorando de esta forma la estructura del suelo, al tiempo que aumenta la actividad microbiológica y se reducen las emisiones de GEI[9].

Aplicación de agroquímicos líquidos en piña

5 ¿Qué es un fertilizante?. Biofeed, 2020.
6 Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.
7 Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.
8 Guía Metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera. FAO, GIZ, 2017.
9 Factores de emisión de CH4 y CO2 en rastrojo de piña en San Carlos, Costa Rica. TEC, 2019.

Beneficios para el productor:

- Promueve la optimización de la fertilización por sector productivo, considerando variables como tipos de suelo y productividad; lo cual permite a la vez reducir costos generados por sobre aplicaciones en el cultivo.

- Impulsa prácticas dirigidas a aumentar el rendimiento del cultivo y a reducir las dosis empleadas: uso de fertilizantes de liberación lenta o controlada o el fraccionamiento de la fertilización según la etapa de crecimiento de la planta y actividades que también favorecen la reducción de emisiones de GEI del cultivo, siendo esto útil para productores que efectúen inventarios de GEI y para los que forman parte de programas de carbono neutro.

- Busca la reducción de la lixiviación (contaminación) y eutrofización de las aguas, asegurando un buen funcionamiento de los sistemas de riego que utilizan las fuentes de aguas superficiales y subterráneas cercanas.

- Propicia la reducción de emisiones, el incremento y mantenimiento la materia orgánica en el suelo y la disminución de impactos en el recurso hídrico; acciones que ayudan en el cumplimiento de la legislación ambiental vigente de cada país.

- Permite obtener una mejor valoración de imagen del productor a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo.

Metodología de implementación de la medida

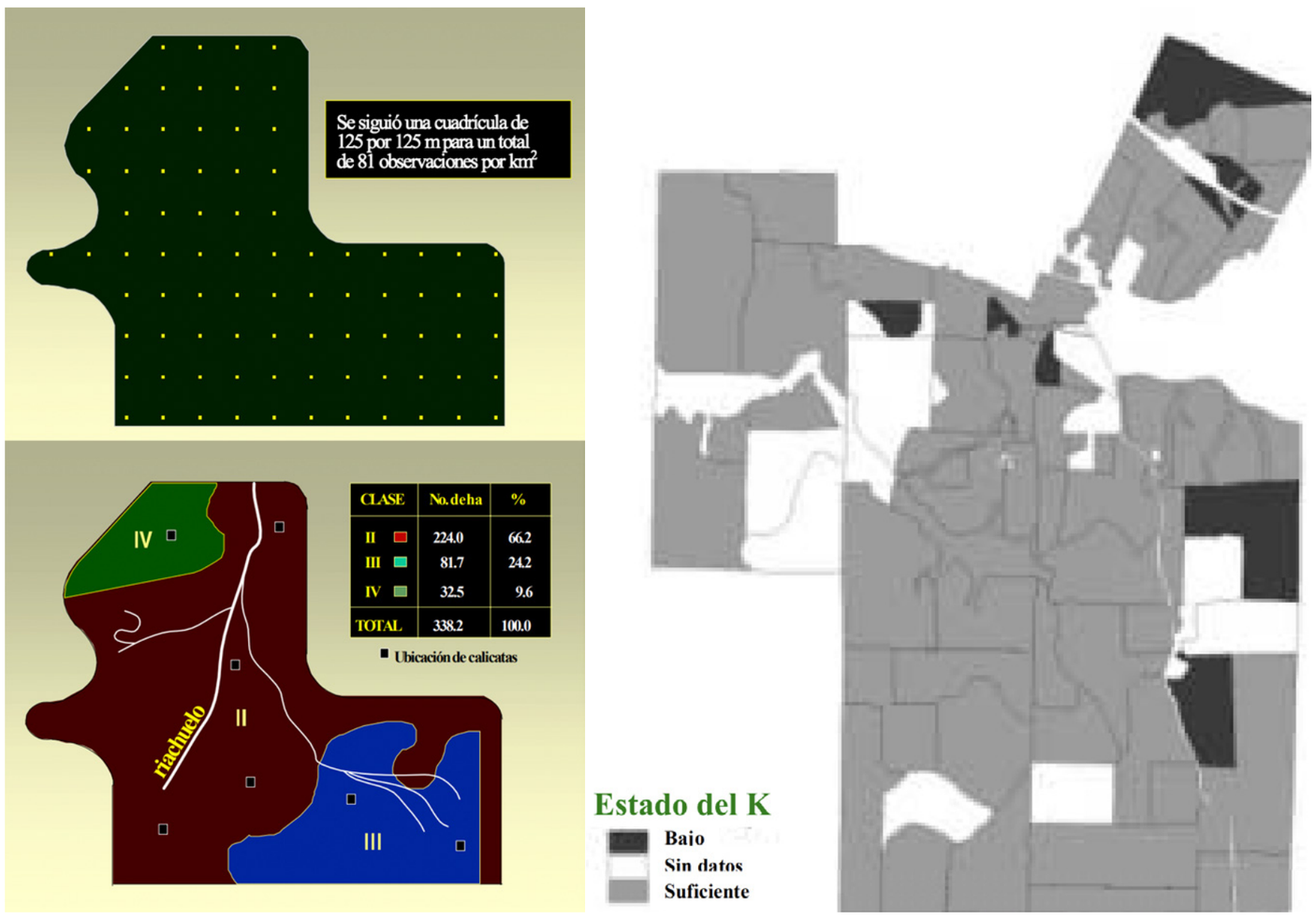
Los programas de fertilización basados en conceptos de la agricultura de precisión, permiten realizar cambios en el sistema de manejo y en la forma de cómo tradicionalmente se fertiliza; ya que se considera la variabilidad existente dentro de la finca y en los lotes, lo cual repercute en la productividad. Se busca realizar una fertilización por sitio[10] y no utilizando el promedio del lote o finca como convencionalmente se realiza.

Para poder identificar los sitios con mayores problemas de productividad y poder asociarlos a los factores limitantes del suelo, es necesario construir mapas tanto de rendimiento como de suelos, basados en puntos específicos de muestreo y no en el promedio de cada lote[11]. Estas herramientas, permiten tener una perspectiva espacial de las zonas con bajos rendimientos y con la información de los suelos poder relacionarlos con las deficiencias de nutriente y solventarlas; siendo el objetivo entonces realizar una fertilización en cada sitio identificado, evitando faltantes o sobre aplicaciones.

Paso 1. Mapeo de suelos y rendimientos en la finca:

Los mapas deben de realizarse siguiendo los mismos puntos[12] de muestreo para asociar los rendimientos a la fertilidad y características de los suelos. Los puntos son dibujados utilizando un software o sistema de información geográfica (SIG), que le da a cada uno una coordenada, la cual puede encontrarse en el campo con la ayuda de un GPS[13]. Estos deben de seguir un patrón equidistante que genere una malla y que cubra toda la finca, o el lote en caso de que se vaya a realizar solamente para un sector de la finca. El mapa de rendimientos se hace utilizando la información de productividad de la finca y asociándola al punto de muestreo; mientras que el mapa de suelos necesita de un muestreo para cada punto[14].

La profundidad del muestreo de suelos debe ser la mínima para el correcto desarrollo del cultivo; por ejemplo, en banano es de 20cm[15]. Una vez tomadas las muestras, se llevan a un laboratorio certificado con el fin de caracterizar cada punto con base en parámetros químicos (fertilidad, salinidad, pH) y físicos (textura, estructura, drenaje). Esta descripción, normalmente se hace a través de un análisis químico completo con materia orgánica y textura, pero se debe considerar hacer otros análisis basados en los factores limitantes específicos del cultivo.



Fuente: Adaptado del Plant Nutrition Institute, 2020

10 Se entiende como sitio, la zona de la finca que tiene características de suelos y producción similares, trazada después de un mapeo de suelos.
11 Se entiende como lote, el sector de la finca delimitado desde su inicio, como una unidad productiva de manejo. En cultivos de banano se le relaciona también como cable.
12 El lugar específico de la finca, representado por un punto en el mapa que tiene coordenadas geográficas específicas, donde se toma la muestra.
13 Ver ficha #30 "Mapas de sostenibilidad"
14 Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. International. Plant Nutrition Institute, 2003.
15 Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización. Corbana, 1995.

El grado de limitación de cada elemento permite agrupar los puntos similares entre sí, haciendo una zonificación de la finca según sitios. También admite observar cada nutrimento por separado y hacer mapas de deficiencias para cada uno que permiten una fertilización más dirigida.

Adicional al muestreo, se recomienda cavar calicatas en cada sitio para caracterizar mejor el suelo e identificar otras posibles limitaciones como pedregosidad y profundidad efectiva. Para los productores de banano, es importante aclarar que los mapas de suelos son muy similares a los mapas de aptitud de tierras, que son realizados para clasificar el suelo de la finca según su productividad potencial en clases definidas para este cultivo en específico[16]. Por lo que, en este caso se recomienda sustituir el mapa de suelos por el de aptitud, pero siguiendo el sistema de muestreo aquí planteado.

Paso 2. Muestreo y análisis de suelos y foliares:

Los análisis de suelos y foliares permiten conocer el estado nutricional de los cultivos y del suelo en ese momento. Por lo que el suelo se muestrea previo a la fertilización, para determinar las cantidades que se deben aplicar. En piña, el muestreo de suelos se efectúa antes de sembrar, mientras que los foliares se recomienda tomarlos a los tres, cinco y siete meses después de la siembra, con el fin de poder hacer correcciones a los planes de fertilización de ser necesarios[17]. En el caso del banano se deben hacer muestreos de suelos cada seis meses, previo al encalado, y se toman dos muestras de foliares con el fin de conocer la absorción de los nutrimentos por la planta y darle seguimiento y adecuación al programa de fertilización[18].

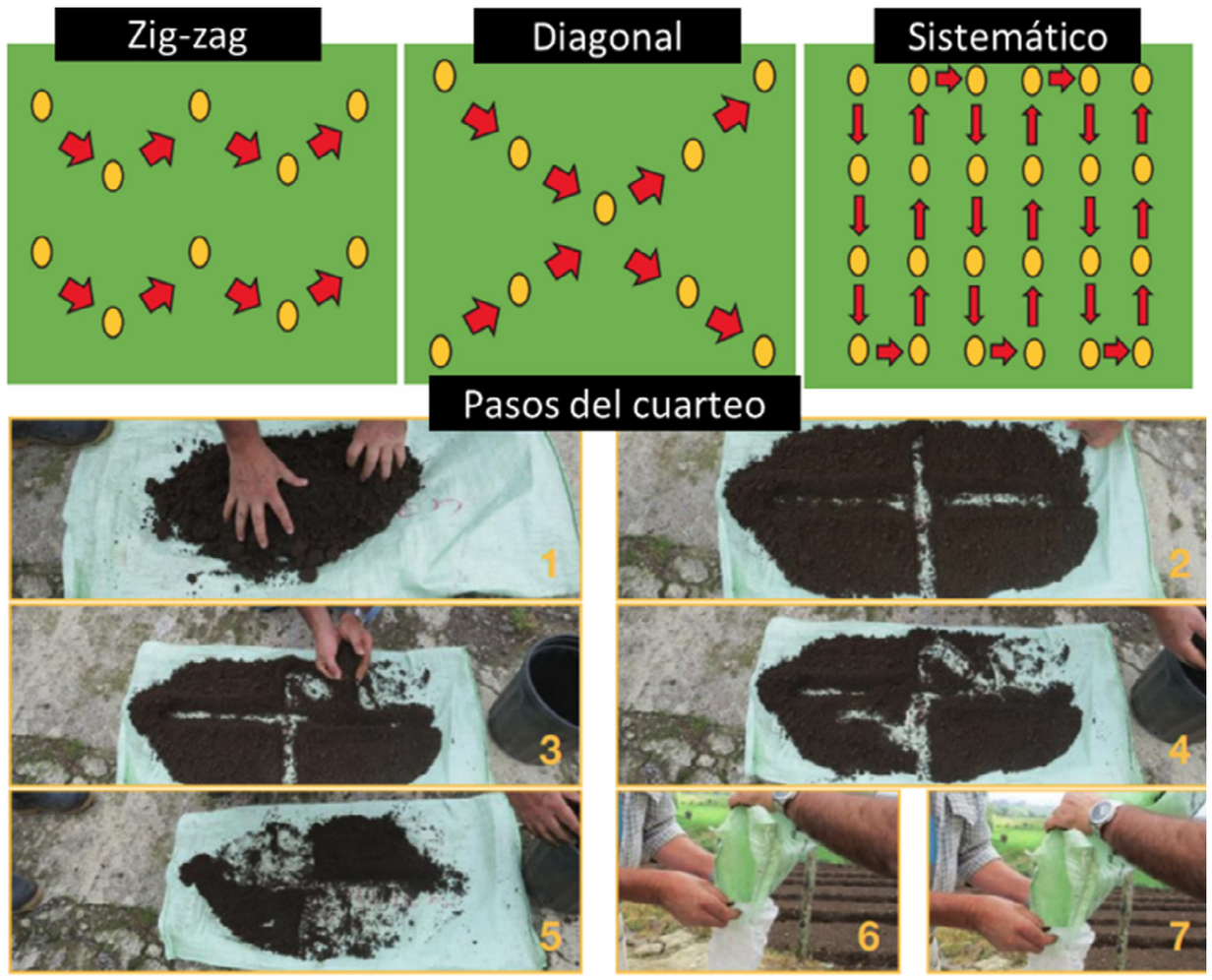
a. Suelos.

Las muestras deben tomarse diferenciadas por cada sitio trazado en los mapas de suelos y de manera sistemática (utilizando los mismos puntos de muestreo que en el mapa de suelos), con el fin de incorporar esta variabilidad a los planes de fertilización. Sin embargo, si no se pueden efectuar mapas de suelos para la finca, se deben estratificar los lotes según la pendiente (loma, media loma y bajo), los niveles de productividad y el tipo de manejo. En este último caso, las muestras normalmente se toman en zigzag para cada estrato[19] con condiciones distintas.

Las muestras de cada sitio o cada estrato se procesan mediante los siguientes pasos:

- Se mezclan y homogenizan.
- Se quitan pedazos de ramas y piedras
- Se cuartea hasta reducir la muestra a 1 kg.

El cuarteo consta de dividir la muestra homogénea en cuatro pedazos de tamaño similar y eliminar dos de los lados opuestos; repitiendo hasta alcanzar la cantidad deseada[20]. La muestra compuesta debe de llevarse lo antes posible a un laboratorio certificado para aplicar un análisis de químico completo y de materia orgánica; esta muestra permite determinar si los niveles son adecuados para preservar microorganismos en el suelo y conservar una estructura y humedad idónea.



Muestreo de suelos y cuarteo de la muestra. INTA 2019

En el caso de piña, se realizan aproximadamente 15 puntos de muestreo por hectárea, donde cada punto es una muestra compuesta de 10 submuestras. Las submuestras se toman en un radio de aproximadamente 10 m del punto principal, y siempre deben de hacerse dentro de la cama de siembra. En el caso del banano se extrae una muestra compuesta por lote, estrato o sitio, proveniente de 15 a 20 puntos de muestreo, tomados a 20 cm de profundidad, entre la planta madre y el hijo[21]. Para ambos cultivos, cada punto de muestreo está georreferenciado con un GPS y la muestra se rotula con la localización, el número de lote y la fecha.

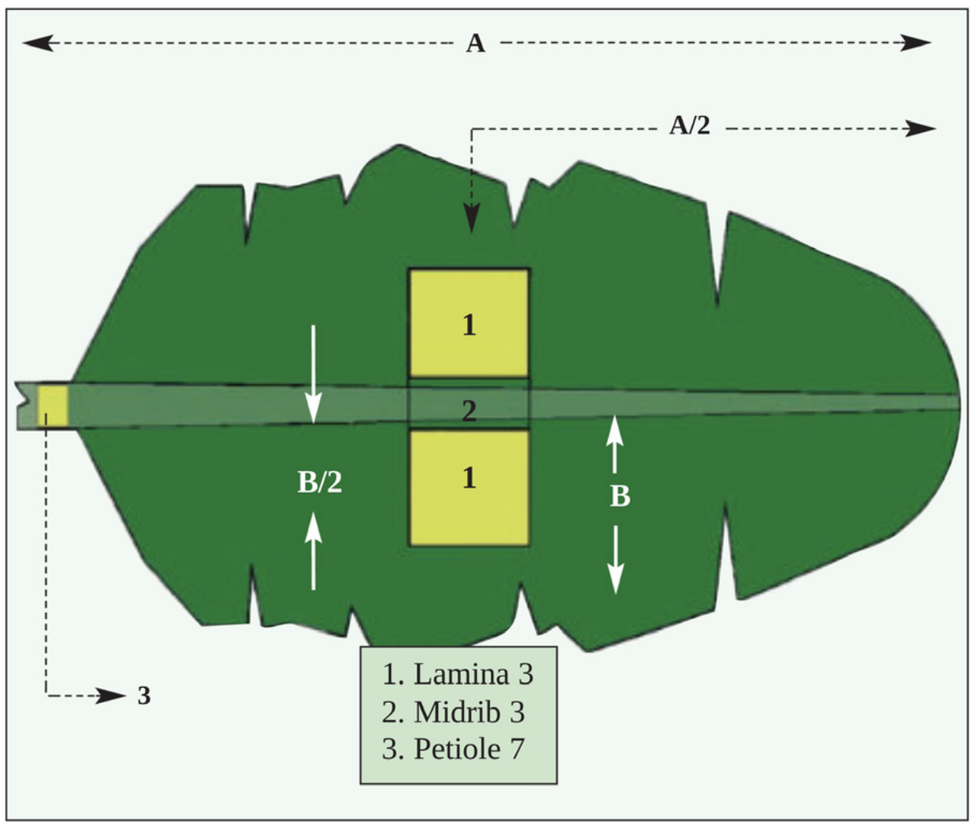
b. Foliares.

Los muestreos foliares son importantes para conocer cuántos nutrientes tiene la planta en ese momento. Estos permiten identificar si la planta tiene algún faltante o deficiencia que deba de corregirse con la fertilización, además aportan información sobre la cantidad de nutrientes que esta ha absorbido cuando se realiza después de haber fertilizado. Para realizar el muestreo foliar hay que tomar en cuenta el cultivo, ya que las hojas de piña no son iguales a las del banano; por lo que el muestreo será diferente en ambos.

En piña, se toman al menos 25 hojas por sección, muestreando todas las veces la hoja D, que corresponde a la más larga de la planta[22].

Para el banano, se toman muestras en tres secciones de la hoja. Para el muestreo de la lámina, se selecciona la hoja 3, donde se toma una muestra en el centro de la hoja, que corresponda al menos a la mitad del grosor en cada lado de la nervadura central; la cual se toma como parte de esta misma muestra. Mientras que el peciolo se muestrea en la hoja siete[23].La muestra debe de estar debidamente etiquetada con las coordenadas del punto, el lote o sitio y la fecha de muestreo.

16 Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. International. Plant Nutrition Institute, 2003.
17 Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. MAG, 2019.
18 Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.
19 Sector del lote que tiene pendiente (loma, media loma y bajo), niveles de productividad y el tipo de manejo similares.
20 Guía para la toma de muestras de suelo y foliares para el diagnóstico de la fertilidad. INTA, 2019.
21 El análisis de suelos y su interpretación. Costa Rica. Infoagro, 2010.
22 Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. MAG, 2019.



Muestreo foliar del banano. Corbana 1995

Paso 3. Interpretación de los análisis de suelos y foliares:

Una vez que se obtienen los resultados de laboratorio de las muestras de suelos y foliares, es necesario contar con una tabla que indique los valores idóneos de nutrientes tanto en el suelo como en las hojas. Estas tablas sirven para comparar los resultados con los valores óptimos para la planta o el suelo y así determinar si existen deficiencias y en cuáles nutrientes. En caso de que se trabaje con un mapeo de suelos, estos datos ayudan a ubicar los sectores con deficiencias, tanto foliares como de suelos, para aplicar el fertilízate de una manera más dirigida. La lectura e interpretación de estos análisis se realiza de una manera comparativa[24].

Por ejemplo. Si el análisis de suelos realizado en la finca indica que la muestra tiene un pH de 5, lo primero que se debe hacer es buscar en la tabla 1 los valores óptimos o adecuados para esta variable.

		Bajo	Medio	Optimo	Alto
pH		< 5	5 – 6	6 – 7	> 7
Ca	cmol/L	< 4	4 – 6	6 – 15	> 15
Mg	cmol/L	< 1	1 – 3	3 – 6	> 6
K	cmol/L	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 0.8	> 0.8
Acidez	cmol/L		0.3 – 1	< 0.3	> 1
S. A.	%		10 – 30	< 10	> 30
P	mg/L	< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
Fe	mg/L	< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
Cu	mg/L	< 0.5	0.5 – 1	1 – 20	> 20
Zn	mg/L	< 2	2 – 3	3 – 10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
B	mg/L	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1	> 1
S	mg/L	< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
MO	%	< 2	2 – 5	5 – 10	> 10
RELACIONES CATIONICAS		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
		2-5	5-25	2.5-15	10-40

pH en agua
Ca, Mg y acidez o Al extraíbles con KCl 1M.
P, K, Fe, Cu, Zn y Mn extraíbles con Olsen Modificado
B y S extraíbles con Fosfato de Calcio.
Materia orgánica (MO) con digestión húmeda

Tabla 1. Interpretación análisis de suelos para Costa Rica. Molina y Meléndez, 2002

En este caso, considerando que se esté en Costa Rica, el rango idóneo del pH es de 6-7. Por lo tanto, en esta finca existen problemas de pH ya que está por debajo del idóneo, lo cual puede acarrear complicaciones para el desarrollo de las plantas. Por ello, se deben corregir a través de una enmienda.
Para determinar cuál de tipo de encalado se debe utilizar hay de ver los contenidos de Ca, Mg y K en esta misma muestra y asegurarse que al encalar no se añadirán cantidades inadecuadas de estos nutrientes.

Esto mismo se hace con los análisis foliares, donde se usan tablas con los rangos ideales en la hoja o para cada parte muestreada, como en el caso del banano. Estas tablas permiten determinar si las plantas tienen deficiencias de algún nutriente o si se encuentran dentro de los rangos óptimos al compararlas con los valores de los análisis efectuados en la finca.

Asimismo, es importante comparar si las deficiencias encontradas a nivel foliar están asociadas a la disponibilidad de nutrientes en el suelo para hacer la corrección necesaria en el mismo. Sino estos nutrientes también pueden ser aportados por fertilizantes en solución que permiten una mejor absorción.

Elemento	Rango ideal	Unidad
Nitrógeno	1,75 - 2,25	%
Fósforo	0,14 - 0,21	%
Potasio	3,00 - 3,75	%
Calcio	0,23-0,35	%
Magnesio	0,23-0,35	%
Hierro	50-100	ppm
Zinc	20-40	ppm
Manganeso	100-150	ppm
Boro	15-30	ppm
Cobre	10-40	ppm

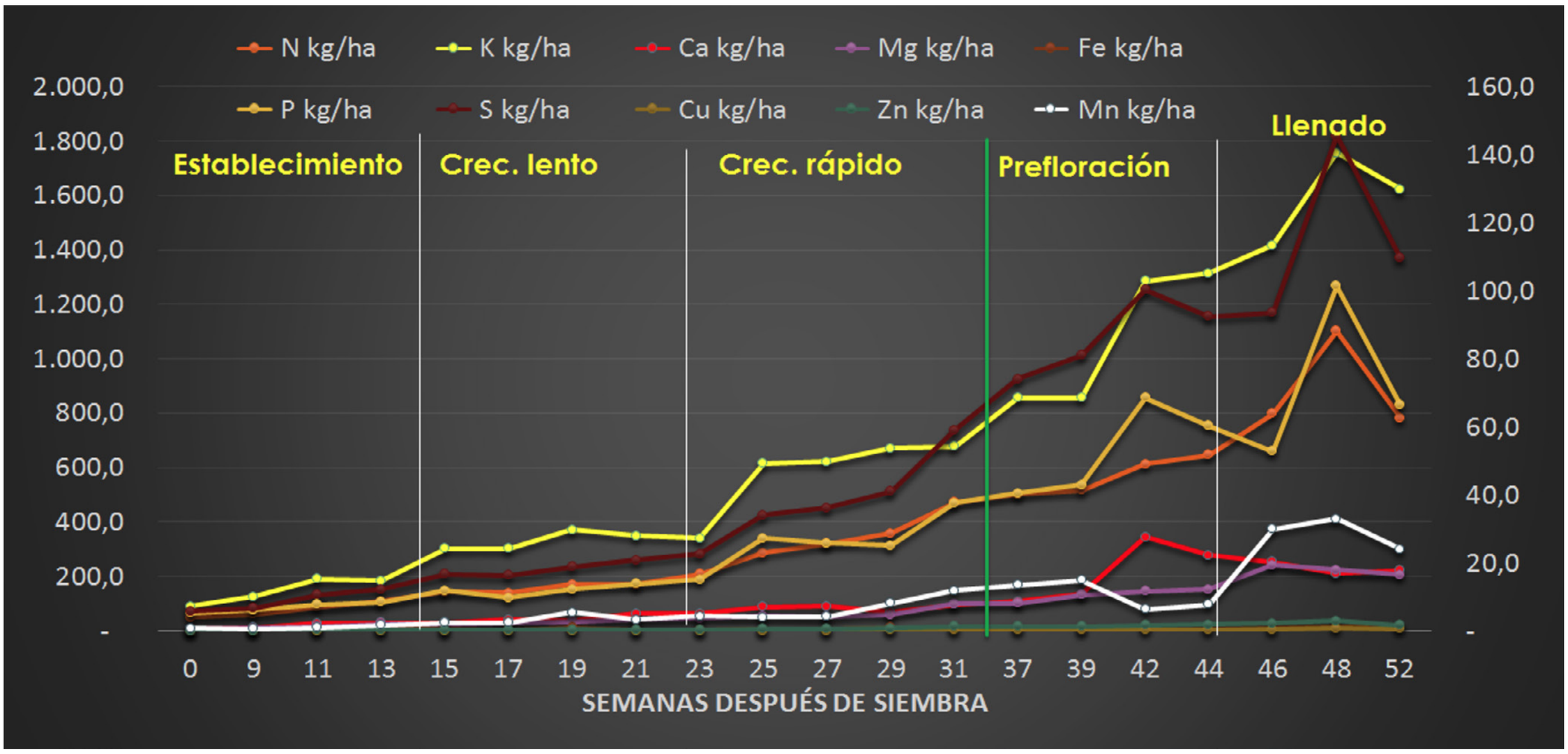
Fuente: Elaborado por Ing. Juan Carlos Gómez, Servicio Fitosanitario del Estado

Rango de nutrientes en la hoja D para piña variedad M2.

Paso 4. Programa de fertilización:

Primero, se debe de considerar las deficiencias que se identificaron con el análisis de suelos; ya que estas indicarán cuánto debe aportarse para que las plantas puedan tener una disponibilidad de nutrientes adecuada para su crecimiento. Además, hay que considerar los resultados del análisis foliar, donde se indican los nutrientes que están faltantes en la planta. Sin embargo, también es necesario conocer los requerimientos de nutrientes de la planta en sus diferentes etapas de desarrollo, lo que se conoce como curvas de absorción de nutrimentos. Estas ayudan a maximizar la eficiencia de la fertilización[25], ya que indican cuantos nutrientes la planta debe absorber por semana, año o periodo de desarrollo.

23 Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. International. Plant Nutrition Institute, 2003.
24 Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización. Corbana, 1995.



Curvas de absorción para piña, en la finca Cavi-Costa Rica
Fuente: datos de Ing. Edgardo Serrano (2016)[26]

Lo que da una idea de las necesidades futuras y con el conocimiento de la cantidad de nutrientes disponibles actualmente en el suelo y las deficiencias en la planta, se pueden realizar planes de fertilización que aporten lo requerido por la planta para cada momento específico.

Las curvas de absorción son específicas de cada cultivo y variedad, por lo que es importante solicitar esta información para la zona donde está localizada la unidad productiva considerando la variedad y cultivo. No obstante, si no se cuenta con esta herramienta, se puede construir una con el apoyo de un ingeniero experto. Estas se elaboran siguiendo tres grandes pasos y al final una validación de la curva:

- Corroborar que los suelos tienen la capacidad de proveer a la planta de los nutrientes necesarios, al realizar un muestro de suelos e identificar que no existen problemas de deficiencias en los nutrientes necesarios para el cultivo.

- Realizar muestreos foliares para las diferentes etapas de crecimiento de la planta para determinar la cantidad absorbida de cada nutriente por etapa de desarrollo; lo que se hace al asociar el peso seco de la muestra con la concentración de nutrientes.

- Una vez se tienen los resultados, se asocian con la cantidad de plantas por hectárea y la periodicidad del muestreo.

Con esto se pueden construir las gráficas de las curvas de absorción para cada nutrimento. Una vez se cuente con esta información, la cantidad de fertilización se calcula con base en el requerimiento del cultivo, las deficiencias del suelo y el aporte de cada elemento de los fertilizantes a aplicar.

Por ejemplo, si se requieren 100 unidades de N por hectárea, se deben de aplicar 217kg de urea 46-0-0; ya que hay 460g de N por kilogramos de urea. Sin embargo, si se aplica nitrato de amonio (NAM) 31-0-0 se requieren 322 kg, ya que en este caso cada kilogramo de NAM contiene 310g de N. La diferencia está en la forma del nitrógeno que vamos a aplicar, información que se puede obtener de la ficha técnica del fertilizante (ver figura 1).

Además, es importante considerar que existen productos que hacen biodisponibles los nutrientes retenidos por el suelo, otros que aumentan la eficacia de la aplicación foliar y son de lenta liberación; variables que se debe de tomar en cuenta para reducir la cantidad de fertilizantes a aplicar. Todo esto debe de programarse en una tabla que indique el fertilizante, la cantidad y la fecha de aplicación; la cual permite dar trazabilidad a esta actividad.

Ficha técnica

Urea granulada (46-0/0-0)

COMPOSICIÓN: 46 % Nitrógeno (100% en forma de N ureico).

ASPECTO: Gránulos blancos de entre 1 mm y 5 mm de diámetro.

PROPIEDADES:

- Higroscopicidad: absorbe a más de 70% de humedad relativa.
- Densidad de granel granos: 770 kg / m^3
- Solubilidad (agua): 78 g/ 100 ml (5ºC); 119.3 g/ 100 ml (25ºC)
- Contenido máximo de Biuret: 1%.

PRINCIPALES USOS:

- Refertilización de verdeos de verano: moha, sudangras sorgo forrajero, etc.
- Refertilización de verdeos de invierno: reygras, avena.
- Refertilización de cultivos de invierno: sorgo y maíz.
- Refertilización de praderas que contienen festuca, achicoria, reygras.

Figura 1. Ficha técnica urea granulada, Fuente: ISUSA, 2016

25 Absorción de nutrimientos por los cultivos. ACCS 2019
26 Aportación del Ingeniero Edgardo Serrano en Simposio de Bio-soluciones en Piña, San Carlos - Costa Rica.

Paso 5. Validación del programa.

Teniendo en cuenta el cultivo y el programa de nutrición, el productor debe realizar evaluaciones para determinar si las premisas establecidas para el cálculo de las dosificaciones es el adecuado o se requieren realizar ajustes. Para ello se toman muestras foliares del cultivo en el transcurso de su desarrollo, permitiendo conocer si la fertilización que se ha efectuado está supliendo las necesidades nutricionales o no. Por ejemplo, en piña, los tres muestreos foliares que se efectúan sirven para valorar si las dosis aplicadas han sido suficientes para nutrir al cultivo y poder realizar los ajustes necesarios al programa de fertilización para optimizarlo. Asimismo, el plan puede sufrir modificaciones asociadas a razones climáticas o socioeconómicas que impiden aplicar lo programado, ya sea en parte o totalmente. Es por ello, que es necesario llevar registros de las modificaciones realizadas en cada periodo de fertilización, con el fin de corregir las aplicaciones en el siguiente periodo o mantener la trazabilidad de lo ocurrido. Estos registros se efectúan mediante tablas comparativas entre la fertilización teórica o planificada y la real (ver tabla 2); donde se estima el porcentaje de aplicación de cada fertilizante, por periodo y nutrimento.

Sector A

Fertilizante	Día	Periodo	N			P			K		
			Planificado	Aplicado	% Cumplido	Planificado	Aplicado	% Cumplido	Planificado	Aplicado	% Cumplido
Fertilizante A	30	1	32.64	32.64	100.00	81.60	81.60	100.00	20.40	20.40	100.00
Fertilizante C	35		22.8	22.8	100.00				15.20	15.20	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante B	60		57.12	53.2	93.14	40.80	38.00	93.14	65.28	60.80	93.14
Fertilizante C	65	2	22.8	22.8	100.00				15.20	15.20	100.00
Fertilizante C	80	3	36	36	100.00				24.00	24.00	100.00
Fertilizante C	95	4	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante C	110	5	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante C	125	6	40.8	30	73.53				27.20	20.00	73.53
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	140	7	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante C	155	8	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	170	9	45.6	45.6	100.00				30.40	30.40	100.00
Fertilizante C	185	10	45.6	45.6	100.00				30.40	30.40	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	200	11	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
Fertilizante C	215	12	49.2	0	0.00				32.80	0.00	0.00
Fertilizante D			3	0	0.00	15.00	0.00	0.00			
Fertilizante C	230	13	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
Fertilizante C	245	14	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	260	15	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
TOTAL			730.56	663.64	90.84	212.40	194.60	91.62	500.88	456.40	91.12

Tabla 2. Comprobación de Fertilización para elementos puros (kg/ha)
Fuente: Ing. Hernán Méndez Calderón (2022), Colono Fértil[27]

Sin embargo, para corregir las aplicaciones se debe comparar lo aplicado con las curvas de absorción de la planta en cada etapa de desarrollo; tomando en cuenta los nutrientes aportados al sistema por los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos y los rastrojos. Esto debido a que debemos evitar ignorar los aportes de la materia orgánica y fertilizar en exceso, pues esto puede derivar en pérdidas y contaminación.

Existen otros métodos para validar el programa de fertilización, los cuales van más allá y permiten identificar la efectividad de la fertilización del cultivo. Consisten en experimentos en plantas con edades similares dentro de la finca, donde se realizan muestreos foliares y de suelos en las diferentes épocas climáticas del año. A las muestras foliares se les realizan análisis químicos y se toman datos de peso húmedo y seco, que permiten estimar la cantidad de nutrientes extraídos por cada parte de la planta (fruto, hojas, tallo, etc.). Estos datos junto con la información derivada de los registros de fertilización permiten estimar el porcentaje real de eficiencia de la aplicación, para cada nutrimiento analizado.

Paso 6. Capacitación al personal sobre aplicación.

Para la aplicación de fertilizantes, debido a que estos se pueden aplicar en conjunto con otros productos como plaguicidas, es necesario realizar capacitaciones que incluyan no sólo la aplicación de fertilizantes sino el manejo de agroquímicos. En general la mayoría de las capacitaciones que debe de recibir el personal, son impartidas por el ingeniero agrónomo y personal encargado de finca.

Algunos temas propuestos son:

a. Manejo de agroquímicos[28]:

que incluye la elaboración de mezclas, ya que no todos los fertilizantes son compartibles entre ellos ni con todos los demás agroquímicos. Por lo que es importante que el personal

27 Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.
28 Manual técnico para la producción sostenible de la piña. Canapep, 2022.
29 Ver ficha #9 "Control de deriva"
30 Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.

encargado de hacer las mezclas para la aplicación conjunta de fertilizantes y plaguicidas sepa identificar si existe estabilidad física y química y cuáles mezclas son compatibles y cuáles no.

b. Equipo de protección personal:

en la mayoría de los casos el equipo de protección mínima para el manejo de agroquímicos incluye botas de hule, ropa de trabajo, lentes, guates, delantal y mascarilla; pero este puede cambiar dependiendo del producto a aplicar, la mezcla que se haya realizado, así como del método de aplicación. Por lo que siempre debe referirse a la hoja de seguridad del producto a aplicar, donde cada fabricante determina el equipo a utilizar para preservar la salud del personal.

c. Métodos de aplicación de fertilizantes:

en este caso es importante abarcar tres grandes temáticas:

- Medio Ambiente: es necesario que las personas encargadas de aplicar el fertilizante sepan sobre las medidas de protección ambiental que deben de tomarse para reducir el riesgo de contaminación de fuentes de aguas y suelos cuando efectúan la fertilización. Por ejemplo, no aplicar cerca de fuentes de agua o en caso de que la aplicación sea por avión se deben tener los levantamientos topográficos del cultivo con las coordenadas para cargarlas al GPS del avión y automatizar la apertura y cierre de las boquillas para reducir los riesgos de aplicación o deriva sobre áreas restringidas[29]. Todo esto basado en los parámetros exigidos por la legislación vigente.

- Modo de aplicación: se debe conocer cómo realizar las aplicaciones tanto de fertilizantes sólidos como líquidos de una manera óptima. Se deben tomar en cuenta las distintas formas de aplicación, ya sea fertirriego, maquinaria de campo o fertilización aérea; así como en la parte de la planta a fertilizar en cada momento de su desarrollo. Por ejemplo, en el caso de banano es necesario hacer la fertilización de urea en una media luna alrededor del hijo y para evitar emisión de GEI se puede integrar el fertilizante al suelo.

- Equipos para la aplicación: se deben conocer los tipos de equipos de aplicación existentes y cuándo utilizarlos. Estos equipos van desde el sistema de riego por goteo hasta aplicaciones aéreas, las bombas de espalda manuales, motorizadas, equipos estacionarios con lanzas multi boquillas (mini boom), equipos de tractor acoplados o de arrastre (spray boom); hasta el riego aéreo que puede hacerse con avión, helicóptero o drones. La capacitación del personal debe complementarse con la adecuada elección de las boquillas en cuanto a caudal, presión y tipo de rociado (mojamiento) que se requiere en el cultivo. También, se debe de tratar el tema de los equipos de aplicación para sólidos, que van desde técnicas manuales (el operario), hasta equipos de espalda manuales y motorizados, además equipos acoplados y de arrastre. En estos se tienen los que aplican e incorporan el sustrato al suelo a la vez[30].

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de la finca con un mapeo de suelos elaborado.
- Porcentaje de la finca aplicando fertilización siguiendo curvas de absorción.
- Reducción en uso de fertilizante químico (kg/ha).
- Porcentaje de trabajadores capacitados en aplicación segura de fertilizantes.
- Porcentaje de elementos puros aplicados conforme al programa de fertilización.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca para realizar aplicaciones de fertilizantes, muestreos de suelos y muestreos foliares. Ingeniero Agrónomo capacitado en elaboración de curvas de absorción y programas de fertilización.
- *Externo:* Profesionales que elaboren consultorías en elaboración de mapas de suelos y experimentos para determinar la efectividad de la fertilización

Referencia de Costos[31]:

- Compra de catálogos o guías para el muestreo de suelos y foliares. Costo variable.
- Mapeo de suelos por parte de un profesional (20$/ha o 5$ cada 20ha) y análisis de laboratorio (25$/muestra, se requieren aproximadamente 50 muestras en 300 ha).
- Elaboración de curvas de absorción de nutrientes por parte de un profesional, incluyendo el costo de los análisis (10 000$).
- Capacitación en aplicación de los fertilizantes. Profesional externo (225$/día).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La fertilización optimizada, que se elabora siguiendo un mapeo de suelos, permite corregir problemas nutricionales puntuales de cada sitio, evitando una sobre fertilización y por ende reduciendo las posibilidades de contaminación de aguas y emisión de GEI. Además, el realizar planes de fertilización siguiendo curvas de absorción de nutrientes ayuda a aumentar los rendimientos de la finca, ya que, al contrario de una fertilización lineal segmentada en el año, esta permite aportar los nutrientes que la planta realmente necesita en cada etapa de su desarrollo. Así se evita que en momentos donde la plata requiere de mayor cantidad de nutrientes estos no se añadan y que se sobre fertilice en momentos donde la planta no los absorberá. Una finca que realiza una fertilización adecuada puede aumentar sus rendimientos y eficiencia en el uso de los recursos químicos, así como reducir las posibilidades de contaminación de aguas y emisiones de GEI.

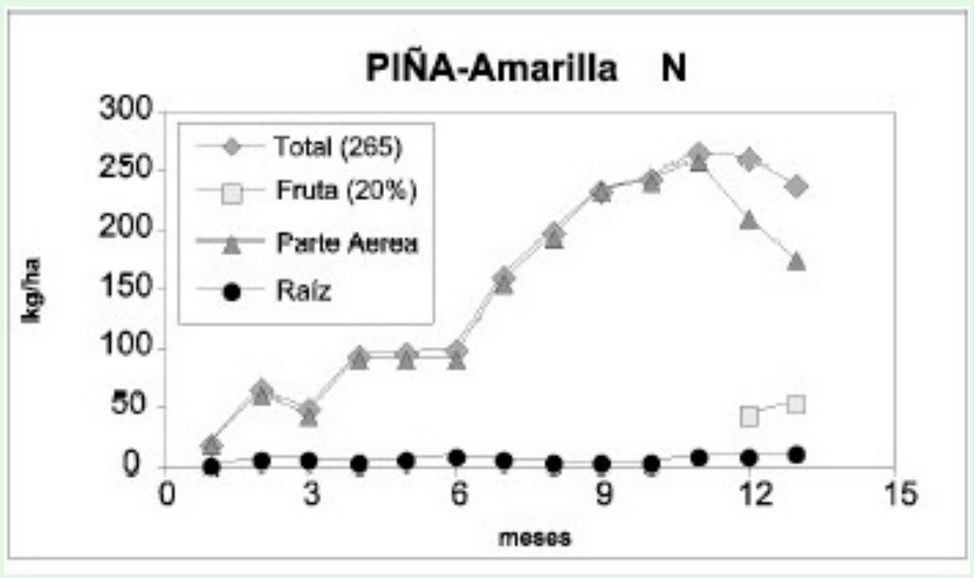
31 Consulta experto: Ingeniero Edgardo Serrano.

Casos de éxito

Heart Green es una finca de producción de piña ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Pital, provincia de Alajuela, la cual exporta en asocio con la empresa Nicoverde. La finca presenta una extensión de 116,51 hectáreas de las cuales 48,13 están dedicadas a la producción de piña fresca; adicionalmente mantienen 35,9 hectareas en zonas boscosas, la mayoría bajo el esquema de pago de servicios ambientales (PSA).

La administración de finca realiza análisis de suelos y foliares periódicamente en cada lote, para determinar los requerimiento nutricionales del cultivo y desarrollar un programa de fertilización, el cual es elaborado por la Ingeniera agrónoma, en donde se destacan las necesidades de cada elemento por hectárea, los niveles de acidez en las camas de cultivo, las dosis recomendadas (kg/ha), la formulación y el modo de aplicación.

Para el diseño del programa se consideran las curvas de absorción para piña, determinadas por estudios técnicos. Las aplicaciones mayormente son realizadas con spray boom y anualmente se verifica el cumplimiento, mediante una comparación de lo aplicado vrs lo recomendado.



Ejemplo: Curva de Absorción N
Molina E, 2001

La finca lleva más de 3 años de ejecutar la práctica de derriba en verde, que consiste en realizar el triturado del material vegetal con rastras y posteriormente hacer aplicaciones de microorganismos descomponedores. Con este mecanismo se logra reincorporar aproximadamente 240 ton/ha de rastrojo, que generan una mejora paulatina del suelo y de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Según los análisis químicos de suelo realizados, la reincorporación de rastrojo favorece en disminuir la saturación de acidez del suelo, aumenta la materia orgánica y mejora el nivel de algunos elementos nutricionales. A su vez, esta práctica trabajada de forma adecuada acelera el proceso de descomposición y permite que el terreno este preparado para un nuevo ciclo de siembra en un mes; resultados que se obtienen al considerar las condiciones climáticas de la zona, la disponibilidad de maquinaria y la calidad del producto descomponedor a utilizar. Al implementar este proceso, la finca evita el uso de herbicidas y de fuego para manejar el rastrojo, acciones que tienen un impacto negativo en el medio ambiente.

Identificación de campo	pH	K	Ca	Mg	Acidez
Lote: 1, Joselyn Rojas V	4,59	0,45	0,90	0,53	3,26
Promedio	4,59	0,45	0,90	0,53	3,26
Meta	4,59	0,45	2,20	1,23	1,00
Diferencia		0,00	1,30	0,70	-2,26

RECOMENDACIÓN

Modo de aplicación Sobre la cama **Dosis (kg/ha)** 1500

Formula recomendada	
Nutriente	%
CaO	32,0%
MgO	13,0%
P2O5	0%
SiO2	27,0%

Aporte de nutrientes / ha según recomendación		
Nutriente	Unidad	kg/ha
CaO (cmol)	1,3	480,0
MgO (cmol)	0,70	195,0
P2O5 (ppm)	0,0	0,0
SiO2 (ppm)	58,0	405,0

Casos de éxito

Finca Elba es una unidad de producción de banano de 358 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Cada año en el mes de octubre, la administración de finca, lleva a cabo análisis de suelos y análisis foliares, los cuales son utilizados como base para el desarrollo de un programa de fertilización, aplicable para el siguiente año, el cual es revisado y avalado por el Departamento de Investigaciones.

El muestreo de suelos se planifica por grupo de riego, considerando que las aplicaciones se realizan tanto de forma manual como por medio de los sistemas de riego, de manera fraccionada en el tiempo y se ajustan a los bloques de finca (Elba1, Elba 2, Elba 3, Elba 4 y Elba 5).

La fertilización edáfica se lleva a cabo con personal calificado, el cual cuenta con el equipo de protección requerido según las Hoja de Seguridad del producto utilizado. La aplicación se realiza de manera uniforme frente al hijo, para lo cual el trabajador utiliza dosificadores calibrados según la especificación técnica incluida en el programa.
Para dar seguimiento al cumplimiento del plan, se elaboran tablas de nivel de avance, en donde se compara lo recomendado vrs lo aplicado.

Sector	Primer Semestre del 2022								
	CONTROL DE CUMPLIMIENTO DE FERTILIZACION - ELEMENTOS PUROS RECOMENDADOS vs APLICADOS (Kg/ha)								
Elba 1	N			P			K		
Mes	Recomen.	Aplicado	% Cumpl.	Recomen.	Aplicado	% Cumpl.	Recomen.	Aplicado	% Cumpl.
1	30,61	30,51	100%	5,04	5,03	100%	73,41	73,17	100%
2	30,62	30,60	100%	0,00	0,00	-	73,42	73,37	100%
3	30,61	30,51	100%	5,04	5,03	100%	73,41	73,17	100%
4	30,62	30,60	100%	0,00	0,00	-	73,42	73,37	100%
5	30,61	30,51	100%	5,04	5,03	100%	73,41	73,17	100%
6	21,40	21,12	99%	0,00	0,00	-	47,19	45,04	95%

Fuente: Dole Ecuador 2022

Referencias

[1-7] Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/Publicaciones-fertilizantes.aspx

[2-5] ¿Qué es un fertilizante?: https://www.biofeed.es/que-es-un-fertilizante/

[3] Fertilizantes y su uso: https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf

[4-15-24] Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización: (pdf) manual de nutrición y fertilización del bananonla.ipni.net/ipniweb/región/nla.nsf... · manual de nutrición y fertilización del banano Antonio López m. corporación bananera nacional - dokumen.tips

[8] Guía Metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera: https://www.fao.org/3/i8333s/i8333s.pdf

[9] Factores de emisión de CH4 y CO2 en rastrojo de piña en San Carlos, Costa Rica. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/4687/4440

[14-16-23] Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. http://www.bananotecnia.com/articulos/estado-actual-y-futuro-de-la-nutricion-y-fertilizacion-del-banano/

[17-22] Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción sostenible del cultivo de la piña. F01-11044.PDF (mag.go.cr)

[20] Guía para la toma de muestras de suelo y foliares para el diagnóstico de la fertilidad. http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2019/Muestreo_de_Suelos_min_ed.pdf

[21] El análisis de suelos y su interpretación. Costa Rica. http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisiseinterpretacion.pdf

[25] Absorción de nutrimientos por los cultivos. https://www.intagri.com/memorias/nutricion-vegetal/absorcion-de-nutrimentos-por-los-cultivos

[28] Serrano, E., R. Segura, R. Ortega, y J. Sandoval. 2008. Modelo de restitución del potasio removido en la fruta fresca exportada en una plantación de banano de alta productividad. En: J. Sandoval, editor, Informe Anual 2007. Corporación Bananera Nacional. Guápiles, C.R. 215 p

Otras consultas:

- Buenas prácticas agrícolas para el banano. Ecuador. https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/guia4.pdf
- Buenas prácticas agrícolas para el banano. FAO https://www.fao.org/3/i6917s/i6917s.pdf
- Fertilización Foliar. http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/DocTecnicos/Promes/Pina6.pdf
- Manual Agronómico para el cultivo de la Piña: http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Agron%C3%B3mico-Cultivo-de-la-Pi%C3%B1a.pdf
- Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas para banano. Ecuador. http://www.bananotecnia.com/wp-content/uploads/2018/03/Manuales-de-aplicabilidad-de-BPA-para-Banano.pdf
- Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9646.PDF
- Manual técnico para la producción sostenible de la piña. https://canapep.com/wp-content/uploads/2022/05/MANUAL-TECNICO-PARA-LA-PRODUCCION-SOSTENIBLE-DE-LA-PIN%CC%83A-V08.pdf.

Colaboración de Experto: Ingeniera Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín / Email: analucia.mendez@ctfc.cat

Abonos orgánicos líquidos y sólidos

2

Categoría A

Quinta Pasadena, República Dominicana

Categoría de Ficha	Medidas Relacionadas	Estándares Internacionales relacionados con la medida	Plazo de Implementación
Las fichas Categoría A son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático** A	1 Fertilización según análisis de suelo 3 Reincorporación de residuos orgánicos 9 Control de deriva 12 Estimación de huella de carbono 26 Optimización del sistema de riego (SMH) 29 Sensibilización en temas medioambientales 30 Mapas de sostenibilidad	Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3 **Requisitos**: 4.4.4 Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. **Requisito:** 3.2.22 Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2. **Criterio:** 4.7.1 Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1. **Puntos de Control:** AF/6.2.4	Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Abonos orgánicos líquidos y sólidos

FICHA 2

Descripción de la medida

Los abonos orgánicos son materiales naturales que se utilizan para aumentar la fertilidad de los suelos y que normalmente llevan un proceso de degradación biológica de la materia orgánica utilizada como insumo[1]. Estos pueden provenir de muchas fuentes incluyendo: lodos, agua de despulpado, broza del café, bagazo, raquis de banano, cáscaras de frutos, astillas de madera, aserrín, plantas que se extraen de represas o ríos y residuos de las cosechas agrícolas, entre otros[2].

Esta gran variedad de insumos hace que existan muchos tipos de abonos distintos; donde tanto los materiales como el método de procesamiento (bioles, bokashi, compostaje, otros.) afectan su composición final. Las materias primas aportan distintas cantidades de nutrientes dependiendo del tipo de insumo, de la procedencia[3] y de la parte de la planta utilizada.

Por ejemplo, en cultivos de piña se ha encontrado que las cantidades de nutrientes en los rastrojos, las coronas o la fruta son distintas y varían dependiendo de la región y país de procedencia[4].

En Costa Rica, un estudio del CIA[5], comparó la producción de vermicompost a base de diversos materiales (doméstico, estiércol, banano, ornamental y broza) donde se encontraron diferencias en el aporte de nutrientes. Además, en este caso en específico, hubo una mayor cantidad de microorganismos benéficos en los abonos provenientes de banano y residuos domésticos que en los demás productos; demostrando que la materia prima también afecta la composición microbiológica del abono. En donde variables como la calidad e inocuidad del material son importantes para asegurar una buena composición del producto final.

Fuente: Helpca, 2019

En la agricultura, la aplicación de abonos orgánicos sólidos aumenta el contenido de materia orgánica (MO) en los suelos, mejorando sus características físicas como: la estructura, densidad aparente y porosidad. Asimismo, propicia el almacenamiento de humedad, regula la temperatura y aumenta la actividad microbiana, que es la responsable junto con los organismos del suelo de la descomposición de la materia orgánica y su transformación a nutrientes disponibles[6].

Fuente: Helpca, 2019

1 Caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola. Universidad Nacional de San Martín, 2009.
2 Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos. Enríquez, 2008
3 Evaluación de la calidad del suelo y su respuesta a la incorporación de abonos orgánicos y bioinoculantes como bioremediadores. U Juárez, 2020
4 Composición química de la biomasa residual de la planta de piña variedad md2 proveniente de Guácimo, Limón. UCR, 2014.
5 Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. CIA, UCR, 2006.
6 Fertilizantes y su uso. FAO, 2002.

La Unión Europea por ejemplo, promueve el uso de abonos orgánicos como parte de una estrategia de economía circular y protección del medio ambiente[7], destacando el papel fundamental de los fertilizantes orgánicos en la reducción de emisiones gases de efecto invernadero (GEI), frente a otros fertilizantes minerales o inorgánicos más extendidos en el sector agrícola[8].

Según la FAO[9], desde el punto de vista medioambiental, el reciclaje de residuos orgánicos y su aplicación al suelo, proporciona muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la reducción del metano producido en los rellenos sanitarios o vertederos municipales, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo; reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación. Sin embargo, un inadecuado manejo y procesamiento de la materia orgánica puede cambiar este escenario, ocasionando contaminación de fuentes naturales de agua y recurso suelo; así como el incremento de plagas e inclusive aumento de emisiones de GEI; razón por la cual es importante el compromiso de la persona productora, asegurando sitios y técnicas adecuadas de procesamiento, selección de materiales inocuos[10], y una correcta aplicación.

Cuando se habla de abonos orgánicos es importante tener en cuenta la diferencia entre estos y materiales orgánicos simples; donde los segundos no llevan ningún procesamiento y se incorporan al suelo sin degradar[11].

Un ejemplo de este tipo de materiales es el rastrojo de la piña, cuanto este se incorpora directamente al suelo, ya sea verde o desecado. Este tipo de materiales, se degradan sobre el terreno durante largos periodos de tiempo, ya que no están mineralizados[12]. Siendo una alternativa los métodos de compostaje o de aplicación de microorganismos descomponedores, dirigidos a reducir los plazos de descomposición y disminuir los problemas de olores y plagas; así como poner disponibles los nutrientes del suelo más rapidamente[11].

Esta guía se enfoca en la elaboración y correcta aplicación de abonos a base de residuos orgánicos generados en las fincas, aprovechando este valioso recurso, como complemento a la fertilización con productos sintéticos.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Promueve el uso de abonos orgánicos inocuos que favorecen las condiciones físicas del suelo, propiciando una buena porosidad, aireación y estructura, las cuales junto con el aporte de materia orgánica permiten el establecimiento de poblaciones de distintos organismos y microorganismos en el suelo[13].

- Aumenta la infiltración del agua, reduciendo el escurrimiento superficial, con lo cual se disminuyen los efectos contaminantes en cauces naturales, protegiendo la biodiversidad asociada.

- Disminuye la emisión de los gases de efecto invernadero. Al valorizar los residuos orgánicos la persona productora evita que estos ingresen a rellenos o depósitos locales, generando mayores emisiones de metano (CH_4) debido al proceso de descomposición anaerobia y emisiones de CO_2 por procesos de combustión de los restos orgánicos.

- Favorece la retención de carbono en el suelo, mejorando el potencial del mismo como reservorio de carbono.

- Orienta hacia un uso adecuado de fertilizantes orgánicos generando una liberación lenta de los nutrientes provenientes de la materia orgánica, lo que ayuda a reducir las pérdidas por lixiviación y las emisiones de GEI provenientes del nitrógeno[12].

Manejo en verde del rastrojo de la piña.
Finca Upala Agrícola, 2022

7 Los fertilizantes orgánicos, una vía para reducir las emisiones de CO2. La voz de Galicia S.A, 2019
8 Un estudio realizado en plantaciones de piña con suelos ultisoles en Sarapiquí en Costa Rica, evaluó las emisiones de GEI generados por dos tipos diferentes de fertilización (convencional y orgánico). Siendo una de las conclusiones que la fertilización convencional se caracterizó por generar suelos con menor cantidad de MO, carbono y humedad, disminuyendo la actividad microbiana, y aportando mayores emisiones. UNA, 2021.
9 Manual de compostaje del Agricultor, experiencias en América Latina. FAO, 2013.
10 Si la materia prima con la que se fabrican los abonos está mezclada con plásticos, hierros, vidrios, metales pesados o infectada con algún patógeno, se contaminarán el producto elaborado y por ende el cultivo en el que se aplique. Enríquez, 2008

Beneficios para la persona productora:

- Contribuye al incremento de materia orgánica en los suelos agrícolas, y por tanto a la mejora de la fertilidad, estructura y retención hídrica, previniendo la erosión y degradación del suelo.

- Promueve el reciclaje de nutrientes en el sistema agrícola, al aprovechar los mismos nutrientes que son extraídos por las plantas para su crecimiento y producción.

- Dirige a la persona productora a un correcto uso de los abonos orgánicos, los cuales ayudan a incrementar los rendimientos y la calidad de la fruta que se produce en la finca.[14]

- Permite reducir la cantidad de insumos que se deben adquirir para la elaboración de los abonos orgánicos al reutilizar residuos generados en las fincas, disminuyendo costos de producción.

- Promueve el uso de abonos sin contaminantes químicos y microbiológicos, que podría causarle a la persona productora costos de remediación.

- Ayuda a cumplir con la legislación vigente y con los requisitos de los compradores.

Biofabrica: Producción de Bioles
Finca Quinta Pasadena, 2021

Metodología de implementación de la medida

En fincas convencionales en donde los programas de nutrición se basan principalmente en fertilizantes sintéticos, el uso de abonos orgánicos resulta ser un complemento importante y necesario que de igual manera debe seguir las pautas de una agricultura de precisión. El abonado se realiza considerando la fertilidad del suelo, las deficiencias de las plantas de cada sitio[15] y los requerimientos del cultivo según su etapa de desarrollo, que se conoce a través de las curvas de absorción de nutrientes[16].

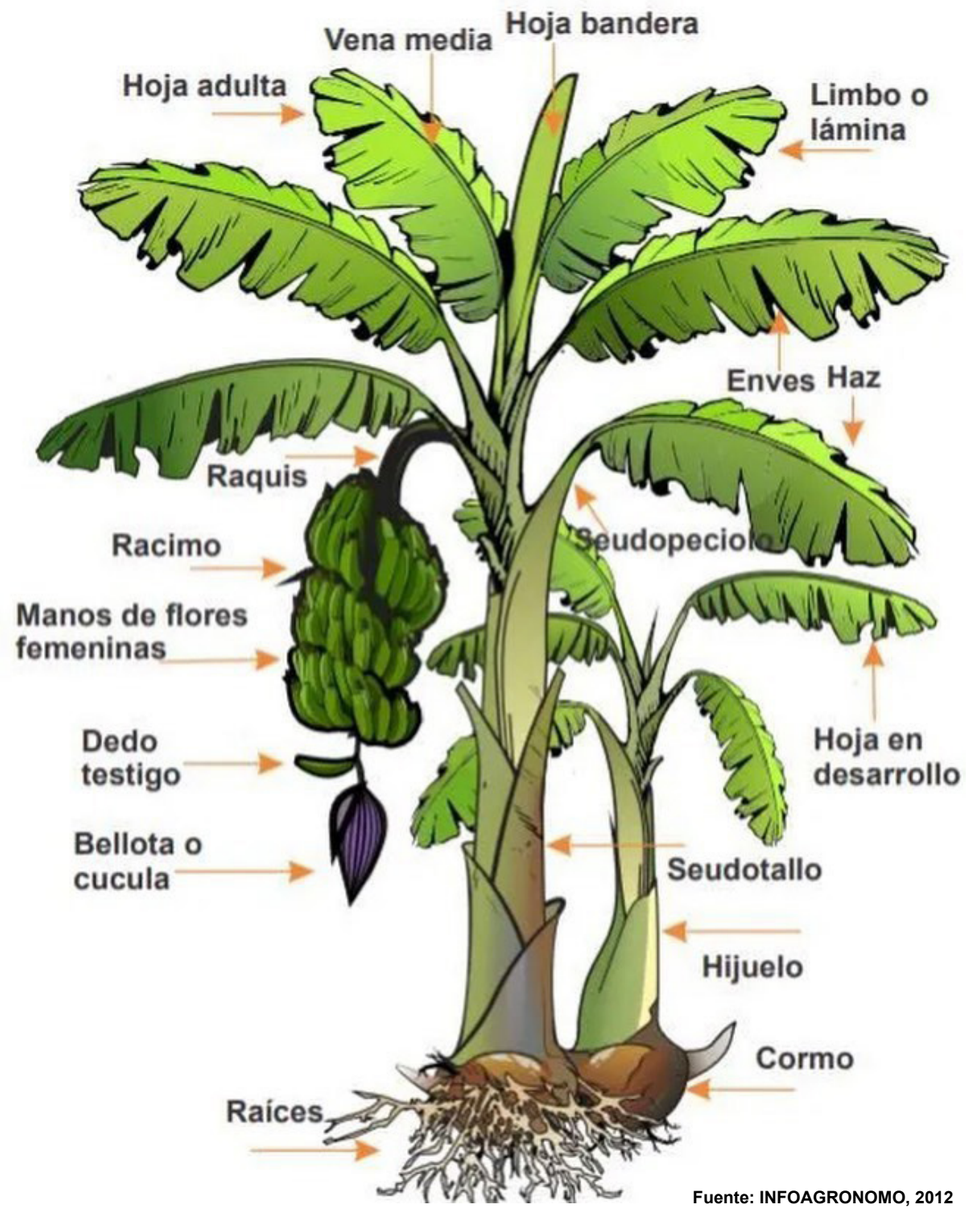
A continuación, se amplían los pasos que la persona productora debe considerar para un correcto manejo y aplicación de abonos orgánicos:

Paso 1. Identificación de los residuos orgánicos.

El primer paso es la identificación de los residuos orgánicos que no tienen un valor comercial o de consumo y que se generan en la finca, determinando el tipo de manejo a realizarse y considerando los requisitos definidos en normativa internacionales y la legislación nacional relacionada, la cual variaría en cada país.

Un ejemplo de los principales residuos orgánicos para fincas de banano y piña son los siguientes:

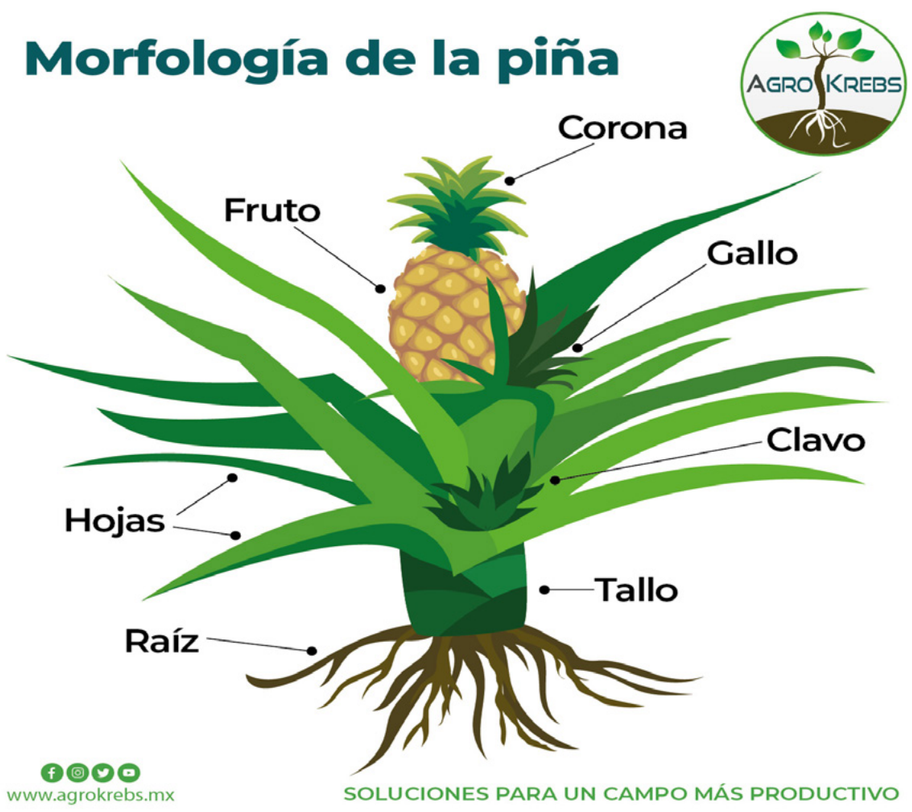
Banano	Manejo del residuo del cultivo
Raquis	Reincorporación al campo (entero o picado) Transformación en abono orgánico por medio de compostaje o bokashi u otros procesos
Corona	Reincorporación al campo Transformación en abono orgánico por medio de compostaje o bokashi u otros procesos
Hojas	Se pican posterior a la cosecha y se distribuye en la plantación
Pseudotallos	Se pican posterior a la cosecha y se distribuye en la plantación o bien se mantiene en pie como aporte para la nutrición del hijo
Legislación o normativa aplicable: COL: Norma técnica NTC5167/CR: Ley N°8839/ ECU: Decreto Ejecutivo 3609	



Fuente: INFOAGRONOMO, 2012

11 Ver ficha #3 "Reincorporación de residuos orgánicos de la cosecha al suelo- Mulch"
12 Decimoséptimo Estado de la Nación: Agricultura, Plaguicidas y otros contaminantes. Estado de la Nación, 2010
13 Técnicas de cultivo en agricultura ecológica. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1991.
14 Un día en la finca: Suelos vivos y sanos para la adaptación al cambio climático. IICA, 2016
15 Se entiende sitio como una zona de la finca que tiene características de suelos y producción similares, trazada después de un mapeo de suelos.
16 Ver ficha #1 "Fertilización según análisis de suelo"

Piña	Manejo del residuo del cultivo
Rastrojo	Reincorporación al campo en verde Transformación en abono orgánico
Corona[17]	Inclusión en procesos de generación de abono orgánico como compostaje o bokashi.
Legislación o normativa aplicable: CR: Reglamento Nº 37358-MAG/ Decreto Nº MAG- 006-2018	



Este análisis facilita determinar cuáles de estos residuos serán dispuestos en campo directamente y cuáles serán utilizados como base para elaboración de abonos orgánicos. Decisiones que dependerán de los objetivos de manejo definidos por la persona productora, los recursos y espacios disponibles; así como los planes de nutrición y necesidades del cultivo, temas que serán tratados en los pasos 3 y 4 de esta ficha.

Para aquellos residuos orgánicos que serán base para la producción de abonos orgánicos, es importante tener en cuenta criterios para su preparación y aplicación, como parte del programa de fertilización de la finca, aspectos que serán tratados a continuación.

Paso 2. Selección del tipo de abono orgánico.

Existen diferentes tipos de abonos orgánicos líquidos y sólidos que podrían ser implementados por la persona productora utilizando como base los mismos residuos del cultivo. El compost, el lombricompost, el bocashi son tres de los abonos orgánicos más usados, todos permiten el aprovechamiento de los desperdicios de los cultivos y animales para convertirlos en materia orgánica o humus. Otra forma de incorporar materia orgánica al suelo son los abonos líquidos, los cuales al igual que en los abonos sólidos tienen la finalidad de aportar nutrientes al suelo y además mejorar la actividad microbiana del mismo[18].

A continuación, se detallan algunos criterios para la fabricación. Sin embargo, se debe de tener en cuenta que no hay una receta exacta y que la persona productora puede realizar diversos cambios para optimizar el abonado según las necesidades del cultivo y los insumos disponibles.

a. Compost[19].

El compostaje es la descomposición microbiana de una mezcla de materias orgánicas ricas en carbono con otras ricas en nitrógeno.

- Sitio: El lugar seleccionado para el proyecto debe de estar a media sombra, cerca del cultivo, protegido del viento y ubicado en un terreno de leve pendiente para el drenaje de las aguas. De ser posible, el área debe contar con techo, piso firme o cementado, y ser un espacio suficientemente amplio para realizar los volteos; sin embargo otras opciones a menor costo son las fosas en el suelo, silos, biopilas alargadas y biopilas estáticas.

  El diseño del sitio debe incluir canales perimetrales para recolección y manejo de lixiviados y la disponibilidad de fuentes de agua cercanas, necesarias para mantener la humedad del compost, evitando y controlando cualquier foco de contaminación.

- Forma de preparación y recomendaciones:

  - Las materias primas seleccionadas, deben asegurar que el compost mantenga una relación Carbono- Nitrógeno (C/N)= 25-30:1. Es decir por cada 25 ó 30 partes de material rico en carbono debe haber uno de nitrógeno[20]. Para esto es importante que la persona productora consulte o investigue esta información sobre cada componente utilizado, asegurando así una correcta fermentación y la obtención de un producto final con la madurez óptima.
  - Los residuos y materiales seleccionados son mezclados. Dependiendo de la cantidad, se pueden establecer camas, hileras o montículos, en donde se colocan capas de 10 cm de grosor alternando entre materiales marrones o fuentes de carbono (ej. hojas y rastrojos secos, cáscaras de banano, cascarilla de coco) y materiales verdes o fuente de nitrógeno (ej. estiércol, leguminosas, materiales frescos de color verde).

Fuente: Bortzirietako, 2023

- Los residuos y materiales seleccionados son mezclados. Dependiendo de la cantidad, se pueden establecer camas, hileras o montículos, en donde se colocan capas de 10 cm de grosor alternando entre materiales marrones o fuentes de carbono (ej. hojas y rastrojos secos, cáscaras de banano, cascarilla de coco) y materiales verdes o fuente de nitrógeno (ej. estiércol, leguminosas, materiales frescos de color verde). Las capas se apilan con una proporción de tres marrones por cada verde, hasta alcanzar 1,5 m de altura. A cada capa se le añade una solución a base de melaza, microorganismos y agua, previamente elaborada (24 h antes).

17 La corona puede ser un residuo en caso de que la finca tenga planta de empaque y por requisitos del comprador la piña se exporte sin la misma.
18 Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014
19 Ver referencias bibliográficas: 18, 20, 42, 43, 44
20 Agricultura Orgánica- Compost. INTA, 2007

- El compost debe mantener una humedad adecuada (40-60%), lo cual se puede verificar tomando el abono con la mano y al estripar debe de sentirse húmedo, pero sin que salga agua. El compost se riega con agua limpia (sin cloro ni contaminantes), de manera periódica y únicamente si la humedad se ha reducido; lo que normalmente se verifica cada 8 días.
- Se realizan volteos del material, durante las dos primeras semanas cada tres días y posteriormente cada ocho días, utilizando una pala o un sistema mecanizado, con el fin de mantener la aireación del compost[21]. Durante este momento es cuando más gases se emiten, lo que se puede optimizar al realizar la actividad únicamente cuando el rango de temperatura este entre 60-70°C.
- El compost estará listo una vez la mayoría de los materiales se hayan descompuesto, lo que se verifica al ver la tonalidad negra o marrón oscuro del abono y mediante el descenso de la temperatura hasta homologarse con la del ambiente. Normalmente el compost tarda entre 4 a 6 semanas[22].
- No se deben incluir en el proceso, restos de tabaco, animales muertos, contrachapados de madera, residuos de químicos, solventes o combustibles. Por otro lado se debe tener cuidado con insumos que estén altamente contaminados con metales pesados o microorganismos que provengan de heces fecales. Por lo que la persona productora debe siempre consultar el origen de estos.

b. Bocashi[23]:

El nombre de este abono orgánico proviene de una palabra japonesa que significa materia orgánica fermentada.
En el bocashi busca activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, así como nutrir el cultivo.

- Sitio: Se debe construir un área techada protegida del sol, del viento y de la lluvia, ya que estos interfieren en el proceso de la fermentación, afectando la calidad final del abono. El piso preferiblemente debe estar cubierto con ladrillo o revestido de cemento, o en último caso, debe ser un piso de tierra bien firme con algunos canales laterales, de modo que se evite al máximo la acumulación de humedad. En cuanto al espacio, se debe considerar de 1 a 1.30 metros cuadrados de área, por cada metro cúbico de materia prima a preparar.

- Forma de preparación y recomendaciones:

  - Se utilizan diversos tipos de materiales en su elaboración, los cuales se adecuan a las materias primas que se disponga en la finca, como remanentes de los sistemas productivos y otros residuos orgánicos de un menor costo y más accesibles, tales como ramas de árboles picadas, hojas de arbustos, rastrojos, pasto picado, cascarilla de café, aserrín, burucha, estiércol de cerdo, gallina o ganado vacuno, cenizas de bagazo, levaduras y melaza, entre otros. La relación C/N debe ser 25-35:1
  - La preparación se hace distribuyendo los materiales sobre la superficie en capas sucesivas y se inicia con el material más grueso. Cada capa equivale a un tercio del material respectivo. Estas se deben ir humedeciendo en forma paulatina con una solución de agua con melaza. Una vez distribuidos todos los materiales, se procede al mezclado, hasta que sea lo más homogénea posible. Las camas no deben sobrepasar 1.4 metros de altura y un ancho máximo de 2,5 metros, asegurando así una adecuada aireación. La humedad óptima debe estar entre el 50% y 60%
  - Para la elaboración de este tipo de abono se requiere que el pH oscile entre un 6 y un 7,5.
  - La persona productora debe considerar que en el bocashi la temperatura de la cama sube muy rápidamente, por lo que en los primeros cinco días se debe voltear en la mañana y tarde, para que se oxigene bien la mezcla y baje la temperatura. A partir del sexto día la temperatura empezará a bajar hasta igualarse a la del ambiente.
  - En el bocashi, el compostaje es más rápido que en un compost tradicional y las transformaciones se realizan a menor temperatura (inferior a 50 °C) y en un tiempo más corto (de 1 a 3 semanas). Los materiales son más ricos en nitrógeno y en sustancias solubles que en el compost. Durante el proceso de fermentación no se agrega agua.
  - El bocashi debe usarse fresco, es decir no se deja madurar, además se introducen microorganismos que se encargan de descomponer la materia orgánica y dejar listos los nutrientes para que la planta los absorba por la raíz.
  - En la producción es fundamental reducir los riesgos de contaminación con patógenos, por lo que se debe establecer medidas, tales como limpiar botas y herramientas antes de ser usadas o bien disponer de herramientas de uso exclusivo para este fin.
  - Al elaborar este tipo de compost, los insumos deben basarse en las deficiencias del cultivo o la finca . Por lo tanto, no todos los bocashi tendrán al final del proceso de abonado el mismo contenido de nutrientes útiles, por lo que es recomendable realizar análisis químico y microbiológico, previo a su aplicación.

Bocashi. Finca Earth 2022

- El bocashi debe usarse fresco, es decir no se deja madurar, además se introducen microorganismos que se encargan de descomponer la materia orgánica y dejar listos los nutrientes para que la planta los absorba por la raíz.
- En la producción es fundamental reducir los riesgos de contaminación con patógenos, por lo que se deben establecer medidas, tales como limpiar botas y herramientas antes de ser usadas o bien disponer de herramientas de uso exclusivo para este fin.

21 Debido a que los microorganismos requieren oxígeno para degradar la materia orgánica (demanda bioquímica de oxígeno). Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014
22 Dependerá del clima; en época de calor el proceso es más rápido, mientras que en época de frío el proceso es lento y puede durar tres meses. Fundación Produce Sinaloa, A.C., 2014
23 Ver referencias bibliográficas: 2, 18, 20, 36, 41, 43, 44

- Al elaborar este tipo de compost, los insumos deben basarse en las deficiencias del cultivo o la finca[24]. Por lo tanto, no todos los bocashi tendrán al final del proceso de abonado el mismo contenido de nutrientes útiles, por lo que es recomendable realizar análisis químico y microbiológico, previo a su aplicación.

c. Lombricompost[25].

También llamado vermicompost, es el proceso por el cual las lombrices transforman los residuos en abono, regularmente se trabaja con la lombriz californiana (Eisenia foetida), la cual tiene la capacidad de consumir diariamente el equivalente a su propio peso. El compostaje se lleva a cabo en camas, sobre las cuales se colocan los residuos orgánicos como sustrato para las lombrices.

- Sitio: Existen muchos diseños, desde camas o lechos revestidos con cemento, hasta cajones de madera. Lo importante es que el sitio tenga al menos un metro de ancho, y que presente una pendiente de al menos de un 5% para poder recolectar los lixiviados, lo cual puede hacerse colocando en el centro del área un tubo perforado o algún sistema de recolección que pueda llevar los líquidos hasta un tanque o recipiente de almacenamiento para su posterior uso o reciclaje. El sitio también debe estar protegido de la entrada de animales sobre todo aves de corral o silvestres, las cuales se podrían alimentar de las lombrices. El vermicompost requiere de zonas de crianza de lombrices que generalmente son cajones de poca profundidad.

- Forma de preparación y recomendaciones:

  - El sustrato se elabora con remanentes de cosecha o con desechos domésticos[26], y se puede incluir broza, estiércoles de caballo, cabra, conejo, bovino y gallinaza. Si bien se utilizan materias frescas, siempre es importante realizar un pre-compostaje y poner capas de no más de 10 cm para prevenir el calentamiento en la cama. Cuando se usen estiércoles se deberán mezclar con residuos ricos en carbono. Posteriormente se distribuyen las lombrices y se riega el sitio procurando mantener la humedad.
  - El sustrato debe permanecer con una humedad de alrededor de un 70 %, pero no en exceso, porque las lombrices no soportan las condiciones anaeróbicas. La temperatura debe estar entre los 15 y 25° C y un pH alrededor de 7, condiciones adecuadas para el desarrollo de la lombriz.
  - La persona productora debe asegurar una provisión de alimento constante (*aproximadamente cada 10 días*) y suficiente. Se estima que, por cada metro cuadrado de lecho o cama, se necesitan 5kg de residuos orgánicos.
  - Después de 2 a 3 meses el abono está listo, por lo que se debe separar las lombrices, utilizando trampas con material pre-composteado, hacia el cual emigran las lombrices, esto se hace en repetidas ocasiones hasta que se haya extraído la mayor parte de la población y así tener nuevamente el pie de cría listo para una nueva producción.

d. Bioles[25].

Es un abono líquido o biofertilizante que se genera en la fase de higienización del compostaje, en donde se eliminan patógenos, parásitos, semillas, siendo un buen recurso como fertilizante foliar. Los bioles (conocidos como lixiviados) son el resultado de un proceso de fermentación y descomposición de materiales orgánicos, que activan los microorganismos benéficos del suelo. Su modo de aplicación es foliar, aunque se puede usar también como fertilizante para la raíz e incluso como solución en sistemas de fertirriego. Los tres principales componentes del biol, son: nitrógeno (10%); fósforo (4%); y potasio (3%); nutrientes que pueden variar (porcentualmente) según la calidad de los materiales que se utilizan para la elaboración del compost. Un ejemplo es el té de lombricompost.

- Sitio: En el caso de los bioles la infraestructura depende si provienen de los lixiviados de compost, de vermicompost o

24 Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos. Enríquez, 2008
25 Ver referencias bibliográficas: 42, 44, 45, 46
26 No se recomienda el uso de sustratos ácidos, ya que pueden afectar a las lombrices. Ni desechos domésticos que tengan carne o grasa.

si se fabrican en un biodigestor casero. Para su extracción se establecen sistemas de captación y traslado hasta contenedores que deben estar ubicados en áreas seguras o bodegas de almacenamiento.

- Recomendaciones:

  - Es importante asegurar la calidad de los componentes que se utilizan, para que los mismos no sean propulsores de alguna enfermedad o que contenga patógenos.
  - El sellado de los biofermentadores es importante para que no se realicen procesos de putrefacción.
  - El uso de biofermentos debe responder a las necesidades de los suelos y de los cultivos, no se deben seguir recetas estrictas, sino elaborarlos de acuerdo con los análisis de suelo de cada finca y requerimientos del cultivo (Paso 4).

Te de lombricompost- Finca Joseph Salas 2022

Paso 3. Consideraciones adicionales para el desarrollo de proyectos de elaboración de abonos orgánicos.

En este paso es necesario valorar algunos aspectos relevantes para la implementación de este tipo de proyectos.

a. Capacidad instalada.

Se debe analizar si la finca ya cuenta con sitios que puedan ser reactivados o bien rediseñados según las necesidades del proyecto, considerando los volúmenes de abonos a ser manejados, la disposición de lixiviados, control de plagas y el cumplimiento de requisitos técnicos y legales aplicables a la actividad.

b. Recursos (humanos y financieros).

Es indispensable determinar los recursos para la sostenibilidad del proyecto no sólo para fase constructiva sino a lo largo del tiempo que se mantenga la producción de abonos orgánicos. Junto con ayuda técnica, la persona productora puede elaborar un procedimiento de la actividad, que incluya un diagrama de flujo que permita definir responsabilidades, asignar recurso económico y brindar trazabilidad del manejo de la materia prima en las diferentes etapas del proceso. Asegurando siempre la inocuidad de los materiales utilizados.

c. Área requerida del proyecto.

Si se trata de un nuevo proyecto, la persona productora debe de tomar en cuenta el área necesaria según las cantidades de residuos a procesar diariamente; asimismo, las condiciones del espacio son distintas dependiendo del abono que se trabaje. Tema ya explicado a detalle en la sección previa.

d. Uso de recursos externos y riesgos.

Es necesario antes de incorporar materia orgánica externa, analizar las limitantes sanitarias presentes en la finca y su área de influencia, por ejemplo si una unidad de producción de banano se ubica en una zona identificada de riesgo o presencia de Fusarium oxysporum f. sp. cubense, raza tropical 4, es recomendable entonces únicamente utilizar los residuos orgánicos presentes en la finca para la producción de abonos y no incorporar materiales externos que pudiesen venir contaminados o generar un riesgo.

Paso 4. Conceptos técnicos para la aplicación de abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos elaborados en finca, deben ser parte integral del programa de fertilización anual de la finca; por esta razón las cantidades y áreas a ser aplicadas deberán considerar las variables y conceptos técnicos descritos en la ficha #1 “Fertilización según análisis de suelo”, los cuales son mencionados a continuación de forma resumida y orientadas a la fertilización orgánica.

Es importante que antes de que la persona productora decida trabajar algún tipo de fertilizante orgánico (paso 2), conozca los requerimientos de materia orgánica en la finca mediante un análisis de suelo. Esto ayudará a dirigir los esfuerzos a los lotes que presenten porcentajes más bajos en esta variable. Adicionalmente, debe considerarse que la fertilización orgánica, puede implementarse como un complemento a la química, por lo que no se recomienda una sustitución total o inmediata, sin analizar antes la productividad y otros indicadores que garanticen la sostenibilidad de la finca. En todo caso, es recomendable realizar ensayos en sitios específicos.

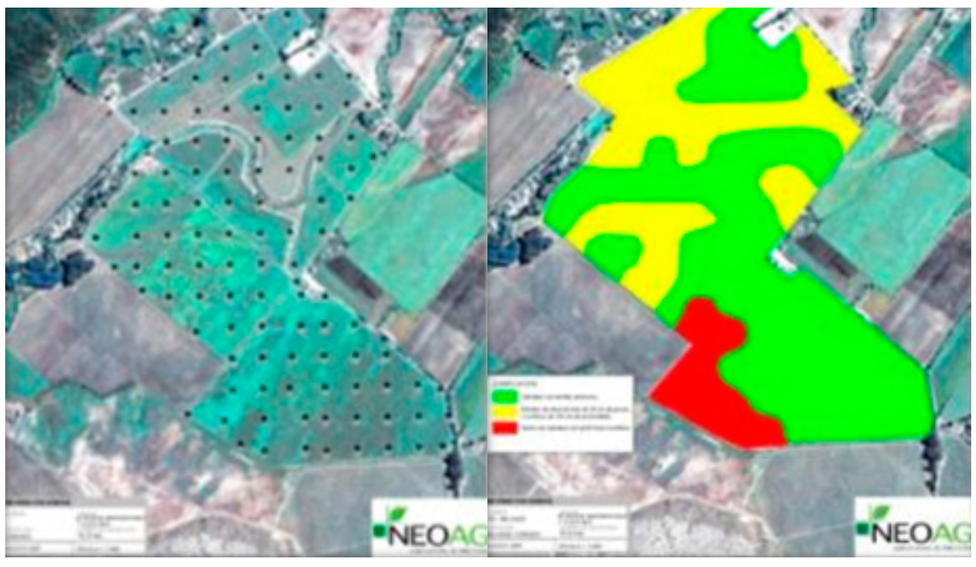
a. Mapeo de suelos y rendimientos en la finca.

Los mapas deben ser elaborados independientemente de si se aplican abonos orgánicos o si únicamente se fertiliza químicamente[27]. Para ello, se realiza una matriz de puntos (georreferenciados) sobre el mapa del terreno, los cuales están asociados a los rendimientos del cultivo para cada sector. Se toman muestras de suelos en cada uno de estos sitios[28], siguiendo las pautas de muestreo regular de suelos, donde la profundidad depende de la zona en que se encuentran la mayoría de las raíces del cultivo.

27 Ver ficha #1 “Fertilización según análisis de suelo”

28 Se entiende como sitio, la zona de la finca que tiene características de suelos y producción similares, trazada después de un mapeo de suelos.

Para banano las muestras se toman a 20 cm entre la madre y el hijo[29] y en el caso de la piña sobre la cama. Estas deben ser procesadas por un laboratorio certificado, para asegurar la veracidad de los datos. Se realiza un análisis fisicoquímico para caracterizar cada punto, donde se solicita un análisis químico completo con materia orgánica y textura



Mapeo de suelos: toma de muestra y zonificación final. Fuente: NEOAG, 2022

b. Muestreo y análisis de suelos y foliares.

En la agricultura ecológica es importante no solo fertilizar a la planta, sino también el suelo para mantener su capacidad productiva[30]. Por lo que se realizan muestreos de suelos para conocer la cantidad de nutrimentos que este puede aportar y muestreos foliares para saber si el suelo suple los nutrientes necesarios para el cultivo. Esto con el fin de realizar planes de abonado adecuados para mantener la productividad y el correcto desarrollo del cultivo seleccionado[31]. El proceso de muestreo para banano y piña es efectuado de la misma manera que en fincas donde solamente se aplica fertilización química[32].

c. Interpretación de los análisis de suelos y foliares.

Los resultados de laboratorio de las muestras de suelos y foliares, deben de interpretarse utilizando los valores idóneos de cada nutriente en el suelo y en las hojas; estos varían por país o región y en el caso de los foliares son distintos por cultivo y variedad. Estos datos se comparan contra los resultados del muestreo y así se determina si existen deficiencias o contenidos excesivos de nutrientes y de cuáles[33]. En el caso de aplicar fertilización orgánica o abonado, es importante analizar el contenido de materia orgánica del suelo, ya que los abonos sólidos la incrementan. Por lo que, en sitios con altos niveles de materia orgánica, puede que las deficiencias estén asociadas a factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y no a la falta estos.

Por ejemplo. Si el análisis de suelos realizado en la finca indica que la muestra tiene un contenido de MO adecuado, pero un pH muy bajo de 4,5 probablemente esta alta acidez en el suelo, mostrada por el valor del pH, es lo que esté reduciendo la actividad microbiana y por ende la disponibilidad de ciertos nutrientes. Entonces, es importante entender que al fertilizar con abonos orgánicos no se puede simplemente sustituir a los químicos, sino que se debe de tomar en cuenta las interacciones que se dan entre nutrimentos y la biota del suelo, las cuales afectan su fertilidad.

Rangos para interpretar los resultados del análisis químico de suelos utilizados en Colombia.

Parámetro	Unidad	Interpretación				
		Muy baja	Baja	Suficiente	Alta	Muy alta
P	mg kg^{-1}	< 5	5-15	15-30	30-45	> 45
S	mg kg^{-1}	< 3	3-6	6-12	12-15	> 15
Fe	mg kg^{-1}	< 10	10-25	25-50	50-100	> 100
Mn	mg kg^{-1}	< 2.5	2.5-5	5-10	10-20	> 20
Cu	mg kg^{-1}	< 0.5	0.5-1	1-3	3-5	> 5
Zn	mg kg^{-1}	< 0.5	0.5-1.5	1.5-5	5-10	> 10
B	mg kg^{-1}	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-1.5	> 1.5
Ca	$cmol_c$ kg^{-1}	<1	1-3	3-6	6-9	> 9
Mg	$cmol_c$ kg^{-1}	<0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3	> 3
K	$cmol_c$ kg^{-1}	< 0.05	0.05-0.15	0.15-0.3	0.3-0.5	> 0.5
Na	$cmol_c$ kg^{-1}	< 0.5	0.5-1			> 1
Al	$cmol_c$ kg^{-1}	< 0.5	0.5-2			> 2

Rangos para interpretar la acidez del suelo.

	Acidez extrema	Acidez fuerte	Acidez moderada	Acidez ligera	Neutralidad	Alcalinidad	Alcalinidad alta
pH	< 5	5-5.5	5.5-6	6-6.5	6.5-7.3	7.3-8	> 8

Categorías del contenido de MOS del horizonte A en función de la altitud y la temperatura.

Altitud (m)	Temperatura (ºC)	Categoría*				
		Muy bajo	Bajo	Suficiente	Alto	Muy alto
< 1000	> 24	< 1	1-2	2-3	3-5	> 5
1000-2000	18-24	< 2	2-3	3-5	5-10	> 10
> 2000	< 18	< 3	3-5	5-10	10-20	> 20

* Para la interpretación del contenido de la MOS se deben considerar otras condiciones del suelo (aireación, pH, Ali, P disponible, actividad microbial).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia (2012)

De esta forma, se toman decisiones más acertadas sobre la cantidad de abono y fertilizante químico a aplicar, reduciendo la sobre fertilización que puede llevar a ocasionar contaminación en aire (emisiones GEI), aguas y suelos.

Lo mismo sucede con la interpretación foliar, donde se toman los resultados de cada sitio o lote muestreado de la finca y se comparan con los óptimos para el cultivo y la variedad. Hay que considerar que, aunque los valores para un mismo cultivo pueden parecerse, cada variedad puede tener requerimientos diferentes, asociados a su productividad[34] (ver figura 1). Al realizar esta comparación se puede saber cuáles deficiencias tiene la planta en cada zona y asociarlas a las deficiencias del suelo o a la cantidad que la planta está extrayendo de este nutriente en la etapa de crecimiento en la que se encuentra. Por lo que es importante analizar ambos componentes: suelo y foliar, para entender qué está sucediendo en el sistema y aportar lo que la planta requiere.

29 Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas para banano. Ecuador. Agrocalidad. 2018.
30 Técnicas de cultivo en agricultura ecológica. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1991.
31 Normativas de Producción Orgánica y Proceso de Certificación. AECID/EARTH, 2009
32 Ver ficha #1 "Fertilización según análisis de suelo"
33 Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo. Universidad Nacional de Colombia, 2012.
34 Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. IPNI, 2010.

Niveles críticos tentativos en diferentes tejidos de plantas de banano completamente desarrolladas (Lahav y Turner, 1992).				
Nutriente		Lámina (Hoja 3)	Nervadura central (Hoja 3)	Pecíolo (Hoja 7)
N	(%)	2.6	0.65	0.4
P	(%)	0.2	0.08	0.07
K	(%)	3.0	3.0	2.1
Ca	(%)	0.5	0.5	0.5
Mg	(%)	0.3	0.3	0.3
Na	(%)	0.005	0.005	0.005
Cl	(%)	0.6	0.65	0.7
S	(%)	0.23	-	0.36
Mn	(mg/kg)	25	80	70
Fe	(mg/kg)	80	50	30
Zn	(mg/kg)	18	12	8
B	(mg/kg)	11	10	8
Cu	(mg/kg)	9	7	5
Mo	(mg/kg)	1.5-3.2	-	-
Datos basados principalmente en investigación con la variedad Cavendish Enano. Algunos valores difieren en otros cultivares.				

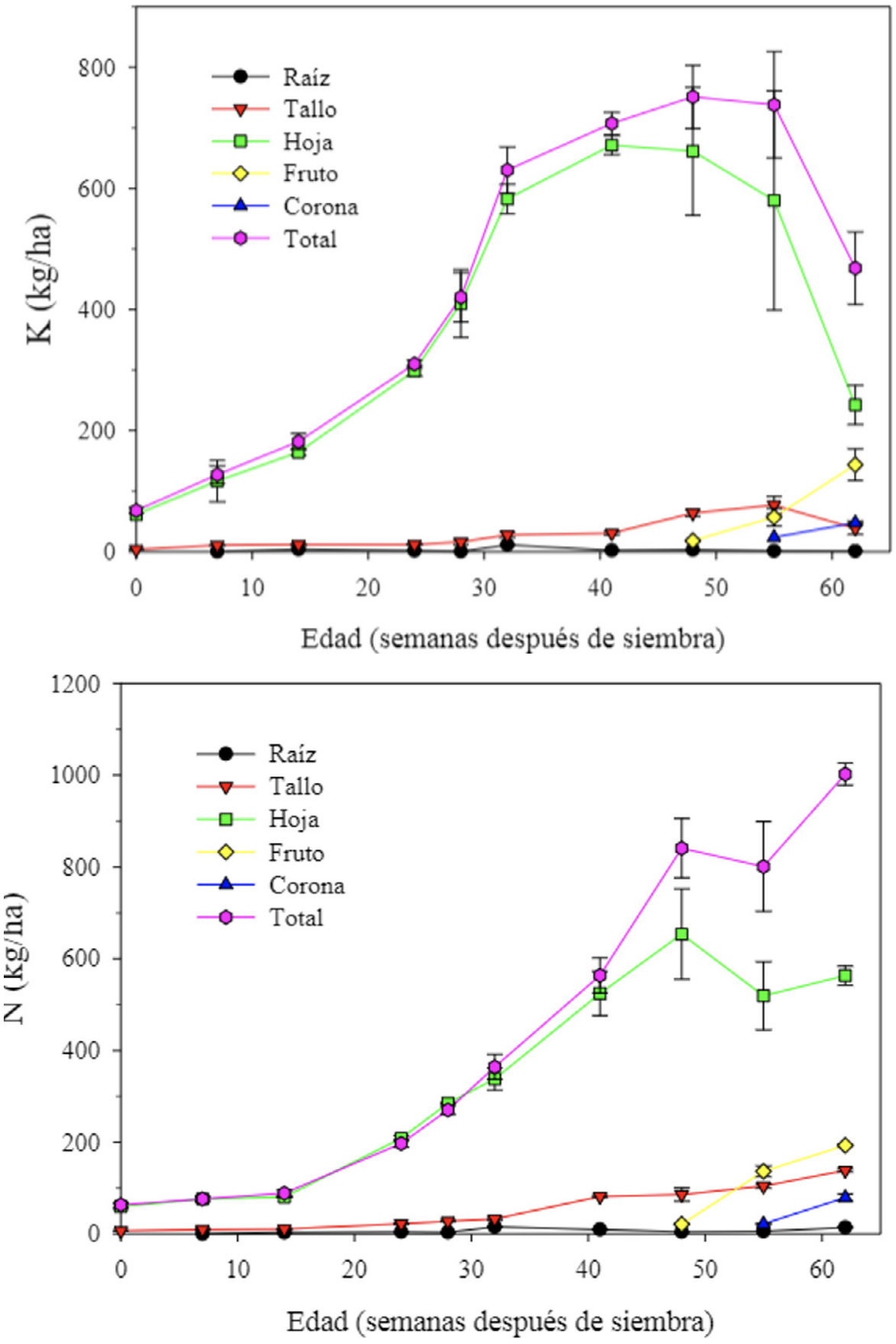
Figura 1. Requerimientos nutricionales de plantas de banano

Paso 5. Programa de fertilización incluyendo abonos orgánicos:

Debido a que existe poca información sobre curvas de absorción de nutrientes para los cultivos orgánicos, integrados o convencionales con aplicaciones de abonados, en la mayoría de los casos se utilizan las curvas de absorción del mismo cultivo y variedad, pero en fincas manejadas únicamente con fertilizantes químicos. Sin embargo, lo ideal es poder construir curvas de absorción de nutrientes para el cultivo y la zona donde se ubica, actividad que debe realizarse con la colaboración de un ingeniero experto. Estas se realizan en tres grandes pasos y al final se efectúa una validación de las curvas para asegurarse que predicen los requerimientos reales del cultivo:

- Análisis de suelos, con el fin de asegurarse que estos puedan proveer los nutrientes necesarios, para el desarrollo del cultivo; así como conocer los contenidos de MO que son importantes para planificar el abonado orgánico.
- Análisis foliares recurrentes en las diferentes etapas de crecimiento del cultivo que indican su necesidad nutricional en cada fase; lo que se hace asociando el peso seco con la concentración de nutrientes en la muestra.
- La construcción de las curvas que se realiza al asociar la cantidad de plantas por hectárea con los datos de cada momento del muestreo. Las curvas son de utilidad únicamente para el mismo sistema de abonado empleado[35].

Estas curvas indican los requerimientos de cada nutriente según la edad del cultivo. Por ejemplo, según la imagen se sabe que la piña requiere mayor fertilización de K durante las semanas 30 a 50; mientras que el N se necesita más durante las semanas 40-60. Con esta información, más los análisis de suelos, se puede saber cuánto de estos requerimientos puede proveer el suelo, y con los foliares es posible saber si existen problemas de nutrición en el cultivo a lo largo de sus etapas de desarrollo, esto con el fin de poder modificar los planes de fertilización y suplir las deficiencias. Una vez se conocen las deficiencias nutricionales del cultivo más lo que aporta el suelo y la materia orgánica presente (abonos verdes), se decide qué tipo de abono se utiliza (sólido o líquido) y cuánto del faltante nutricional será aportado por abonos y cuánto por la fertilización química. Conociendo el aporte nutricional (NPK y micronutrientes) de los fertilizantes seleccionados, se calcula la cantidad de nutrientes por kilogramo o litro y con esto se estima la cantidad a aplicar por hectárea para suplir las necesidades.



Curvas de absorción para piña para Costa Rica. Fuente: EARTH, 2012

Para evitar sobre abonar se deben de tomar en cuenta los contenidos de materia orgánica en el suelo, ya que se pueden aplicar más en sitios desprovistos y menos donde hay mayores contenidos; considerando que su biodisponibilidad de nutrientes se da mediante una liberación lenta[36].

El plan de fertilización debe indicar claramente los abonos a utilizar, el contenido nutricional de cada uno, el momento de aplicación y las cantidades a aplicar. Estas cantidades deben de valorarse para seleccionar la forma de aplicación ideal. Por ejemplo, si se indica que hay que aplicar altas cantidades por hectárea de un abono orgánico sólido, es mejor segmentarla en aportes moderados y repetidos, considerando la capacidad del suelo para asimilar la materia orgánica, o sustituir parte de esta por abonos foliares orgánicos; ya que un exceso de abonado puede ocasionar contaminación de fuentes de agua o generar mayor emisión de GEI[35]. Asimismo, aplicaciones de grandes cantidades de materiales orgánicos al mismo tiempo pueden ser **fitotóxicos** y/o favorecer el desarrollo de plagas o enfermedades[37].

35 Fertilización foliar. AECID/EARTH, 2010
36 Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Corporación Universitaria Lasallista, 2017.

Paso 6. Aplicación de abonos orgánicos.

La aplicación debe de ir de la mano con los planes de fertilización, los cuales indican las cantidades a utilizar por tipo de abono en cada momento del cultivo. Sin embargo, es importante tener en cuenta varios factores durante la aplicación:

a. Condiciones ambientales.

Para aplicaciones foliares (caso de la piña), es recomendable realizar las aplicaciones temprano en la mañana o en las tardes, ya que se debe aplicar en el momento del día donde las temperaturas sean más bajas, haya mayor humedad relativa y el viento tenga una menor intensidad. Esto, junto con una buena humedad del suelo, permiten una mejor absorción del abonado líquido[35], condición que también es importante para la aplicación de abonos orgánicos sólidos. No se recomienda realizar el abonado durante épocas demasiado lluviosas o secas, ya que en este caso puede haber pérdidas de material añadido.

b. Tipo de abono orgánico a aplicar.

El método de aplicación difiere si se aplican abonos sólidos o líquidos. En banano, los abonos sólidos son incorporados en media luna frente al hijo o en tres piquetes hasta a 20cm de profundidad[38]. En el caso de los líquidos (biofermentos, bioles o biofertilizantes), pueden aplicarse a través de sistemas de fertiriego, si la finca cuenta con estos. Además, se debe de tomar en cuenta el tiempo que el producto tardará en liberar los nutrientes, ya que varía entre sólidos y líquidos; por lo cual es recomendable hacer las aplicaciones anticipando el período de liberación de nutrientes para suplir las necesidades de las plantas en el momento preciso.

c. Características del producto a aplicar.

Cuando se formulan abonos propios, deben elaborarse con mayores concentraciones del nutriente necesario en cada etapa de desarrollo, ya que el aplicar un producto de mayor concentración del nutriente requerido permite acelerar su absorción. En caso de aplicaciones foliares, se debe mantener alta la concentración del producto y evitar mezclarlo con aguas de mala calidad que puedan aportar micronutrientes indeseados al cultivo[39].

d. Registro de abonos.

Es indispensable documentar las aplicaciones. Esta trazabilidad permite detectar problemas desde su inicio, lo que facilita aplicar correcciones de forma oportuna, reduciendo posibles costos y efectos adversos al cultivo y al medio ambiente[40].

Aplicación de Bokashi, Finca Earth, 2022

e. Realización de micro ensayos.

Para alcanzar niveles de abonado ideal, es necesario hacer pequeños ensayos en las diferentes zonas productivas de la finca, donde se prueben diferentes dosificaciones o productos, conservando un testigo. Para los abonos fabricados en la finca, los ensayos ayudan a ajustar su elaboración para alcanzar mejores rendimientos en el cultivo40. Esto se realiza con análisis foliares, donde los resultados son utilizados en cálculos sobre la eficiencia de absorción/recuperación de la planta.

Paso 7. Capacitación al personal.

Los talleres o cursos de elaboración de abono son cruciales para poder aprender a adaptar el abono producido a las necesidades de la finca; así como para conocer las interacciones que se dan en el suelo al aplicar los abonos y los biofertilizantes. Se recomienda la capacitación en los siguientes temas:

- Elaboración y aplicación de abonos sólidos. Incluyendo información sobre interacciones materia orgánica y organismos, las técnicas de elaboración, la relación C/N, los factores que condicionan su adecuada elaboración, los materiales a utilizar, mantenimiento de la compostera; así como trabajar ejemplos de problemas y soluciones.
- Elaboración de abonos líquidos. Tipos de residuos orgánicos a utilizar, como producir bioles, biofermentos y como captar lixiviados de abonos sólidos, factores determinantes y el uso adecuado.
- Biofertilizantes. Cómo elaborarlos, tipos y sus interacciones con la fertilidad, así como captura de microorganismos.
- Manejo y procesamiento de residuos orgánicos. Técnicas sobre el manejo de los residuos teniendo en cuenta la idea de una economía circular donde los residuos son incorporados nuevamente al mismo sistema.

37 Ing. José Hernán Méndez Calderón, Industrias Mineras S.A. Comunicación Personal
38 Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Proyecto Norte Emprendedor – Swisscontact, 2012.
39 Fertilización foliar. AECID/EARTH, 2010
40 Un día en la finca: Suelos vivos y sanos para la adaptación al cambio climático. IICA, 2016

Indicadores de desempeño

- Cantidad anual de fertilizante químico sustituido por abono orgánico (kg/ha).
- Porcentaje de trabajadores capacitados en la elaboración y aplicación de abonos orgánicos.
- Porcentaje del área transformada a una fertilización complementaria con abonos orgánicos.
- Cantidad anual de fertilizante orgánico producido a base de los residuos de la finca (kg/ha).
- Ahorro anual en $ por usos de abonos orgánicos como parte del plan nutricional del cultivo.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca en la elaboración de abonos orgánicos y su aplicación.
- *Externo:* Personas profesionales que elaboren consultorías en elaboración de mapas de suelos y experimentos para determinar la efectividad del abonado.

Referencia de Costos:

- Compra de catálogos o guías para la elaboración de abonos orgánicos. Costo variable.
- Consulta técnica y capacitación por parte de un profesional (225$/día).
- Costos de establecimiento del sistema de producción de abonos (costo variable). Por ejemplo producción de un quintal (equivale a 100 kg) de bocashi tiene un costo aproximado de $12.50[41]

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

En fincas convencionales, el uso de abonos orgánicos resulta ser un complemento importante y necesario a la fertilización química al reincorporar parte importante de los nutrientes que han sido absorbidos por el cultivo y favoreciendo así la restauración de los suelos al agregar materia orgánica. Las personas productoras que implementan la medida también tienen la oportunidad de mejorar la fertilidad, la retención hídrica y la estructura del suelo; previniendo problemas erosivos y disminuyendo la contaminación a ecosistemas cercanos. El uso de los residuos orgánicos para la producción de abonos, también es una iniciativa de economía circular, que evita que los mismos sean depositados en rellenos sanitarios generando emisión no controlada de gases de efecto invernadero.

Casos de éxito

Universidad Earth en su campus Guácimo, Limón, Costa Rica, cuenta con una finca comercial de banano de 400 hectáreas netas, la cual está integrada por 4 bloques de cultivo separados geográficamente; áreas productivas que limitan con diferentes ecosistemas naturales, principalmente ríos y quebradas que son parte integral de la cuenca del Río Parismina. Actualmente, está certificada bajo el estándar vigente de Rainforest Alliance.

Como parte de las iniciativas de sostenibilidad, la finca cuenta con un área de producción de abonos orgánicos, en donde se procesa el 100% del raquis o pinzote que se genera como residuo en la planta de empaque; el cual es picado para luego ser trasladado (7.5 toneladas diarias) hasta el área del proyecto. Durante la elaboración del abono, se incorporan otros materiales (aserrín, minerales y melaza) y residuos orgánicos generados en la Universidad, así como microorganismos eficientes, para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica.
La humedad se mide manualmente y se llevan registros de temperatura.

El área de Bokashi, presenta un patio techado, con canales perimetrales de recolección de lixiviados, bodega de herramientas y disponibilidad de agua potable.

El abono orgánico resultante es aplicado principalmente en el bloque 4, como parte del programa de fertilización y mejoramientos de suelos, ayudando a aumentar la diversidad microbiana, mejorando las condiciones físicas y químicas e incorporando nutrientes para el desarrollo del cultivo de banano. Para el año 2022 (hasta el mes de noviembre), se reportó una aplicación de 5,7 toneladas por hectárea.

41 Elaboración y uso del bocashi. FAO-PESA, 2015

Casos de éxito

Quinta Pasadena S.A. es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la provincia de Monte Cristi, en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO).

Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral, donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales.

La finca cuenta con un área de conservación de 38,85 hectáreas y está certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

Quinta Pasadena, cuenta con una biofábrica con capacidad de producción de 30.000 litros de bioles, los cuales son el resultado de un proceso de fermentación y descomposición de los materiales orgánicos (vástago de banano, pastos picados, estiércol de ovejas y ganado estabulado) que se procesan en el área de bocashi, la cual cuenta con un patio cementado y canales a desnivel para recolectar los lixiviados.

Los bioles son aplicados al cultivo a través del sistema de riego (por goteo), el cual funciona mediante un complejo de paneles solares que dan energía al sistema de bombeo, disminuyendo sustancialmente el consumo de combustibles fósiles en la actividad. Finalmente, el bocashi también es utilizado para el mejoramiento de los suelos de la plantación, siendo un aporte importante al programa de fertilización.

Referencias

[1] Caracterización química y microbiológica de abonos orgánicos a partir de gallinaza y rastrojos de cosecha para la producción agrícola. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto (unsm.edu.pe)
[2-10-24] Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos. Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos (iica.int)
[3] Evaluación de la calidad del suelo y su respuesta a la incorporación de abonos orgánicos y bioinoculantes como bioremediadores. Microsoft word - tesis para imprimir maac_2020.docx (ujed.mx)
[4] Composición química de la biomasa residual de la planta de piña variedad md2 proveniente de Guácimo, Limón. Vista de Composición química de la biomasa residual de la planta de piña variedad MD2 proveniente de Guácimo, Limón | Revista de Ciencia y Tecnología (ucr.ac.cr)
[5] Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Redalyc.Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos
[6] Fertilizantes y su uso: https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf
[7] Los fertilizantes orgánicos, una vía para reducir las emisiones de CO2. https://www.lavozdegalicia.es/noticia/mercados/2019/12/15/fertilizantes-organicos-via-reducir-emisiones-co2/0003_201912SM15P8991.htm
[8] Emisiones de gases efecto invernadero (GEI) derivadas de dos tipos de fertilización del cultivo de piña (Ananas comosus) en ultisoles de Sarapiquí, Costa Rica tomando como referencia el bosque secundario. https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view/16125/23222
[9] Manual de compostaje del Agricultor, experiencias en América Latina. https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf
[12] Decimoséptimo Estado de la Nación: Agricultura, Agroforestería y Cambio Climático 2010: https://repositorio.conare.ac.cr:8443/rest/bitstreams/0b4ad7db-940b-4713-a8ff-22bc65f29917/retrieve
[13-30] Técnicas del cultivo en agricultura ecológica. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1991_08.pdf
[14-40] Un día en la finca: Suelos vivos y sanos para la adaptación al cambio climático. https://www.euroclima.org/idiomas/un-dia-en-la-finca-suelos-vivos-y-sanos-para-la-adaptacion-al-cambio-climatico
[18-21-22] Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf
[20] Agricultura Orgánica- El Compost. Untitled-1 (inta.gob.ar)
[29] Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas para banano. Ecuador. http://www.bananotecnia.com/wp-content/uploads/2018/03/Manuales-de-aplicabilidad-de-BPA-para-Banano.pdf
[31] Normativas de producción orgánica y proceso de certificación. Pina1.pdf (earth.ac.cr)
[32] Como interpretar los resultados del análisis de fertilidad del suelo. https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/1%206%20Como%20interpretar%20analisis%20de%20suelos%20%20Walter%20Osorio_0.pdf
[34] Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del

banano. Nutrición y fertilización del banano, estado actual (bananotecnia.com)
[35-39] Fertilización foliar. Pina6.pdf (earth.ac.cr)
[36] Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos. Abonos_organicos_alternativa_conservacion_mejoramiento_suelo.pdf (unilasallista.edu.co)
[38] Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. https://rincondemaestros.com/wp-content/uploads/2018/12/manual_banano.pdf
[41] Elaboración y uso del bocashi. Elaboración y uso del bocashi (fao.org)
[42] Manual abono orgánico sólido (compost) y líquido (biol). Manual Abono orgánico sólido (compost) y líquido (biol) bioinsumo para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos (iica.int)
[43] El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México. Redalyc.El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México
[44] El suelo y los abonos orgánicos. F04-10872.pdf (mag.go.cr)
[45] Humus de lombriz o vermicompost. Microsoft word - 3 vermicompost fia
[46] Diseño de un sistema de producción de abono orgánico a partir de residuos frutales en la bananera Banorch CÍA. LTDA. Alonso Mora Alvaro Gabriel.pdf (ug.edu.ec)

Otras consultas:

Colaboración de Experto: Ingeniera Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín / Email: analucia.mendez@ctfc.cat

Reincorporación de residuos orgánicos de cosecha al suelo/mulch

3

Categoría A

Upala Agrícola, Costa Rica

Categoría de Ficha	Medidas Relacionadas	Estándares Internacionales relacionados con la medida	Plazo de Implementación
Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático** A	1 Fertilización según análisis de suelo 2 Abonos orgánicos líquidos y sólidos 4 Análisis y control de erosión 6 Cobertura vegetal viva 7 Labranza de bajo impacto 10 Control biológico de plagas 12 Estimación de huella de carbono	Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3 **Requisitos:** 4.4.5, 6.7.3 Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2. **Criterio:** 4.7.1 Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1. **Puntos de Control:** CB/3.5 Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. **Requisito:** 3.2.40	Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Reincorporación de residuos orgánicos de cosecha al suelo/mulch

FICHA 3

Descripción de la medida

Los residuos orgánicos generan un fuerte impacto en el medio ambiente, pues si no son tratados o manejados de forma adecuada[1], afectan la calidad del suelo, la atmósfera y las aguas (superficiales y subterráneas), esto debido al alto contenido en materia orgánica inestable e inmadura, así como por la presencia de elementos minerales, compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales, entre otros.

Para la industria agroalimentaria, esta problemática sigue siendo una realidad y un desafío; sin embargo, cada vez es más común el desarrollo de proyectos alternativos para el manejo y aprovechamiento de los residuos vegetales obtenidos en los diferentes procesos y etapas productivas. Se busca promover una transición hacia sistemas agrícolas y alimentarios más sostenibles, como parte de una economía circular, en donde el objetivo sea aprovechar al máximo los recursos para incrementar no solo el nivel productivo sino también disminuir impactos ambientales y promover una gestión responsable evitando el desperdicio de los alimentos.

Datos de la Organización de las Naciones Unidas, indican que cada año, un tercio de todos los alimentos producidos, equivalentes a 1300 millones de toneladas (*valorizados en alrededor de 1000 millones de dólares*), termina pudriéndose en los contenedores de los consumidores y minoristas o se estropean debido a las malas prácticas del transporte y la cosecha[2]. La FAO por su parte, estima que el 20% de la perdida de frutas y hortalizas ocurre durante la etapa de procesamiento y envasado[3].

Como respuesta a esta problemática, la ONU impulsa para el año 2030 diferentes metas relacionadas con los objetivos del Desarrollo Sostenible 2-12, orientados a promover una seguridad alimentaria (hambre cero) y garantizar modalidades de consumo y producción más sostenibles.

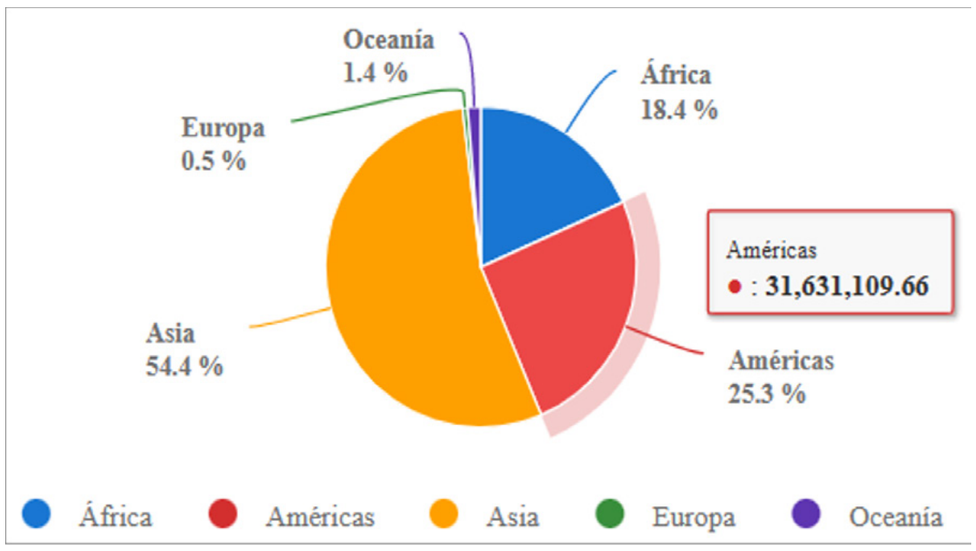
Para el sector productivo, el esfuerzo y compromiso inicial debe estar orientado en esta línea, promoviendo una política de cero desperdicios mediante la comercialización de la fruta de rechazo[4] en mercados alternativos (ver figura 1), por ejemplo, mediante acuerdos con industria de alimentos para la producción de jugos o pure o bien donaciones a instituciones de bien social, comunidades y centros educativos, entre otros.

1 Residuos orgánicos: ¿qué son? ¿cómo tratarlos?. Volta Chile, 2019.
2 Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. ONU.
3 Perdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. FAO, 2011
4 Fruta que no es exportable por condiciones estéticas o porque no cumple con requisitos de calidad (peso, tamaño, color, otros)

Para el resto los residuos generados durante la cosecha que no tienen un valor comercial o de consumo, se pueden desarrollar diferentes prácticas dirigidas a reutilizar la materia orgánica ya sea mediante su incorporación directa al suelo como una capa de cobertura o mulch[5] que ayude a preservar la humedad, regular la temperatura del suelo, aportar nutrientes, controlar la erosión y el crecimiento de las malezas entre otros beneficios; o bien de forma procesada como abono orgánico[6], produciendo compost, bokashi, vermicompost, purines o estabilizados, entre otros[7].

En la industria de producción de piña y banano, se generan diferentes residuos orgánicos durante y posterior a la cosecha, los cuales pueden ser gestionados mediante las prácticas antes mencionadas.

Según datos de la FAO, en el año 2021[8], el área reportada en cultivo de piña fue de 1.046.712 hectáreas, con una productividad de 28.647 millones toneladas, en donde el 35,7% fue cultivada en América, siendo los países más productores Costa Rica, Indonesia, Filipinas, Brasil y China. En el caso de la producción de banano, el área en cultivo abarcó un total de 5.336.862 hectáreas, con un nivel de producción de 124.978 millones de toneladas, en donde América representó la segunda región más productora del mundo con 25,3%, siendo los países con mayor área de siembra India, China, Indonesia, Brasil y Ecuador.



Producción de Bananos por región 2021
Fuente: FAOSTAT 2023

De esta forma, a mayor producción también mayor cantidad de residuos orgánicos a ser gestionados. Las plantaciones de piña

por ejemplo, son renovadas cada dos años para iniciar un nuevo ciclo de producción, actividad en la cual se genera una gran cantidad de rastrojo[9]. Se ha determinado que por hectárea de piña cultivada, se generan cerca de 250 TM de rastrojo; material que presenta una lenta degradación y que dado su volumen requiere ser procesado e incorporado de forma oportuna y planificada, con el objetivo de evitar que sea un medio de propagación para la mosca del establo *"Stomoxys calcitrans"*[10]. Estudios de la Universidad de Costa Rica, mencionan también que por cada hectárea de piña (con 60.000 plantas), se producen además 13.500 kg de corona y 51.083 kg de cáscara y pulpa[11].

En el sector bananero se generan grandes cantidades de residuos vegetales durante el proceso de cosecha como: la fruta de rechazo, los tallos, las hojas y sobre todo el raquis el cual representa aproximadamente un 10 % del peso total del racimo. Como referencia, una producción semanal de 3.000 racimos de banano deja como resultados 3.000 raquis los cuales tienen un peso promedio de 4 kg[12], por lo que se estaría generando como desecho alrededor de 12.000 kg de raquis, cantidad que generaría una importante contaminación ambiental si no se maneja de forma adecuada.

Esta ficha brinda a la persona productora la orientación para el manejo sostenible de los residuos orgánicos producidos en la finca, mediante prácticas de reincorporación directa. El manejo y producción de abonos orgánicos se trata en la ficha #2 "*Abonos orgánicos líquidos y sólidos*" de este manual.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Disminuye erosión y sedimentación, reduciendo el impacto sobre la biodiversidad presente en cuerpos de agua.
- Promueve el uso de residuos orgánicos que favorecen las condiciones físicas del suelo, propiciando una buena porosidad, aireación y estructura, las cuales junto con el aporte de materia orgánica permite el establecimiento de poblaciones de distintos organismos y microorganismos en el suelo.
- Evita el vertido o acumulación de residuos orgánicos cerca de áreas de ecosistemas, afectando la biodiversidad relacionada.

5 El mulch o cobertura orgánica es una capa de diferentes materiales orgánicos sueltos, como hojas, hierbas, tallos, rastrojos y otros materiales similares, que se utilizan para cubrir el suelo que rodea las plantas. Portal Frutícola , 2018.
6 Ver ficha #2 "Abonos orgánicos líquidos y sólidos"
7 Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América latina. FAO, 2013.
8 Última actualización en FAOSTAT
9 El rastrojo es el conjunto de restos de tallos, hojas y material vegetal que queda en el terreno tras realizar la cosecha de un cultivo. MAG-SFE/IICA/INTA/MINAE/MS/AYA, 2019.
10 Manual técnico para el manejo del rastrojo en el cultivo de piña MAG/SFE, 2012.
11 Ensilaje de rastrojo de piña: una opción viable para productores agropecuarios. Universidad de Costa Rica, 2018.
12 Características químicas del ensilado de raquis de plátano (Musa paradisiaca) y banano orito (Musa acuminata AA) tratado con suero de leche y urea. Caicedo et al., 2020

- Aumenta la infiltración del agua, reduciendo el escurrimiento superficial, con lo cual se disminuyen los efectos contaminantes en cauces naturales, protegiendo la biodiversidad asociada.
- Disminuye la emisión de los gases de efecto invernadero. Al valorizar los residuos orgánicos se evita que estos ingresen a rellenos o depósitos locales, generando mayores emisiones de metano (CH4) debido al proceso de descomposición anaerobia y emisiones de CO_2 por proceso de combustión de los restos orgánicos.
- Favorece la retención de carbono en el suelo, mejorando el potencial del mismo como reservorio de carbono.

Beneficios para la persona productora

- Contribuye al incremento de materia orgánica en los suelos agrícolas, y por tanto a la mejora de la fertilidad y estructura, previniendo la erosión y degradación del suelo.
- Promueve el reciclaje de nutrientes en el sistema agrícola, al aprovechar los mismos nutrientes que son extraídos por las plantas para su crecimiento y producción.
- Dirige a la persona productora a un correcto uso de los residuos orgánicos, los cuales ayudan a incrementar los rendimientos[13] y la calidad de la fruta que se produce en la finca.
- Reduce la evapotranspiración, disminuyendo los ciclos de riego. Cuando los residuos orgánicos se utilizan como mulch, actúa como un amortiguador, reduciendo la compactación y favoreciendo la retención de humedad[14].
- Suprime el crecimiento de malezas al constituirse en una capa de cobertura o manto en la plantación, ayudando a reducir el uso de controles químicos.
- Ayuda a mantener una buena imagen de la persona productora y cumplir con la legislación vigente.

Metodología de implementación de la medida

El desarrollo de una estrategia de manejo de los residuos orgánicos generados en la actividad productiva debe ser una de las actividades prioritarias a ser implementadas por la persona productora, aprovechando el potencial de este recurso al tiempo que se evitan focos de contaminación ambiental y generación de vectores.

La materia orgánica resultante, ayudará a potenciar la fertilidad del suelo, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes para las plantas[15], mejorando la estructura del suelo al disminuir con el tiempo la densidad aparente lo que se refleja en un mayor porcentaje de porosidad, facilitando la penetración de las raíces y maximizando la circulación de agua, aire y nutrientes en el suelo[16].

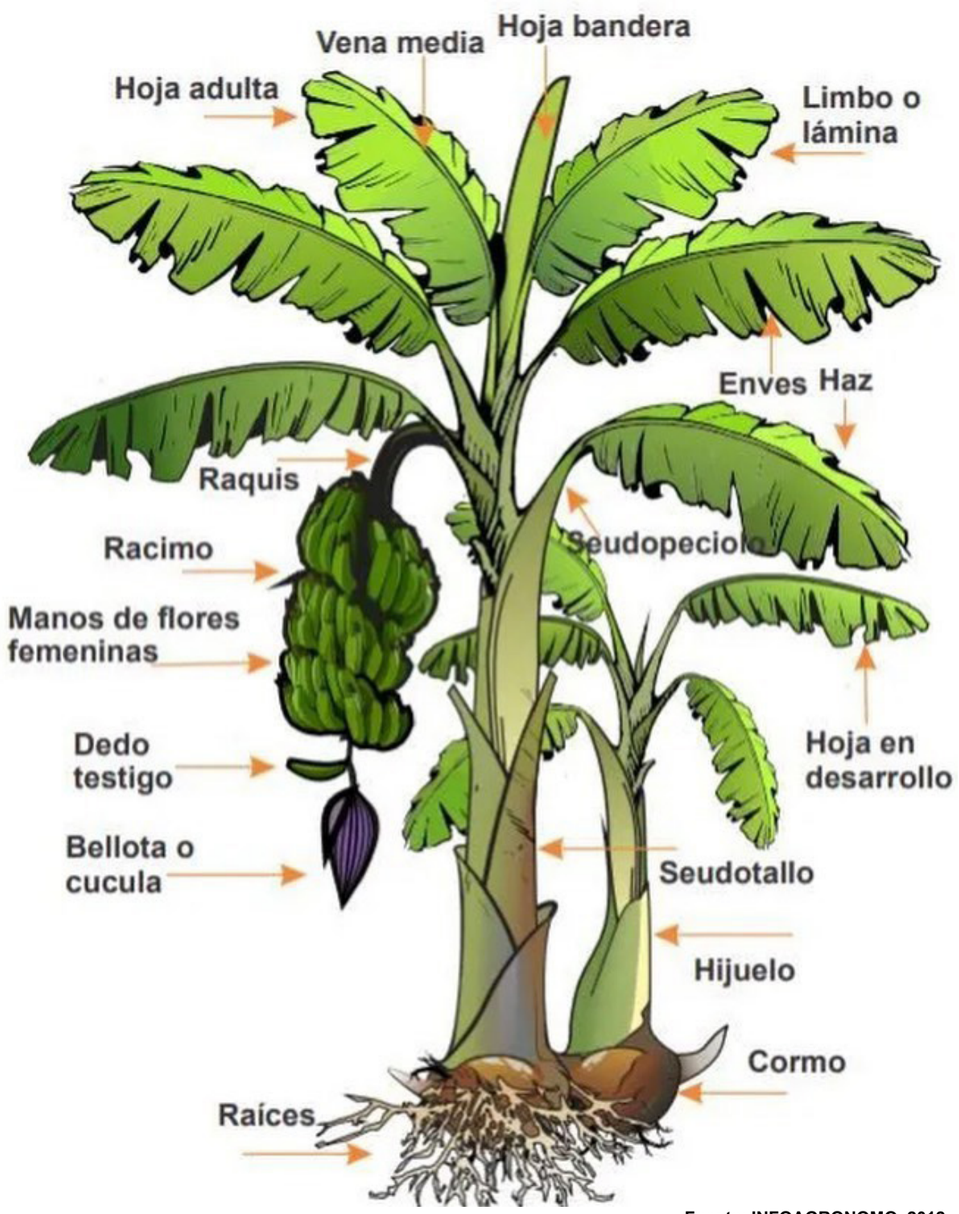
Para un correcto manejo de los residuos orgánicos de la cosecha[17], se deben considerar los siguientes pasos.

Paso 1. Identificación de los residuos orgánicos.

El primer paso es la identificación de los residuos orgánicos que no tienen un valor comercial o de consumo y que se generan durante la cosecha de la fruta o posterior a esta, determinando el tipo de manejo a realizar y considerando los requisitos definidos en normativas internacionales y la legislación nacional relacionada, la cual variaría en cada país.

Un ejemplo de los principales residuos orgánicos para fincas de banano y piña son los siguientes:

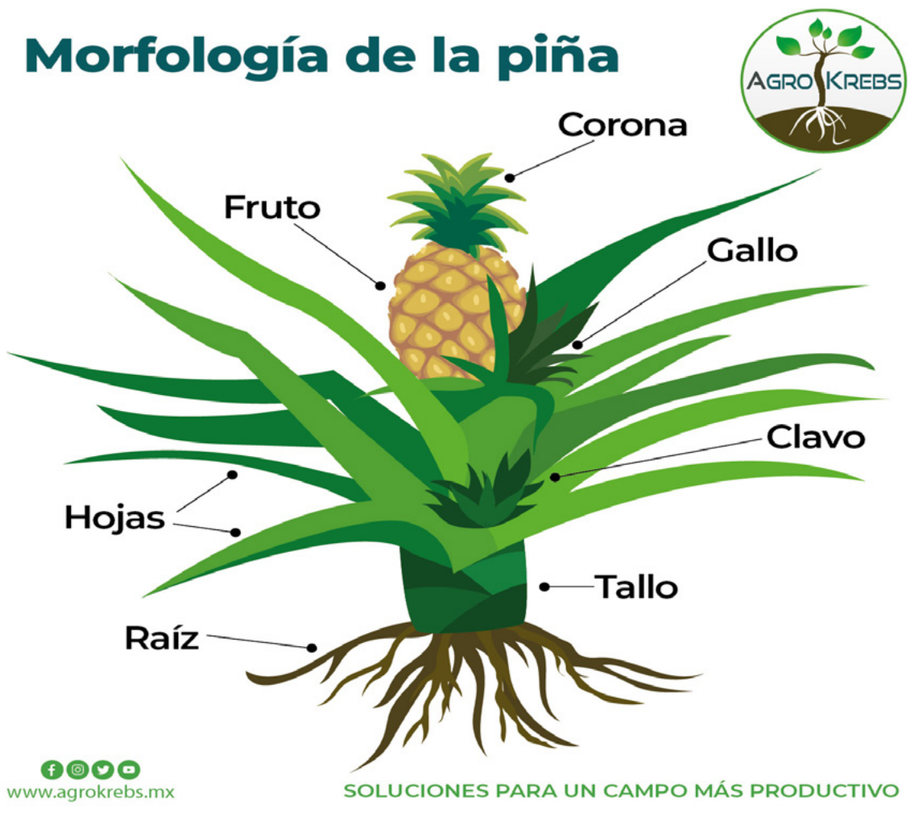
Banano	Manejo del residuo del cultivo
Raquis	Reincorporación al campo (entero o picado) Transformación en abono orgánico por medio de compostaje o bokashi u otros procesos
Corona	Reincorporación al campo Transformación en abono orgánico por medio de compostaje o bokashi u otros procesos
Hojas	Se pican posterior a la cosecha y se distribuye en la plantación
Pseudotallos	Se pican posterior a la cosecha y se distribuye en la plantación o bien se mantiene en pie como aporte para la nutrición del hijo
Legislación o normativa aplicable: COL: Norma técnica NTC5167/CR: Ley N°8839/ ECU: Decreto Ejecutivo 3609	



Fuente: INFOAGRONOMO, 2012

13 El uso de residuos orgánicos no sólo ayuda a regenerar los suelos agrícolas, sino que también aumenta la eficiencia nutricional y la salud general de los cultivos, lo que está directamente relacionado a una mejora en sus niveles de producción. Revista Científica Agroecosistemas, 2018.
14 Guía para preparar un mulch orgánico o cobertura orgánica. Portal Frutícola , 2018.
15 Efecto de la aplicación de raquis de banano en la composición fisicoquímica del suelo en plantación de banano "Musa paradisiaca" en la Parroquia Chanduy, Provincia Santa Elena. Universidad de Guayaquil, 2022
16 Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (Musa acuminata) en el Ecuador. Enfoque UTE, Dic.2019.
17 Sin valor comercial o de consumo

Piña	Manejo del residuo del cultivo
Rastrojo	Reincorporación al campo en verde Transformación en abono orgánico
Corona[18]	Inclusión en procesos de generación de abono orgánico como compostaje o bokashi.
Legislación o normativa aplicable: CR: Reglamento Nº 37358-MAG/ Decreto Nº MAG- 006-2018	



Este análisis facilita determinar cuáles de estos residuos serán dispuestos en campo directamente y cuáles serán utilizados como base para elaboración de abonos orgánicos. Decisiones que dependerán del objetivo de manejo definido por la persona productora, los recursos y espacios disponibles; así como los planes de nutrición y necesidades del cultivo.

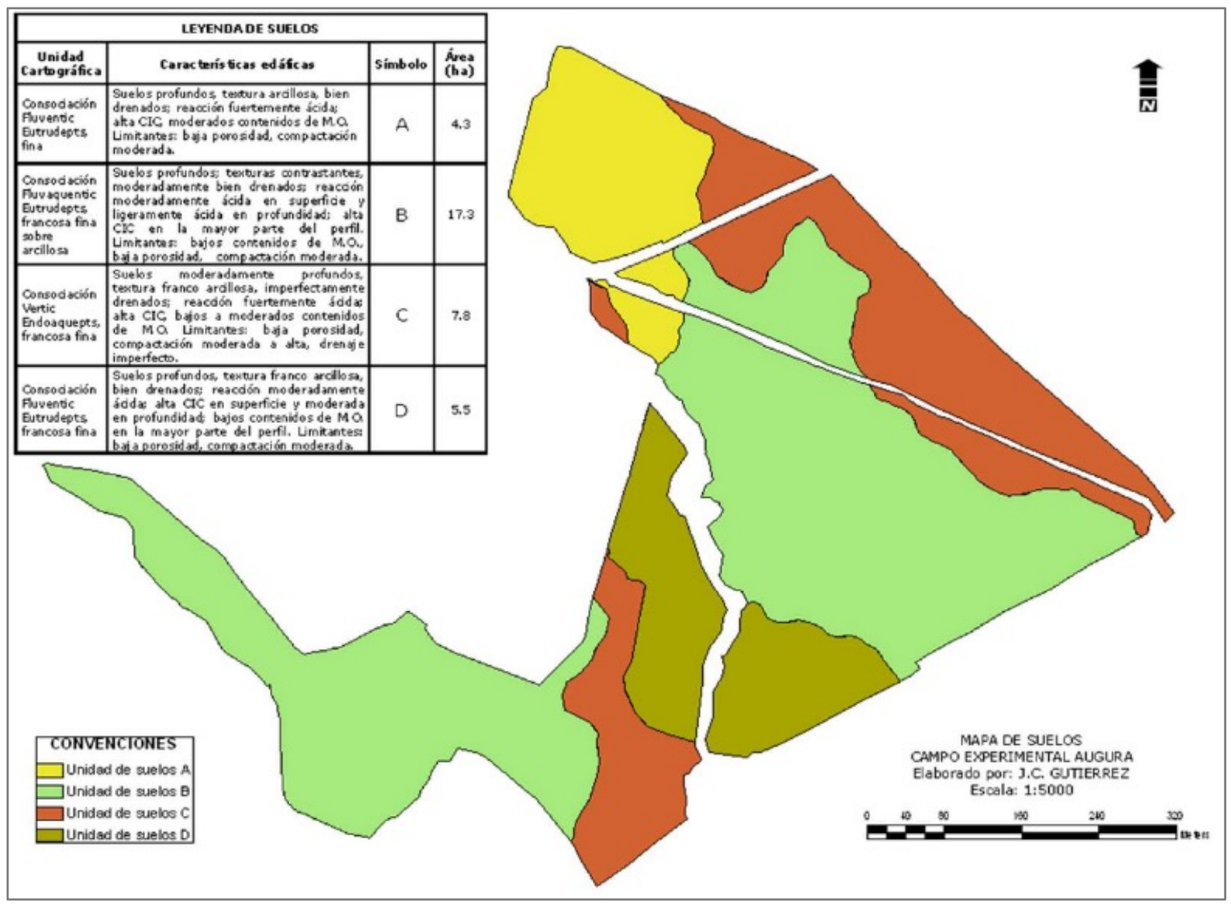
Para aquellos residuos orgánicos que serán reincorporados al campo de forma directa, es importante considerar los siguientes pasos.

Paso 2. Consideraciones generales para el manejo del residuo orgánico de la cosecha.

Una vez identificados los tipos de residuos orgánicos, es necesario analizar algunas condiciones generales que puedan afectar o favorecer las actividades de manejo y reincorporación de los mismos, variables que pueden ser representadas en un mapa permitiendo visualizar cambios con el tiempo y facilitar la toma decisiones con el apoyo de personal técnico.

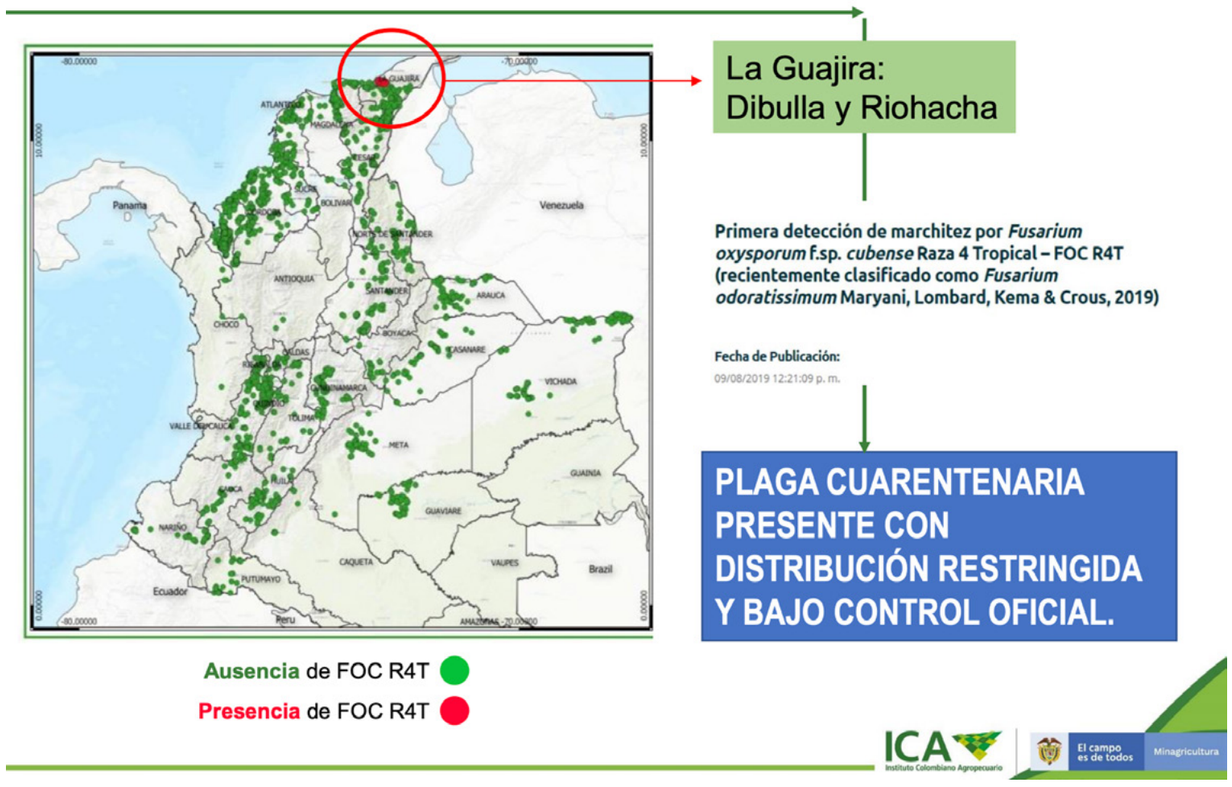
a. Mapeo de suelo.

El mapa permite a la persona productora conocer mucho mejor las características edáficas de cada lote o parcela, pudiendo visualizar parámetros relacionados con la composición, pH, acidez, textura, drenaje, compactación, porosidad, entre otros. Estos son datos que el agricultor puede utilizar para la toma de decisiones al momento de reincorporar y redistribuir la materia orgánica. Por ejemplo, si una finca de banano presenta algunos lotes con suelos mayormente arenosos que no retienen humedad y bajos en materia orgánica, entonces la persona productora puede direccionar a partir del mapa la aplicación de raquis en esos sectores con el objetivo de mejorar la estructura del suelo y aumentar MO, considerando también el aporte de nutrientes de estos materiales.



b. Ubicación geográfica, condiciones y riesgos fitosanitarios.

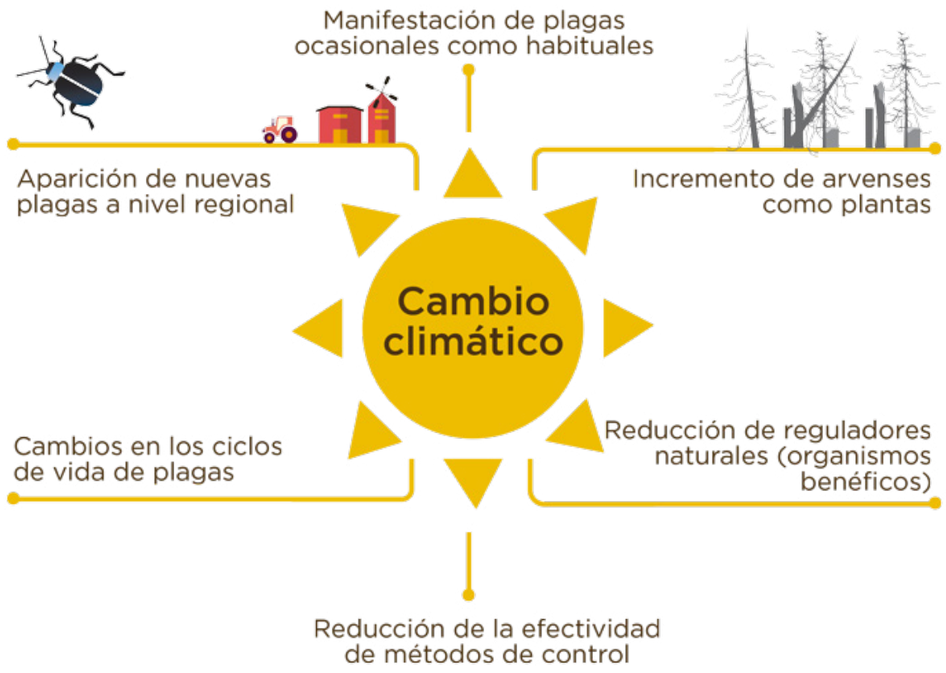
Esta valoración debe realizarse con apoyo técnico y acorde a la legislación relacionada con el manejo de residuos orgánicos de cada país. Es necesario antes de reincorporar materia orgánica en campo, analizar limitantes sanitarias presentes en la finca y su área de influencia, por ejemplo si una finca de banano se ubica en una zona identificada de riesgo o presencia de Fusarium oxysporum f. sp. cubense, raza tropical 4, es recomendable entonces únicamente utilizar los residuos orgánicos presentes en la finca y no incorporar materiales externos que pudiesen venir contaminados o generar un riesgo. Para el cultivo de piña la importancia radica en la presión de la mosca del establo "*Stomoxys calcitrans*", por lo cual si el escenario en este caso es una finca ubicada en un área alejada de cultivos, áreas ganaderas o zonas pobladas, entonces el riesgo es menor y podría tomar decisiones de manejo del rastrojo acordes a esta condición. En este caso la persona productora puede hacer uso de la información disponible[19], como mapas o herramientas ya desarrolladas por las entidades de gobierno o investigación, esto para poder determinar y caracterizar el contexto en donde se ubica la finca.



18 La corona puede ser un residuo en caso de que la finca tenga planta de empaque y por requisitos del comprador la piña se exporte sin la misma.
19 Colombia: Programa de control y manejo de Fusarium R4T

c. Variabilidad climática.

Las condiciones climáticas son otra de las variables relevantes a ser consideradas ya que cambios drásticos[20] en precipitación, vientos o sequía pueden incrementar el riesgo de plagas o enfermedades, especialmente durante el manejo y reincorporación del residuo orgánico.



d. Capacidad de manejo y recurso humano y económico.

Es necesario que la persona productora evalúe internamente los recursos y la capacidad instalada para el manejo de los residuos, evitando ocasionar acciones que generen pérdida de control y que dé como resultado una afectación no prevista o la proliferación de plagas, enfermedades u otros vectores. Este escenario puede presentarse en una finca de piña que lleve a cabo una actividad **de derriba** en un área mayor a la que tiene capacidad de manejo en un momento dado, debido a limitantes de maquinaria para su reincorporación[21].

Paso 3. Reincorporación de los residuos orgánicos en el cultivo de banano.

a. Raquis[22]:

El vástago, raquis o péndulo floral del banano es un residuo de gran valor que aporta importantes cantidades de nutrientes, aminoácidos y hormonas de crecimiento, mejorando a la vez las características físicas, químicas y biológicas del suelo[23]. También ayuda a controlar la proliferación de ciertas enfermedades de la planta como nemátodos, bacterias y hongos[24].

El raquis puede reincorporarse al suelo como materia orgánica, considerando las siguientes recomendaciones:

- Direccionar el residuo a sectores del cultivo con suelos pobres. De esta forma, la persona productora optimiza el uso del recurso hacia sitios de la finca con problemas de estructura de suelos, o bajos en materia orgánica.

- Realizar un picado uniforme del residuo. Idealmente el material debe ser picado en la planta empacadora, una vez se realiza el desmane del racimo. Actividad que debe estar a cargo de personal capacitado y provisto de lentes y guantes para evitar accidentes. Los trozos del material picado son más fáciles de transportar y distribuir en el área de cultivo, por otro lado, el proceso de descomposición será mucho más rápido.

Picadora de Raquis- Finca Earth

Estudios realizados en Ecuador, por la Universidad de Guayaquil en el 2022 muestran que las áreas donde se aplicó el raquis picado presentaron el contenido más alto de materia orgánica (2,25%), el pH más cercano a 7, contenido de potasio más alto en la materia orgánica y suelo (3,97) y contenido de fósforo en el suelo (46,20). Logrando mejorar las características físicas y químicas del suelo, al compararlo con el manejo de raquis entero y con trichoderma y carbón vegetal[25] (ver figura 2).

Tabla 5: Valores de Materia orgánica en efecto de la aplicación de raquis de banano en la composición fisica-quimica del suelo en plantación de banano "Musa paradisiaca" en la parroquia Chanduy, provincia Santa Elena.

N°	tratamientos	M.O (%)
T1	Testigo 0.0	0,88
T2	Raquis triturado	2,25
T3	Raquis + Trichoderma	1,24
T4	Raquis + carbon vegetal	2,04
X	1,64	

Figura 2. Extracto de resultados estudio Universidad de Guayaquil, 2022.

20 Estos factores influyen directamente en la dinámica de poblaciones, tasa de reproducción y sobrevivencia. En general eventos extremos de clima pueden incidir sobre cambios en la dispersión de insectos o plagas exóticas y alteración en la población de insectos benéficos controladores de plagas. Universidad Nacional de Colombia, 2015.

21 La falta de controles técnicos y de consideraciones sobre la capacidad de carga del sitio pueden generar problemas serios por acción de los líquidos generados por la lixiviación de los desechos, los cuales poseen un nivel alto de acidez, los que a su vez se convierten en hospederos de insectos. MAG/INTA, 2013

22 Raquis de Banano, también conocido como pinzote o vástago, tiene una forma helicoidal y es el responsable del sostén de los racimos, al momento de la producción este se convierte en un remanente de gran volumen, este residuo por su valor nutricional puede ser reincorporado en el suelo, mediante compostaje, humus, y lixiviado, además de ser un excelente controlador de plagas y patógenos. Universidad Veracruzana, 2017

23 Aplicación de materiales derivados del raquis de banano para la remoción de cromo en solución acuosa. UTMACH, 2021

24 Aprovechamiento del raquis del banano y otros residuos biodegradables como fertilizantes orgánicos en el cultivo de esta fruta. INFOTEP, 2005

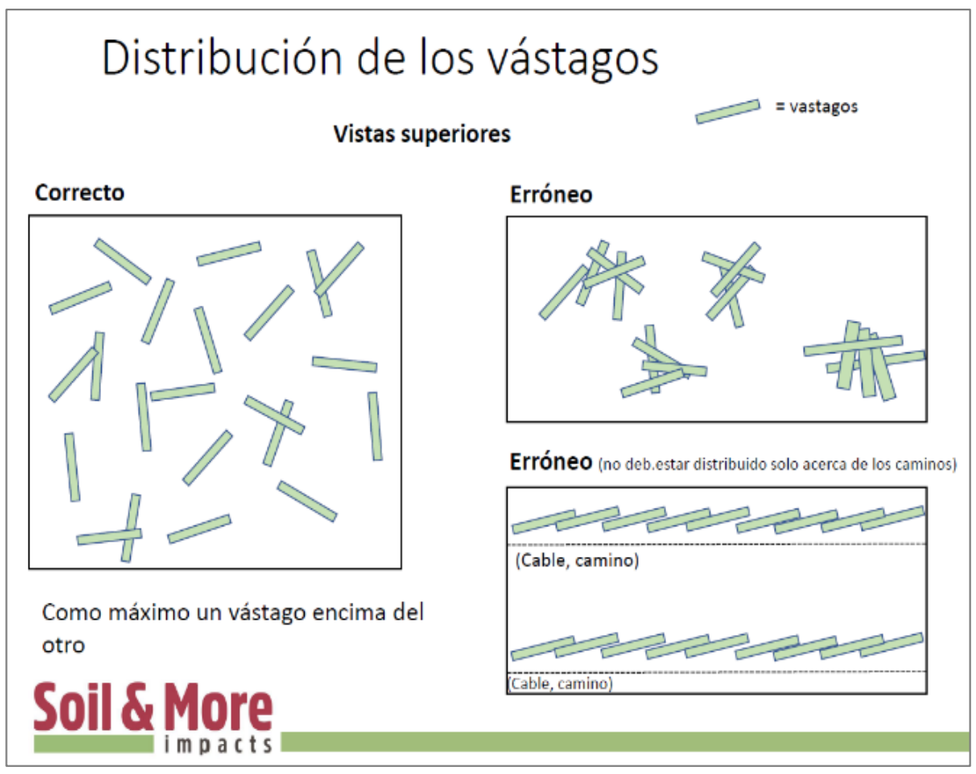
25 Efecto de la aplicación de raquis de banano en la composición físico-química del suelo en plantación de banano "Musa paradisiaca" en la Parroquia Chanduy, Provincia Santa Elena. Universidad de Guayaquil, 2022.

- Evitar apilamiento. Si se coloca el raquis entero, es muy importante lograr una adecuada distribución en forma de estrella, evitando sobreponer uno sobre otro, ya que esto genera espacios propicios para proliferación de plagas y se aumenta el tiempo de descomposición generando mayor emisión de metano.

- Prevenir la disposición de raquis o material picado cerca de los canales. Asegurando que no caigan al canal y obstaculicen el paso del agua, disminuyendo la capacidad hidráulica (flujo uniforme del agua) en los drenajes y se genere contaminación.

- Restringir el acarreo del residuo fuera del límite de la finca. Evitando el traslado del raquis hacia sectores externos, como medida preventiva ante el riesgo de propagación de Fusarium Raza 4, en especial en zonas con presencia confirmada de la enfermedad.

- Considerar usos alternativos. El vástago, también puede ser utilizado como cobertura temporal para el control de malezas, siendo una práctica interesante para áreas con gramíneas agresivas y en donde la persona productora busque disminuir el uso de control químico. Por otro lado, pueden ubicarse en zonas abiertas dentro del cultivo en donde el impacto de la lluvia es mayor, disminuyendo el efecto erosivo de la gota. En cualquiera de los dos casos es importante considerar mantener un espacio libre de residuos (rodaja) para facilitar labores de fertilización.



b. Hojas y pseudotallos[26]:

Las hojas y los pseudotallos del banano son fuente de materia orgánica valiosa que debe ser aprovechada por la persona productora. Una vez se realiza la cosecha del racimo, las hojas son cortadas y deberán ser ubicadas en medio del cultivo, de ser posible con el envés hacia arriba para disminuir la esporulación del hongo de la sigatoka negra "*Mycosphaerella fijiensis*", considerando también que a nivel del suelo hay menor efecto del viento por ende menor riesgo de propagación de la enfermedad; misma condición y manejo de las hojas y restos de estas deben considerarse al momento de realizarse labores de deshoje o la cirugía[27]. Finalmente al descomponerse las hojas, estas contribuyen con la reincorporación de la materia orgánica al suelo y ayudan en el control de las malezas.

En el caso del pseudotallo de la planta madre y considerando los resultados de diferentes estudios realizados en Colombia y Costa Rica, la recomendación es retenerlo en el campo posterior a la cosecha, considerando su contribución a la nutrición mineral del hijo de sucesión, lo cual se expresa en una mejora del vigor de la planta de banano y en el aumento en el peso del racimo como consecuencia de una mayor cantidad de manos y de frutos por mano[28]. Si bien se ha determinado que el efecto es aún mayor cuando se mantienen hojas en el pseudotallo, es importante que la persona productora considere la viabilidad de este manejo, según las condiciones de fitosanitarias presentes en la finca[29], valoración que debe realizarse con ayuda del personal técnico.

Otra variable para tomar en cuenta es la altura recomendada del corte del pseudotallo, la cual variará según el cultivar, por ejemplo, para Gran Enano (según el estudio realizado en Urabá Colombia) la altura del corte entre 1,2 a 2m, favoreció el crecimiento temprano del hijo de sucesión, debido al suministro de reservas y agua por parte de esta estructura, lo que se refleja en el incremento del rendimiento en el segundo ciclo de producción del cultivo30.

Finca Banaloli- Dole Ecuador

Pseudotallo- Finca Eufemia

26 El Pseudotallo está formado por las vainas envolventes de la hoja, que se extiende desde el cormo hasta la inflorescencia. Su función principal es facilitar el contacto vascular entre las hojas y las raíces, así como la comunicación del fruto con las hojas para permitir la formación y llenado del mismo. Instituto de Biotecnología de las Plantas, 2020.

27 Con excepción en zonas de plantillo, en donde el resto de las hojas deben ser recolectadas y retiradas del área, después de realizarse actividades de control cultural de sigatoka, para evitar que las esporas alcancen las plantas pequeñas y en desarrollo. Ing. Álvaro Fournier Leiva. Comunicación personal

28 Efecto del manejo del pseudotallo de banano (*Musa AAA*) a la cosecha sobre la planta sucesora. CORBANA, 2013.

29 Considerando la severidad de la Sigatoka Negra y problemas de pudrición suave del fruto (*P. carotovorum*), así como la incidencia de insectos especialmente de escamas (D. boisduvali), y cochinillas (*Pseudococcus spp.*). CORBANA, 2013.

c. Corona:

Otro recurso que también puede ser utilizado como aporte de materia orgánica al cultivo, son los restos de la corona del banano, que se desprenden y eliminan durante la actividad de selección de fruta; material vegetal que normalmente se acumula en canales internos o al final de la trampa de sólidos ubicada en la planta de empaque.

Su disposición en campo debe realizarse evitando la acumulación de grandes cantidades en un mismo punto, especialmente cerca de los sistemas de drenaje; asegurando una separación previa de fragmentos de residuos plásticos (cintas y funda de protección) que también llegan hasta la trampa de sólidos.

Paso 4. Reincorporación de los residuos orgánicos en el cultivo de piña.

a. Rastrojo:

la persona productora debe asegurar un manejo integral y responsable de este residuo orgánico, teniendo en cuenta el alto volumen de biomasa que se genera, el tiempo de degradación[31] y el riesgo de contaminación ambiental y propagación de plagas.

El manejo del rastrojo en verde, es una práctica recomendada, con un menor impacto ambiental y con mayores beneficios para la finca. La práctica consiste en la trituración e incorporación del residuo por medio de maquinaria agrícola, evitando el uso de quema química para desecación y física (con fuego) para su eliminación.

De esta forma se incorpora mayor cantidad de materia orgánica al suelo mejorando su fertilidad, capacidad de retención de humedad, disminuyendo los efectos erosivos y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la preparación del terreno en comparación con el método de manejo en seco (con herbicida y quema) (ver figura 3).

Factores de emisión en kg/ha/año para tres tipos de manejos de rastrojo en el cultivo de piña obtenidos en las condiciones de manejo de Finca El Tremedal, San Carlos. 2019.

	Factor de emisión (kg/ha/año)		
Gas	Rastrojo Verde	Rastrojo Herbicida	Rastrojo Quema
CH_4	926,42	1592,30	1294,81
CO_2	1541,76	2455,72	2175,96

Figura 3. Factores de emisión según tipos de manejo **Fuente: TEC, 2019**

Para la implementación de esta práctica, es importante considerar las siguientes recomendaciones:

- Reducción de biomasa por medio de chapea. La primera actividad es la reducción de la cantidad de biomasa en la plantación a renovar. Esto se puede lograr a través de una chapea manual o mecánica, cortando el follaje previo a la derriba[32], de esta forma se promueve el desecamiento, se acelera la descomposición y disminuye la cantidad de rastrojo que será procesado e incorporado[33].

- Acordonado del rastrojo. Esta práctica busca ubicar los restos del cultivo manualmente de cama por medio y se realiza con el objetivo de mejorar el rendimiento de la labor de trituración. En caso de existir piedras en el terreno, durante el acordonado estas pueden ser apartadas de las líneas de triturado para que el implemento no las impacte, evitando daños a los equipos.

- Trituración del rastrojo. Es recomendable el uso de maquinaria para la trituración del material, su incorporación al suelo y conformar posteriormente los espacios de siembra aplicando técnicas de labranza de bajo impacto[34]. La trituración del rastrojo seguida de la aplicación de microorganismos permite aumentar la tasa de mineralización del terreno, evita la generación de problemas ambientales y la proliferación de moscas[35]. En algunos casos podría ser necesaria una repetición de la práctica de trituración cuando aún se mantienen restos de rastrojo al descubierto después del primer paso de maquinaria.

Equipo de trituración de rastrojo. Upala Agrícola, 2022

- Uso de microorganismos eficientes (descomponedores). La utilización de descomponedores es muy importante dentro de un plan de manejo de rastrojos, ya que aceleran el proceso de descomposición reduciendo el tamaño de la materia orgánica, haciendo que el rastrojo sea menos atractivo para la mosca del establo[33].

- Incorporación del rastrojo[36]: es importante considerar que una vez derribada el área por medio del uso de trituradoras, debe iniciarse de inmediato con los trabajos de incorporación del rastrojo, los cuales deberían procesarse e incorporarse en un lapso no mayor a 12 días para evitar impactos por la aparición de plagas[37].

- Prácticas de control de plagas: es necesario elaborar un procedimiento operacional que describa las actividades de monitoreo y control de plagas, como por ejemplo, mediante el uso de parasitoides[38] y la instalación de trampas. El monitoreo debe extenderse desde antes de la derriba hasta la nueva siembra. En caso de hallarse presencia de estadios iniciales (huevo, larvas) de mosca del establo “Stomoxys calcitrans”, después de la incorporación del rastrojo, la persona productora deberá tomar medidas correctivas según el procedimiento y evitar que llegue al estadio de pupa.

30 Influencia del seudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa AAA Simmonds). Universidad Nacional de Colombia, 2006.
31 El componente principal de las paredes celulares vegetales de las plantas de piña es la lignocelulosa, ésta consiste principalmente de celulosa que está conformada de un 30% a 60% de la planta, por lo que las hojas se secan en el campo muy lentamente. TEC, 2019.
32 Proceso de eliminación de la plantación al final de su ciclo productivo
33 Manual técnico para el manejo del rastrojo en el cultivo de piña MAG/SFE, 2012.
34 Ver ficha #7 “Labranza de Bajo Impacto”
35 Desechos de la piña: un dolor de cabeza. UCR, 2018
36 La incorporación incrementa la pérdida de peso del material, mejora su tasa de descomposición y provoca un aumento en la actividad de los microorganismos en el suelo, principalmente hongos, actinomicetos, bacterias, protozoarios y algas, aumentando su población y disponibilidad de nutrientes, en comparación con la quema de los desechos o el abandono de los rastrojos. UCR, 2018
37 Manual técnico para el manejo del rastrojo en el cultivo de piña MAG/SFE, 2012.

- Usos alternativos. El residuo también actúa como cobertura o capa aislante, al reducir la incidencia directa de la radiación solar y la pérdida de calor, lo que disminuye el calentamiento y enfriamiento del suelo, así como las pérdidas de agua por evaporación, con efectos positivos directos sobre el crecimiento de las plantas, principalmente en las zonas muy calientes con un régimen de lluvia errático. Otro importante efecto de las coberturas con rastrojos y residuos es la reducción de las malezas en el terreno, lo que disminuye la necesidad de mano de obra y uso de herbicidas para su control.[39]

En caso excepcionales en donde las circunstancias fitosanitarias o condiciones presentes en la finca no permitan el manejo e incorporación del rastrojo en verde, se podría implementar el método de manejo de rastrojo en "seco", utilizando productos desecantes permitidos por legislación y normas internacionales, reincorporando posteriormente el material vegetal bajo prácticas de labranza de bajo impacto.

En ambos cultivos, la persona productora finalmente debe velar por un correcto manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por la actividad productiva. No se aconseja desarrollar trincheras o fosas de decarga (excepto en casos excepcionales y bajo regulaciones legales) eliminando en su totalidad vertederos a orillas de caminos, canales, o cauces naturales, los cuales pueden verse afectados por los lixiviados generados en el proceso de descomposición, produciendo contaminación ambiental o generación de plagas o vectores de enfermedades. Ver imagen 4 con fines ilustrativos.

Figura 4. Mala disposición de raquis de banano

Paso 5. Actividades de capacitación.

Para lograr el mejor aprovechamiento de los residuos orgánicos y su uso para el mejoramiento de los suelos en la actividad agrícola, es importante contar con personal entrenado según las prácticas que se realicen en la finca acorde a la estrategia de manejo. Se sugiere el desarrollo de capacidades en las siguientes temáticas:

- Análisis e interpretación de variables climáticas.
- Uso de maquinaria agrícola para reincorporación de residuos orgánicos.
- Monitoreo y control de plagas asociadas al manejo de materia orgánica.

Indicadores de desempeño

- % de vástago picado o entero reincorporado a áreas de cultivo
- % de rastrojo con manejo en verde en áreas de renovación
- Ahorro anual en $ por usos de residuos de cosecha como parte del plan nutricional del cultivo.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- Interno: Personal capacitado en labores de manejo e incorporación de residuos orgánicos.
- Externo: Profesionales en agronomía, expertos en suelos.

Referencia de Costos:

- Hora de operación de tractor agrícola de 108 HP se tendría un costo cercano a $15 USD.
- Compra de picadora de raquis $1.697 (Colombia[40]).
- Labores de reincorporación de residuos. Valor salario mínimo legal por hora, según país.
- Precio de un litro de organismos descomponedores de materia orgánica, es de $1,6 (Colombia)

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Los residuos orgánicos de cosecha que no tienen un valor comercial o para consumo humano, son un recurso valioso de materia orgánica que puede utilizar la persona productora, siendo una opción de manejo su reincorporación directa al suelo como una capa de cobertura o mulch que ayuda a preservar la humedad, regular la temperatura del suelo, aportar nutrientes, reducir la compactación, controlar la erosión y el crecimiento de las malezas, reduciendo el uso de controles químicos e incrementando los rendimientos y la calidad de la fruta de exportación.

38 Ver ficha #10 "Control biológico de plagas"
39 Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña. II Edición. MAG/INTA, 2014.
40 Ing. Kelly Navarro, Finca Sami. Comunicación personal
41 Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio Zona Bananera, 2001.

Casos de éxito

La finca Sami es una unidad de producción de banano de 179,1 hectáreas, ubicada en el Corregimiento de Río Frío, municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. La cual comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A, y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Sami implementa anualmente diferentes prácticas de conservación de suelos, en una zona con bajas precipitaciones anuales (promedio anual entre 900mm y 1500mm[41]) y alta radicación solar. En el 2020 la administración de finca eliminó la aplicación de herbicida para el control de arvenses, priorizando el uso de métodos manuales y mecánicos, lo cual ha permitido mantener una cobertura vegetal uniforme en toda el área de cultivo en donde predominan la commelina (*Commelina sp*), la oreja de ratón (*Geophila sp*) y la mafafa (*Xanthosoma sp*), esta última a lo largo de la red de canales.

Por otro lado, en la finca se utilizan en campo los restos de material vegetativo, los cuales actúan como una capa protectora o mulch que ayuda al control de malezas no deseadas y a la preservación de la humedad. Usualmente el raquis o vástago se coloca entero en la plantación de forma extendida evitando sobreposición del material; sin embargo, desde el 2022 se adquirió una picadora y se construyó un área techada para el manejo de este residuo, con una inversión cercana a los $5.000. Actualmente la mayor parte del raquis es devuelta a campo picado, lo cual maximiza su aporte tanto nutricional como para la mejora en la estructura del suelo, disminuyendo el tiempo de descomposición y por ende generando menos emisiones de metano. Adicionalmente se aplica compost en finca.

Otra de las prácticas implementadas es la retención del pseudotallo o caballo posterior a la cosecha, asegurando un medio de aporte nutricional del hijo de sucesión, eliminando las hojas para evitar focos de sigatoka y dejándolo en pie hasta que por condiciones naturales se debilita y cae.

40 Ing. Kelly Navarro, Finca Sami. Comunicación personal

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como parte de su compromiso de producción responsable y sostenible, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

La finca ha adoptado prácticas sostenibles para el manejo del rastrojo en verde, en donde una vez se cumple el ciclo productivo y se inician los trabajos de preparación de las nuevas áreas de siembra, el residuo orgánico es triturado (dos a tres veces) por medio de tractores adaptados con equipo de corta, para posteriormente ser aplicado con microorganismos eficientes con el objetivo de lograr una rápida y efectiva incorporación y descomposición de la materia orgánica, reduciendo los riesgos de proliferación de plagas. Este recurso además proporciona un control temporal de malezas y un aporte de nutrientes para el nuevo cultivo de piña.

Una vez finalizada la reincorporación del rastrojo, se inician las labores de diseño y confección de las camas y los canales de drenaje en los nuevos lotes de siembra. Upala Agrícola mantiene un programa de control y trampeo para la mosca del establo y capacita a sus trabajadores en estas actividades.

Referencias

[1] Residuos orgánicos: ¿qué son? ¿cómo tratarlos?. https://www.voltachile.cl/residuos-orgánicos/#:~:text=Los%20residuos%20org%C3%A1nicos%20tienen%20un,materia%20org%C3%A1nica%20inestable%20e%20inmadura.

[3] Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf

[5-14] Guía para preparar un mulch orgánico o cobertura orgánica. https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/09/03/guia-para-preparar-un-mulch-organico-o-cobertura-organica/

[7] Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América latina. https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf

[9] Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción sostenible del cultivo de la piña. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-11044.PDF

[10-33-37] Manual técnico para el manejo del rastrojo en el cultivo de piña. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Q70-10493.pdf

[11] Ensilaje de rastrojo de piña: una opción viable para productores agropecuarios. https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/06/21/ensilaje-de-rastrojo-de-pina-una-opcion-viable-para-productores-agropecuarios.html#:~:text=Seg%C3%BAn%20investigadores%20de%20la%20Universidad,en%20la%20alimentaci%C3%B3n%20de%20rumiantes.

[12] Características químicas del ensilado de raquis de plátano (Musa paradisiaca) y banano orito (Musa acuminata AA) tratado con suero de leche y urea. http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v31n4/1609-9117-rivep-31-04-e19035.pdf

[13] Elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. Vista de elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano (ucf.edu.cu)

[15] Efecto de la aplicación de raquis de banano en la composición físico-química del suelo en plantación de banano "Musa paradisiaca" en la Parroquia Chanduy, Provincia Santa Elena. efecto de la aplicación de raquis de banano en la composicion fisica-quimica del suelo en plantac.pdf (ug.edu.ec)

[16] Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (Musa acuminata) en el Ecuador. 1390-6542-enfoqueute-10-04-00057.pdf (senescyt.gob.ec)

[20] Impactos del cambio climático en la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos. https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/impactos-del-cambio-climatico-en-la-incidencia-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos

[21] Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña. F01-10537.PDF (mag.go.cr)

[22] Lixiviados de Raquis de Plátano: Obtención y Usos Potenciales. CuadBio_53_01.pdf

[23] Aplicación de materiales derivados del raquis de banano para la remoción de cromo en solución acuosa. t-9049_alvarez arevalo stalin rene.pdf (utmachala.edu.ec)

[24] Aprovechamiento del raquis del banano y otros residuos biodegradables como fertilizantes orgánicos en el cultivo de esta fruta. https://docplayer.es/76207124-Aprovechamiento-del-raquis-del-banano-y-otros-residuos-biodegradables-como-fertilizantes-orgánicos-en-el-cultivo-de-esta-fruta.html

[26] Respuesta morfo-agronómica y organoléptica de cinco cultivares de banano (Musa spp.) en condiciones de campo. Respuesta morfo-agronómica y organoléptica de cinco cultivares de banano (Musa spp.) en condiciones de campo (sld.cu)

[28-29] Efecto del manejo del pseudotallo de banano (Musa AAA) a la cosecha sobre la planta sucesora. http://obturcaribe.ucr.ac.cr/documentos-publicaciones/articulos-cientificos-obtur/produccion-de-banano/240-efecto-del-manejo-del-pseudotallo-de-banano/file.html#:~:text=(2008)%20indican%20que%20la%20remoci%C3%B3n,planta%20de%20la%20siguiente%20generaci%C3%B3n.

[30] Influencia del seudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa AAA Simmonds). http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v24n2/v24n2a09.pdf

[31] Factores de emisión de gases de efecto invernadero según el manejo del rastrojo en el cultivo de piña (ananas comosus, var. comosus). https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11395/factores_de_emisi%C3%B3n_de_gases_de_efecto_invernadero_seg%C3%BAn_el_manejo_del_rastrojo_en_el_cultivo_de_pi%C3%B1a_%28Ananas%20comosus%2C%20var.%20comosus%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[35-36] Desechos de la piña: un dolor de cabeza. https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/06/21/desechos-de-la-pina-un-dolor-de-cabeza-para-productores.html

[39] Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña. II Edición. Segunda edición del libro Técnicas Agroambientales para el Manejo del Cultivo de Piña - Diógenes Cubero Fernández et al. - Plataforma PLATICAR

Otras consultas:

Colaboración de Experto: Ingeniera Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín / Email: analucia.mendez@ctfc.cat

Análisis y control de erosión

4

Categoría A

Varcli Pinares, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático**

A

Medidas Relacionadas

3 Reincorporación de residuos orgánicos
5 Control de arvenses por métodos no químicos
6 Cobertura vegetal viva
7 Labranza de bajo impacto
11 Barreras naturales en áreas de actividad humana
19 Zonas de protección de recurso hídrico
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.4.1, 6.4.5, 6.5.3

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. **Requisito:** 3.2.20, 3.2.21

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2. **Criterio:** 3.1.2, 4,2,1

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1. **Puntos de Control:** CB/3.5

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Análisis y control de erosión

FICHA 4

Descripción de la medida

Los suelos son fundamentales para la vida en la Tierra; sin embargo, la presión humana sobre este recurso está llegando a límites críticos. El manejo sostenible del suelo es una práctica esencial de la agricultura sostenible, que además se convierte en un bastión para la regulación del clima y un camino para salvaguardar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad[1].

Según el informe de la FAO (2015) sobre el Estado de los Recursos del Suelo, los procesos erosivos son una de las diez principales amenazas para la conservación de los suelos a nivel mundial[1].

La erosión puede definirse como un desgaste de la superficie terrestre causada por acción de agentes naturales (agua, temperatura, gravedad o viento) o por actividades humanas (agricultura, ganadería, minería, deforestación), generando afectaciones importantes en la fertilidad del suelo y desequilibrios en los ecosistemas[2].

Intedya, 2020

Según datos del Organismo Internacional de Energía Atómica[3] "IAEA", en la actualidad la degradación del suelo afecta a 1.900 millones de hectáreas en todo el mundo, lo que representa aproximadamente el 65% de los recursos edáficos del planeta, siendo la erosión responsable del 85% de esa degradación, como el factor más contribuyente. Por otro lado, aproximadamente 1.500 millones de personas, es decir, la cuarta parte de la población mundial, dependen directamente de la producción de alimentos de tierras degradadas, mientras los sistemas agrícolas a nivel global pierden anualmente más de 36.000 millones de toneladas de suelo fértil a causa de la erosión del suelo, con un costo económico asociado a la erosión del suelo (dentro y fuera de las explotaciones agrícolas) cercano a los US$400.000 millones al año.

En resumen, la pérdida de materia orgánica y nutrientes, la acidificación del suelo, la acumulación de sedimentos y contaminación de las masas de agua, el deterioro de la flora y fauna acuática, la pérdida de biodiversidad, el aumento en inundaciones, la obstrucción de vías fluviales y la reducción del contenido de carbono en suelos son solo parte de los efectos asociados a la erosión[4]; Estos efectos pueden ser prevenidos a través de la detección temprana o gestionados por medio de la elección de prácticas de conservación de suelos.

Vetiver México, 2020

1 Informe del Estado de los recursos del suelo en el mundo. FAO, 2015
2 Qué es la erosión del suelo: causas y consecuencias. Ecología Verde, 2019
3 Control de la erosión del suelo. IAEA, 2020
4 Erosión Del Suelo: Tipos, Cómo Evitarla Y Controlarla. EOS Data Analytics,Inc, 2022.

El conocimiento y la implementación de estas prácticas de acuerdo con las condiciones propias del medio contribuyen no solamente a controlar la erosión y crear un ambiente propicio para el desarrollo de los cultivos, sino también a la eliminación de otros factores que afectan la productividad de las tierras, tales como: baja fertilidad, compactación de suelos, baja infiltración, drenaje pobre y exceso de humedad dentro del perfil del suelo. Para esto es necesario estudiar las características del suelo existente, identificar las causas de la problemática, planificar y tomar acciones pertinentes según lo analizado y dar seguimiento a la eficacia de las actividades implementadas, temas que serán ampliados en la sección metodológica.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Promueve la conservación de los suelos como reservorios claves de biodiversidad, favoreciendo el desarrollo de microorganismos asociados y protegiendo la flora y fauna local.
- Reduce la contaminación del agua por lixiviación de fertilizantes, que junto con sedimentos de suelo pueden llegar a ecosistemas acuáticos afectando su biodiversidad.
- Aumenta la capacidad de remoción de dióxido de carbono atmosférico, a partir de la fijación de carbono en el suelo.
- Disminuye la sedimentación que obstruye el funcionamiento de proyectos hidroeléctricos externos, reduciendo el potencial de generación de energía renovable y menos contaminante.

Beneficios para la persona productora:

- Mejora el drenaje y la humedad del suelo, reduciendo pérdidas por escorrentía y evaporación.
- Incrementa el contenido de materia orgánica y mejora la estructura del suelo, favoreciendo el desarrollo y crecimiento del cultivo.
- Asegura la efectividad de los sistemas de riego, al evitar el uso de agua contaminada y cargada de sedimentos.
- Disminuye la compactación y la pérdida del recurso suelo.
- Reduce costos, al incrementar la retención de nutrientes y disminuir las pérdidas de fertilizantes aplicados, asegurando la productividad y la calidad de las cosechas.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance.

Metodología de implementación de la medida

La implementación de prácticas de conservación de suelos requiere de un análisis y planificación previa, de forma tal que se aprovechen al máximo los recursos financieros disponibles y se puedan prevenir afectaciones futuras en torno a la erosión y solventar problemas ya identificados. Esto incluye la caracterización de elementos o factores causantes de la erosión, la identificación de las zonas con mayor riesgo de erosión o ya erosionadas (incluyendo el análisis de las causas de este fenómeno), y el diseño de un plan de intervención acorde con lo analizado. Asimismo, una vez que las actividades son ejecutadas, es necesario dar seguimiento a su efectividad y tomar las medidas correctivas que correspondan para garantizar que los objetivos sean alcanzados.

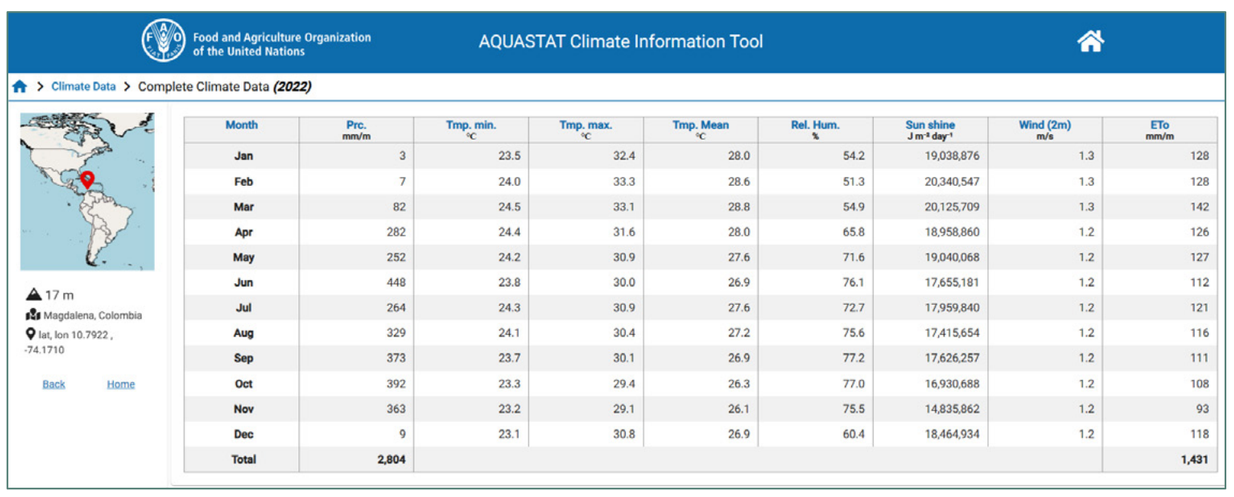
Paso 1. Caracterización del sitio:

Existen una serie de elementos climáticos, fisiográficos y físico-químicos que se relacionan de forma directa con la erosión de las tierras. Por un lado, hay agentes que cuentan con la capacidad de causar erosión en un periodo determinado, tales como la precipitación y el viento (erosividad[5]), y por otro lado, se cuenta con elementos que determinan qué tan susceptible es el suelo a ser erosionado, tales como la topografía del terreno, la cobertura vegetal existente y las características del suelo que influyen en su estructura y capacidad de infiltración, tales como textura, materia orgánica y densidad aparente (erodabilidad[6]).

La caracterización de estos factores dentro de la finca y la comprensión de cómo influyen en la erosión de los suelos permitirá tomar decisiones acertadas a la hora de seleccionar las técnicas de conservación pertinentes. A continuación, se describen los elementos a caracterizar, su relación con los fenómenos erosivos y cómo pueden ser analizados por parte de la persona productora.

a. Precipitación:

El volumen, la duración, frecuencia e intensidad de las lluvias determinan la susceptibilidad de los suelos ante los procesos erosivos. Estos factores se relacionan mutuamente para determinar la cantidad de suelo perdido después de una fuerte lluvia, ya que, a mayor intensidad y duración de esta, mayor será la cantidad de suelo erosionado[7]. ***Cómo analizarlo dentro de la finca:*** Para una caracterización general existen instrumentos de consulta y acceso libre, como el Sistema Aquastat publicado por la FAO[8]. Ver la figura 1 para un ejemplo para la Zona Bananera, Magdalena en Colombia.


Food and Agriculture Organization of the United Nations

AQUASTAT Climate Information Tool

Climate Data > Complete Climate Data *(2022)*

17 m
Magdalena, Colombia
lat, lon 10.7922 , -74.1710
Back Home

Month	Prc. mm/m	Tmp. min. °C	Tmp. max. °C	Tmp. Mean °C	Rel. Hum. %	Sun shine J m⁻² day⁻¹	Wind (2m) m/s	ETo mm/m
Jan	3	23.5	32.4	28.0	54.2	19,038,876	1.3	128
Feb	7	24.0	33.3	28.6	51.3	20,340,547	1.3	128
Mar	82	24.5	33.1	28.8	54.9	20,125,709	1.3	142
Apr	282	24.4	31.6	28.0	65.8	18,958,860	1.2	126
May	252	24.2	30.9	27.6	71.6	19,040,068	1.2	127
Jun	448	23.8	30.0	26.9	76.1	17,655,181	1.2	112
Jul	264	24.3	30.9	27.6	72.7	17,959,840	1.2	121
Aug	329	24.1	30.4	27.2	75.6	17,415,654	1.2	116
Sep	373	23.7	30.1	26.9	77.2	17,626,257	1.2	111
Oct	392	23.3	29.4	26.3	77.0	16,930,688	1.2	108
Nov	363	23.2	29.1	26.1	75.5	14,835,862	1.2	93
Dec	9	23.1	30.8	26.9	60.4	18,464,934	1.2	118
Total	2,804							1,431

Figura 1. Ejemplo de caracterización general de suelo

Sin embargo, para un análisis más exacto a nivel de finca es importante la medición de datos en campo, mediante estaciones meteorológicas

b. Vientos:

La interacción del viento con suelos libres de vegetación y baja humedad, provoca la pérdida y arrastre de partículas. Asimismo, características del suelo tales como contenido de materia

5 La erosividad es definida como la agresividad de la lluvia sobre el suelo y, representa la energía con que las gotas de lluvia cayendo a determinada intensidad pueden romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable. Universidad Central de Venezuela, 1999.

6 La erodabilidad se refiere a la susceptibilidad del suelo a la erosión por el agua o el viento. Esta es determinada primordialmente por la inclinación del terreno o grado de pendiente, por la superficie y posición de captación de impacto de la lluvia, por las cubiertas en la superficie y por la acción antrópica. Pérez Salinas et al. 2019.

orgánica y textura inciden de forma directa sobre la pérdida de suelo por acción del viento, siendo la velocidad de este un factor determinante. ***Cómo analizarlo dentro de la finca:*** Para medir la velocidad del viento y determinar su dirección se recomienda el uso de estaciones meteorológicas o anemómetros localizados dentro de la finca o en sectores aledaños a esta.

c. Topografía:

A medida que se incrementa la inclinación y la longitud de la pendiente, mayor es la cantidad de agua que fluye por escorrentía y mayor su capacidad erosiva[9]. ***Cómo analizarlo dentro de la finca:*** La elaboración de mapas de pendientes, así como la observación en campo a través de recorridos permiten identificar espacialmente esta condición. Para esto se recomienda el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) tales como el QGIS[10], utilizando como base, información de curvas de nivel accesibles a través de las entidades locales de información geográfica.

d. Cobertura vegetal existente:

Un suelo desnudo sin ningún tipo de cobertura vegetal es más susceptible a procesos de erosión que un suelo provisto con una cobertura densa. En términos hidrológicos, la cobertura vegetal suministra virtualmente una protección completa: el follaje impide la erosión por lluvia, al demorar la escorrentía y aumentar la infiltración, mientras que la acumulación de residuos vegetales forma un colchón protector eficiente y provee materia orgánica. ***Cómo analizarlo dentro de la finca:*** Un levantamiento en campo mediante Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) permite identificar las zonas desprovistas de cobertura vegetal para tomar decisiones en cuanto a su repoblamiento o implementación de medidas alternativas. En este sentido, la persona productora debe tener en cuenta la recomendación de manejo de arvenses por medio de controles no químicos, dejando al menos una capa uniforme de 5 cm[11].

e. Contenido de materia orgánica (MO):

La materia orgánica es un componente fundamental que determina la calidad y productividad del suelo al cumplir roles esenciales en el ciclo de nutrientes y favorecer el control de la erosión. La presencia de materia orgánica en el suelo estabiliza y mantiene las partículas en forma de agregados, ayuda a minimizar la compactación del suelo, favorece la porosidad, infiltración y almacenamiento del agua, reduciendo la escorrentía[12]. ***Cómo analizarlo dentro de la finca:*** Para contar con una caracterización general de la presencia de materia orgánica en el suelo se pueden realizar ensayos rápidos de campo, mientras que para una determinación detallada del contenido de materia orgánica presente es preferible tomar muestras de suelo en los primeros 30 cm de profundidad (en donde se cuenta con los principales contenidos de materia orgánica) y realizar un análisis en laboratorio según la recomendación técnica.

f. Textura del suelo:

La textura del suelo se refiere a la distribución de las partículas minerales de arena, limo y arcilla. Esta tiene una afectación directa sobre el régimen de infiltración del agua, siendo un aspecto de alta relevancia en torno a la erosión. Los suelos de textura arenosa presentan regímenes de infiltración acelerados, seguidos por los suelos limosos y francos con velocidades de infiltración menores. Por el contrario, suelos arcillosos cuentan con velocidades bajas de infiltración, siendo más susceptibles a la escorrentía cuando se presentan precipitaciones de mediana a alta intensidad. Por otro lado, otro aspecto que debe considerar la persona productora es que los suelos arcillosos retienen más agua que los suelos arenosos, afectando la disponibilidad de agua para el desarrollo del cultivo y otras cubiertas vegetales de protección[13]. Cómo analizarlo dentro de la finca: Para determinar la textura del suelo existen diferentes métodos que van desde la aplicación de ensayos de campo con ayuda visual y tacto, a la determinación por medio de análisis de laboratorio (con técnicas tales como tamizado, sedimentación, uso del microscopio electrónico y turbidimetría), la cual brinda mayor exactitud. Para mayor detalle sobre los métodos de determinación de textura se sugiere revisar las guías publicadas por FAO y la Universidad Nacional de la Plata (UNLP).

Foto: Finca Varcli, 2020

g. Densidad aparente del suelo:

La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). En este volumen se incluyen tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos (debajo de 1,3 kg dm^{-3}) indican generalmente una condición porosa del suelo, mientras que valores de densidad altos son señas de compactación y aireación reducida que disminuyen la capacidad de infiltración del agua, acarreando problemas de erosión por la escorrentía[14]. ***Cómo analizarlo dentro de la finca:*** Existen diferentes métodos para determinar la densidad aparente del suelo. Uno de ellos consiste en obtener un volumen de suelo conocido, secarlo para remover el agua y pesar la masa seca resultante. Otro método difundido consiste en utilizar un cilindro metálico para obtener una muestra de suelo de volumen conocido sin disturbar la estructura natural del suelo, y después determinar la masa seca. Mayor detalle acerca de métodos para determinar la densidad aparente se puede localizar en la Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (USDA).

Paso 2. Identificación de zonas con mayor riesgo de erosión potencial:

En la actualidad se cuenta con diferentes modelos para predecir e identificar los sitios con mayor riesgo de erosión dentro de un área determinada, los cuales integran diferentes variables para determinar la pérdida potencial de suelo y pueden

7 Prácticas de manejo y conservación de suelos en el cultivo de banano. Augura, 2010./ Predicción de la erosión. Conicet 2011.

8 AQUASTAT es el sistema de información global sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural, desarrollado por la División de Tierras y Aguas de la FAO. Su principal objetivo es el de suministrar a los usuarios información sobre el estado de la gestión del agua en el sector rural en diferentes países, incluyendo bases de datos, información geoespacial, mapas, y otros.

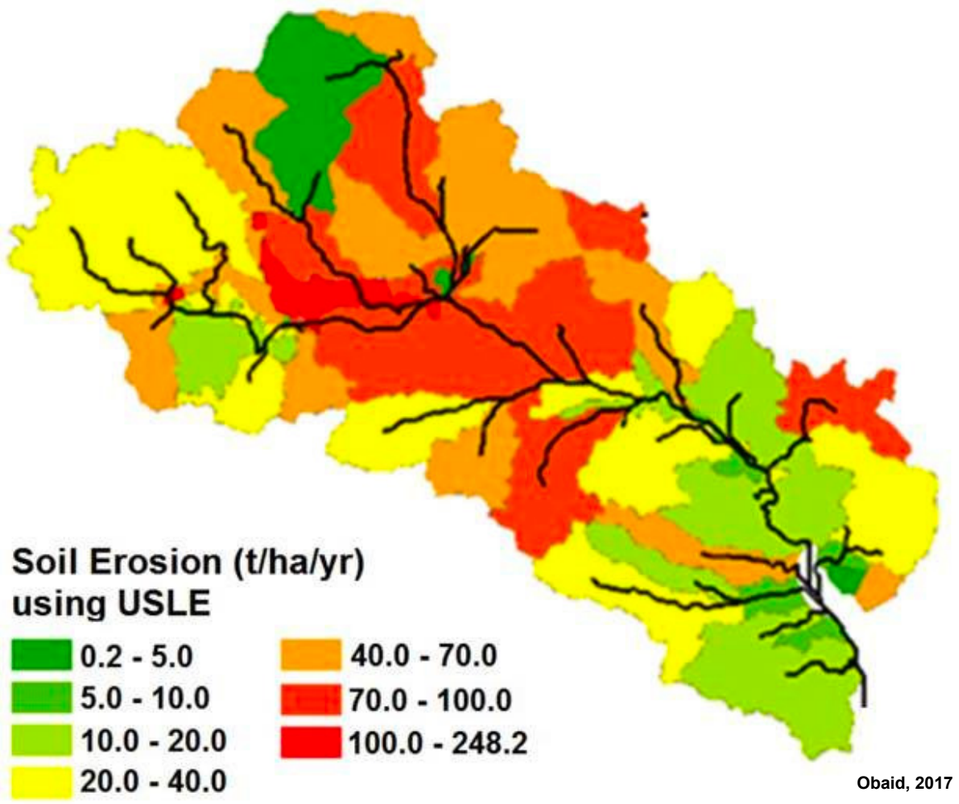
9 Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. Cenicafe, 2010

10 Ver ficha #30 "Mapas de Sostenibilidad". QGIS cuenta con guías de usuario para la generación de mapas de pendientes en SIG.

ser representados espacialmente por medio de Sistemas de información Geográfica, logrando una aplicación mucho más eficaz. Uno de los modelos más utilizados para proyectar la perdida de suelos por erosión hídrica es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE[14]), la cual toma en cuenta seis diferentes factores:

Ecuación USLE
A=R x K x L x S x C x P

(A) perdida de suelos promedio, por el periodo de tiempo representado por R "generalmente un año".
(R) potencial erosivo de la lluvia
(K) susceptibilidad de erosión del suelo
(L) largo de la pendiente
(S) magnitud de la pendiente
(C) cubierta y manejo de cultivos y residuos
(P) prácticas de conservación



Obaid, 2017

La aplicación de este método dependerá de las condiciones particulares presentes en cada finca, por lo cual es recomendable apoyarse en personal técnico que cuente con las competencias necesarias en el área agronómica; así como consultar diferentes fuentes bibliográficas[15] en donde se explica a detalle la interpretación de los factores mencionados. En este sentido, la Universidad Tecnológica de Hamburgo (TUHH), como parte de su proyecto RUVIVAL, desarrolló diferentes herramientas de libre acceso, entre ellas la Calculadora de Erosión del Suelo, basada en la Ecuación USLE.

Paso 3. Identificación de áreas erosionadas:

Para localizar las áreas afectadas por la erosión dentro de la finca se recomienda realizar recorridos para identificar visualmente la aparición de pedestales, terracetas, exposición de raíces, surcos o cárcavas, rasgos que podrían presentarse tanto de manera independiente como de forma simultánea debido a la acción erosiva del agua y viento. En este punto es importante utilizar la información recopilada en el paso 1 de este documento, para priorizar la ejecución de recorridos sobre aquellos sitios que podrían tener mayor susceptibilidad a la erosión según las características de topografía, cobertura vegetal, contenido de materia orgánica, textura y densidad aparente del suelo, elaborando mapas que ayuden a la ubicación y posterior control de estas secciones erosionadas.

Fenómenos presentados en suelo debido a la erosión por agua y viento[16]:

a. Pedestales:

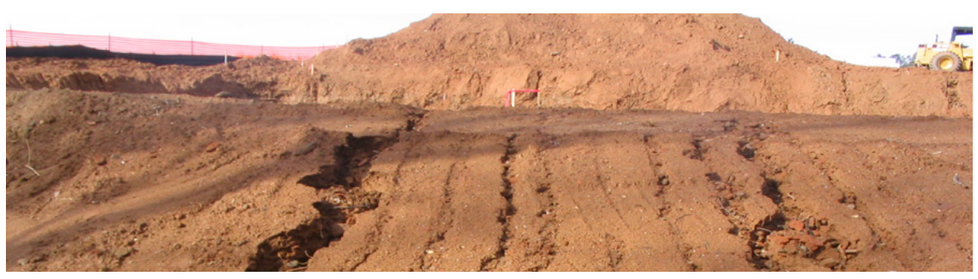
Un pedestal es una porción de suelo protegida del impacto de las gotas de la lluvia por una superficie dura, como una piedra, un tronco seco, una raíz o algún otro material que la protegió de la erosión. Su altura permite deducir la profundidad aproximada de suelo que se ha erosionado.

b. Terracetas:

Las terracetas son desniveles que se presentan en una ladera, ocasionadas por la compactación del suelo, principalmente por paso de maquinaria o animales. Cuanto más pendiente tengan los suelos son mayormente susceptibles a este fenómeno.

c. Surcos.

Los surcos son canales, con una profundidad inferior a 20 centímetros. Generalmente se encuentran alineados a la pendiente principal. Son resultado del escurrimiento de agua durante varias temporadas, y en general, se presentan en áreas donde el suelo está poco cubierto o desnudo. Son considerados un tipo de erosión severa.



d. Cárcavas.

Una cárcava es una depresión profunda, mayor a 30 cm, causada por un flujo concentrado de agua que puede formar un barranco en una ladera. Las cárcavas tienen formas distintas, a veces son muy profundas y angostas, otras veces pueden ser anchas y poco profundas.

11 Ver ficha #5 "Control de arvenses por métodos no químicos"
12 La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. INIA, 2018.
13 Guía para la descripción de suelos. FAO, 2009.
14 Predicción de la erosión de suelos. FAO, 1993

La identificación de estos rasgos permite analizar cualitativamente los efectos erosivos y estimar la cantidad de suelo que se ha perdido en un área determinada, sin embargo, es difícil conocer la temporalidad del proceso, o la tasa anual de pérdida de suelo; dato que se podría analizar mediante métodos de medición y monitoreo[16]. Esto incluye el uso de instrumentos o herramientas de medición en sitio, tales como: trampas de sedimentos, transecto de cárcavas, perfil de suelos y valoraciones de daño utilizando el SIG, entre otros[17].

Uno de los métodos de mayor uso debido a su simplicidad desde la instalación hasta la toma de datos corresponde al de "clavos y rondanas" o "pines de erosión"[17]. En sí, este método consiste en el uso de clavos o varillas enterradas en la superficie para medir la lámina de suelo que es erosionada. Las varillas pueden instalarse en cualquier pendiente y terreno con materiales reutilizables, de fácil instalación y lectura de datos por parte de la persona productora. Para esto se utilizan varillas de hierro liso de 50 cm de largo (con protección en la parte superior para efectos de seguridad del personal), en las cuales se marca al centro de la varilla (25 cm) un anillo rojo de aproximadamente 10 cm de ancho. La varilla marcada es introducida en la tierra hasta la marca de los 25 cm, de manera que la parte inferior del anillo toque ligeramente la superficie. Cada 5 metros se colocan las varillas formando un transecto, para medir de esta forma los milímetros de pérdida de suelo con base en la marcación realizada.

TEC, 2018

La cuantificación de resultados se realiza utilizando la formula: **P = H x A x DAP**. Donde: P= pérdida de suelo, H= altura de la lámina pérdida, A= área medida y DAP= densidad aparente (la cual debe ser determinada por la persona productora, según se explicó en el Paso 1). Con esto se obtiene la pérdida total de suelo en el área de estudio.
En el ejemplo (ver figura 1) la estaca del centro muestra que el suelo se encuentra por debajo de la marca, es decir, ha habido un proceso de erosión, mientras que la derecha indica que el nivel del suelo está sobre la marca, es decir, hay un proceso de sedimentación que también es resultado de la erosión y el arrastre de material hacia este sitio.
Para complementar el análisis de los resultados, la persona productora debe tomar en cuenta los registros de las precipitaciones que se dieron en el período que duró la investigación y correlacionarla con la cantidad de suelo perdido.

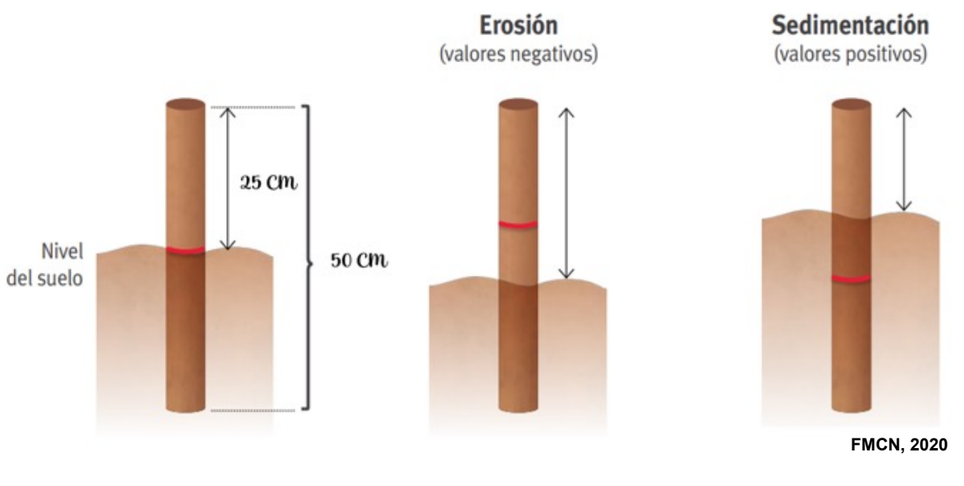


Figura 1. Ejemplo de uso de pines de erosión

Paso 4. Identificación y análisis de causas de la erosión existente:

Para identificar las causas reales de la erosión es importante comprender las interacciones entre diferentes elementos y procesos en finca relacionados con el uso y manejo de suelo, incluyendo patrones tecnológicos, sistemas de producción y condiciones propias del entorno. Para esto es necesario utilizar los datos de erosión real y potencial (Paso 2 y 3) y relacionarlos con factores climáticos y edáficos relevantes (Paso 1), y así poder identificar las relaciones entre componentes de los sistemas de producción y la erosión existente[18].

Por ejemplo, una finca de producción de banano ubicada en Colombia desarrolló un mapa de zonas de riesgo de erosión en donde se incluyeron los lotes 2 y 3, los cuales presentan mayormente suelos arcillosos con muy escasa cobertura. Durante el 2022, se identificaron cárcavas prominentes en los dos últimos cables del lote 3, así como una importante cantidad de sedimentos en el canal primario; sin embargo al analizar posibles causas de erosión, se determina que durante ese año el nivel de precipitación fue bajo, razón por la cual se utilizó el sistema de riego por un periodo más prolongado de lo usual; sistema al cual se adaptó un equipo móvil de gran cañón (con un mayor consumo de agua). Por otro lado, en ese sector se eliminó una cortina rompevientos que estaba generando un exceso de sombra en el cultivo y dificulta la actividad de fumigación vía aérea.

Ejemplo de sistema gran cañón en finca de banano

15 La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. Universidad Politécnica de Valencia, 2005/ Manual del Usuario INTA-USLE Software de Erosión Hídrica. INTA, 2015.
16 Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales. FMCN, 2020.
17 Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. PASOLAC, 2005.
18 Planificación de la conservación de suelos. MAG, 1994

Conclusión: En este caso el equipo técnico identifica que la erosión se ha incrementado por efecto de la escorrentía causada por el sistema de gran cañón el cual es poco eficiente, generando arrastre de suelo por las condiciones propias presentes en el lote, como poca cobertura y suelos arcillosos; sin dejar de lado un mayor impacto por viento en el sector, por la corta de la barrera.

Otras causas que provocan la erosión de los suelos[19]:

- Quemas realizadas para incrementar temporalmente la disponibilidad de nutrientes.
- Destrucción de bosques para expandir la frontera agrícola y alteración de zonas de protección junto a fuentes de agua.
- Eventos externos como inundaciones.
- Uso excesivo de herbicidas y fertilizantes.
- Arado permanente de la tierra y prácticas de roza, dejando el suelo desnudo, deteriorando la estructura del suelo.
- Manejo inadecuado de las aguas de riego, drenajes deficientes y uso de aguas no aptas para riego.
- Sobreexplotación del suelo, construcciones y movimientos de tierra sin estudios de impacto.

Es importante identificar cuál o cuáles de estos elementos generales son causales de los procesos erosivos presentes en la finca, para posteriormente caracterizar los agentes o situaciones particulares que provocan dicha situación. Se recomienda realizar este análisis conformando dentro de la finca un equipo integral que considere la participación de técnicos, coordinadores y personal encargado de mantenimiento, lo cual permitiría analizar los diferentes puntos de vista en torno a las causas de la erosión y diseñar planes de intervención efectivos.

Paso 5. Diseño de un plan de intervención:

El plan de intervención, debe incluir las actividades específicas a ser implementadas (*Ver paso 6*), el presupuesto y cronograma, responsables, plazos, recursos necesarios para la ejecución y métodos a utilizar para dar seguimiento a las actividades. Es importante considerar que el plan debe responder no solo a las causas generadoras de erosión sino también a las consecuencias identificadas durante el análisis; en este sentido algunos lineamientos[20] que la persona productora debe considerar para un manejo integrado de suelo, se citan a continuación:

- Aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, mejorando las condiciones físicas (estabilidad estructural de los agregados y porosidad del suelo) y favoreciendo las tasas de infiltración y retención de humedad.
- Eliminar la presencia de capas endurecidas (primeros 100cm de suelo) cuando la compactación es severa.
- Propiciar un ambiente ideal para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos del suelo.
- Garantizar un adecuado flujo de aguas freáticas y superficiales.
- Reducir el escurrimiento superficial.
- Reducir los costos de producción y mantenimiento en la finca.
- Incrementar la fertilidad y productividad de los suelos.
- Reducir la contaminación ambiental y del suelo.

Paso 6. Implementación de prácticas de conservación de suelos:

A continuación, se enlistan una serie de prácticas de conservación de suelos[21] que podrían ser implementadas en fincas de producción de piña y banano, como parte del plan de intervención diseñado por la persona productora.

Práctica	Banano	Piña
Siembra en contorno o curvas de nivel		✔
Acequia o zanjas a nivel		✔
Uso de coberturas vegetales	✔	✔
Uso e incorporación de residuos del cultivo en el suelo	✔	✔
Aplicación de abono orgánico y compost	✔	✔
Fraccionamiento o movimiento manual del suelo	✔	
Construcción de drenajes y canales	✔	✔
Protección y estabilización de taludes	✔	✔
Construcción de gavetas de sedimentación o infiltración		✔
Uso de cortinas rompevientos o barreras vivas	✔	✔
Manejo eficiente del riego	✔	✔
Labranza mínima	✔	✔

Siembra curvas de nivel- Movaba, 2021

Cobertura vegetal- Varcli, 2021

19 Prácticas de manejo y conservación de suelos en el cultivo de banano. Augura, 2010.
20 Prácticas de manejo y conservación de suelos en el cultivo de banano. Augura, 2010.
21 Basadas en consulta técnica y diversas fuentes bibliográficas de instituciones: IICA, Augura, INTA, FAO, TEC, FMCN, IICA, PASOLAC
22 Manual de trazado de curvas de nivel. INTA, 2004/ Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales. FMCN, 2020.
23 Ver ficha #3 "Reincorporación de residuos orgánicos de la cosecha al suelo- Mulch"
24 Ver ficha #2 "Abonos orgánicos líquidos y sólidos"

Siembra en contorno o curvas de nivel. Esta práctica consiste en labrar el terreno, hacer surcos y preparar las hileras del cultivo en contra de la pendiente, siguiendo las curvas a nivel. Así, cada surco, era o hilera de plantas, forma un obstáculo al agua de escorrentía sobre la pendiente, evitando que adquiera la velocidad y fuerza necesaria para generar erosión y, por ende un menor arrastre del suelo y nutrientes. Lo cual facilita otras labores del cultivo y evita la formación de surcos y cárcavas, actividad relevante para fincas de producción de piña. Para esta práctica es importante consultar manuales[22] de trazado de curvas de nivel y buscar ayuda técnica para su aplicación.

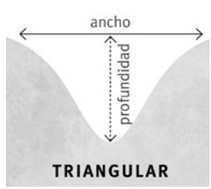
Acequias o zanjas a nivel. Son canales que se construyen a nivel, en dirección transversal a la pendiente, para retener, conservar y ayudar a infiltrar el agua de lluvia que cae sobre las laderas. Por esta razón se recomiendan para zonas con baja precipitación lluviosa. Cada zanja requiere la siembra de barreras vivas en el borde superior de su estructura, para que el agua de escorrentía, el suelo erosionado y otros sedimentos arrastrados por la lluvia no la destruyan. Cuando sea necesario, al final de cada acequia se pueden abrir pozos para infiltración de los excedentes de agua.

Uso de coberturas vegetales. La vegetación de cobertura se utiliza para proteger el suelo contra la acción directa de las lluvias, controlando la erosión laminar, ayudando a disminuir la lixiviación y la sedimentación hacia drenajes y cuerpos de agua. Asimismo, la presencia de cobertura sobre el suelo mejora las condiciones físicas (densidad, estructura, humedad y permeabilidad) y aumenta la micro y macrofauna. En las fincas agrícolas se pueden utilizar como cobertura especies nativas fijadoras de nitrógeno que no generen competencia por nutrientes, problemas de drenaje y proliferación de raíces y enraizamiento superficial, entre otros. Es recomendable el realizar control mecánico de coberturas, evitando el uso de herbicidas.

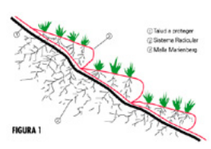
Uso e incorporación de residuos del cultivo en el suelo.[23] El principal objetivo de esta práctica consiste en aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo, mejorando las condiciones estructurales, favoreciendo la infiltración y reduciendo la escorrentia. Para fincas de banano es importante una correcta y homogénea distribución de los residuos del cultivo sobre el suelo (hojas, pseudotallos, raquis o vástagos) de forma tal que la superficie quede cubierta con estos materiales. En piña, para el manejo del rastrojo, se puede trabajar mediante compostaje o mediante la técnica de eliminación en verde sin uso de herbicidas, utilizando maquinaria agrícola para la incorporación al suelo.

Aplicación de abono orgánico y compost.[24] El compost es el producto estabilizado que se obtiene de la descomposición biológica de materiales orgánicos frescos, incluyendo residuos animales y vegetales. Ayuda a mejorar las condiciones físicas de los suelos (estructura y porosidad), incrementando la aireación y favoreciendo la infiltración y percolación, lo cual reduce la rapidez con la que se genera la escorrentía superficial. Asimismo, conforme aumenta la descomposición de los residuos vegetales incorporados, se aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, mejorando la densidad, la retención de la humedad y reducción del impacto de las gotas de lluvia al actuar como una cobertura sobre este, ayudando a evitar también la erosión por viento.

Fraccionamiento o movimiento manual del suelo. La implementación de esta técnica es recomendable cuando la compactación del suelo es severa (densidad aparente alta). La acción de fraccionar y romper los agregados, permite descompactar el suelo, ayudando a aumentar la porosidad, incrementar la infiltración, mejorar la capacidad de enraizamiento y de retención de humedad del suelo. Para su ejecución se requiere utilizar una herramienta denominada "trincho" (herramienta metálica provista de varias agujas) con, la cual se penetra el suelo entre los 30 y 40 cm de profundidad después de haberle aplicado fuerza manual de forma homogénea. Es de suma importancia considerar que la aplicación de esta práctica únicamente es recomendable en suelos de texturas medias. No es aconsejable implementar el fraccionamiento en suelos de textura liviana tales como arenosos, franco arenosos y limosos, ya que la estabilidad estructural de los suelos con tales tipos de texturas es muy baja, por lo que el fraccionamiento de la estructura podría provocar una alta susceptibilidad a la erosión. Asimismo, una vez que el suelo ha sido fraccionado, es necesario implementar medidas inmediatas de protección (tales como la aplicación de abonos orgánicos e incorporación de coberturas vegetales), para evitar que las capas descubiertas de suelo sean lixiviadas por efecto del agua.

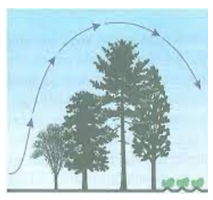


Construcción de drenajes y canales. La construcción de sistemas de drenaje a través de canales pretende eliminar o evacuar el exceso de agua presente en la superficie y el interior del cultivo, ya que el exceso de humedad afecta a su vez el crecimiento y desarrollo del cultivo. La planificación del sistema de drenajes debe considerar propiedades físicas del suelo cultivo.



Protección y estabilización de taludes. Los taludes de los canales de drenaje suelen ser puntos de alta probabilidad de erosión, debido a sus características topográficas y a que comúnmente para su construcción suelen quedar desprovistos de capa vegetal. Por tal razón, es importante implementar prácticas de protección con coberturas naturales, geotextiles o muros de contención, de forma tal que se reduzca al mínimo la pérdida de suelo y sedimentación.

Construcción de gavetas de sedimentación o infiltración. Las gavetas de infiltración, son fosas rectangulares, construidas en la base de los canales, distanciadas una de la otra entre 10 a 20 metros. El largo de estas gavetas varía entre 50 y 100 centímetros, así como con una profundidad entre los 20 y 30 centímetros. La función de estas estructuras también es la de frenar la velocidad de escorrentía dentro de los canales, así como favorecer (en el tiempo) la capacidad de la infiltración de las aguas a través del perfil del suelo; siendo esta una práctica aplicada en la



Uso de cortinas rompevientos o barreras vivas[25]**.** Las cortinas protectoras son hileras de plantas perennes, nativas y de crecimiento denso, sembradas alrededor del perímetro de la finca, a orillas de caminos públicos o vías internas, que tienen el objetivo de cortar o reducir la velocidad del viento, evitando afectación al cultivo por corrientes fuertes de aire y erosión eólica. Estas deben ser sembradas de forma perpendicular a la pendiente del terreno o a la dirección del viento, con la finalidad de reducir el poder erosivo. Es importante considerar el mantenimiento de estas especies a partir de una poda de control lateral de forma tal que su protección continúe, pero no impida o afecte las prácticas de producción dentro de la finca.

25 Ver ficha #11 "Barreras naturales en áreas de actividad humana"

26 Ver ficha #7 "Labranza de bajo impacto"

Manejo eficiente del riego: El uso y manejo eficiente del riego es un factor imprescindible para la protección del suelo contra la erosión. Un manejo eficiente implica aplicar la cantidad de agua necesaria para el desarrollo óptimo del cultivo, teniendo en cuenta las necesidades hídricas, la precipitación, la evapotranspiración, el tipo de suelo, la velocidad de infiltración, la profundidad radicular del cultivo, la profundidad efectiva de los suelos y la topografía. La aplicación de una cantidad de agua superior a las necesidades según los aspectos mencionados anteriormente podría provocar encharcamiento, y por ende una posible movilización de agua superficialmente, lo cual en muchas ocasiones es factor importante de erosión dentro de la finca.

Labranza mínima[26]. La labranza mínima o mínimo movimiento del suelo consiste en intervenir lo menos posible el suelo al momento de cultivarlo, de tal manera que no se interfiera en los procesos naturales que se desarrollan en él. La aplicación de esta práctica, conlleva diferentes beneficios, tales como: la protección de la humedad en el suelo debido al aumento de infiltración y reducción de evaporación, protección de la estructura del suelo, la no interrupción de los drenajes y la estimulación de la actividad biológica.

Paso 7. Seguimiento de la efectividad de las prácticas implementadas:

El seguimiento al plan de intervención diseñado es crucial para confirmar el grado de efectividad en los resultados; considerando que más allá de asegurar que las actividades planificadas han sido ejecutadas, es de mayor relevancia determinar el nivel de impacto real de las prácticas en la conservación de suelos de la finca. Para lo cual, la persona productora, debe tomar en cuenta los métodos de medición de erosión sugeridos en el paso #3, realizando un seguimiento periódico de los niveles de pérdida de suelo en comparación con análisis previos.

Indicadores de desempeño

- Kg de pérdida de suelo por hectárea al año
- # de prácticas de conservación de suelos implementadas
- Datos de productividad incrementados (en porcentaje) posterior a la implementación de las prácticas de conservación de suelos.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno*: Personal capacitado.
- *Externo*: Agrónomo especialista en suelos

Referencia de Costos:

- Variable según la práctica seleccionada y el país o región aplicable. Como referencia según estudios del CATIE[27]:
- $370 por el establecimiento de drenajes o canales (considerando canales con longitudes de 50 a 100 m lineales).
- $45 para el establecimiento de 100 m de barreras rompevientos con material vegetativo (estacas) de la misma finca.
- $255 (USD) en incorporación de MO por hectárea (incluyendo mano de obra).
- Para el manejo de residuos vegetales de piña reincorporándolos al suelo por medio de maquinaria agrícola se estima un costo que va de $ 1.600 a $2.400 $/por hectárea[28].

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La erosión causada por fenómenos naturales e intensificada por gestiones inadecuadas a nivel agrícola conlleva una serie de problemas que repercuten directamente en la producción de la finca. Esto genera la necesidad de implementar prácticas de conservación de suelos que permitan a la persona productora disminuir impactos, conservar el recurso suelo y generar beneficios a nivel ambiental y económico.

Casos de éxito

Heart Green es una finca de producción de piña ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Pital, provincia de Alajuela, la cual exporta en socio con la empresa Nicoverde. La finca presenta una extensión de 116,51 hectáreas, de las cuales 48,13 están dedicadas a la producción de piña fresca; adicionalmente mantienen 35,9 hectáreas en zonas boscosas, la mayoría bajo el esquema de pago de servicios ambientales (PSA).

La administración de finca mantiene un programa de conservación de suelos, el cual incluye diversas actividades tales como:

- Preparación de camas de siembra siguiendo las curvas de nivel.
- Conformación de canales con ceniceros o gavetas para recuperación de sedimentos.
- Colocación de sacos con arena y siembra de hijos de piña a lo interno de los canales de drenaje que superan el 2% de pendiente, con el objetivo de disminuir la velocidad de la escorrentía superficial, presente en la época lluviosa, con un costo aproximado de $55 por hectárea.
- Uso de coberturas como vetiver y king grass morado para el desarrollo de barreras en áreas periféricas al cultivo, lo cual disminuye erosión y controla deriva química, aunque la mayor parte de los productos fitosanitarios utilizados son orgánicos o biológicos.
- Reincorporación de rastrojo

Heart Green pretende así conservar el suelo y con ello sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, que son la base para una producción sustentable en el tiempo.

27 Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. CATIE, 2017.

28 Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (Ananas comosus) en Costa Rica. UNED, 2018

Casos de éxito

Finca Olga es una unidad de producción de banano de 48 hectáreas, ubicada en el Corregimiento de Orihueca, Municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. Olga comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A. y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además, cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

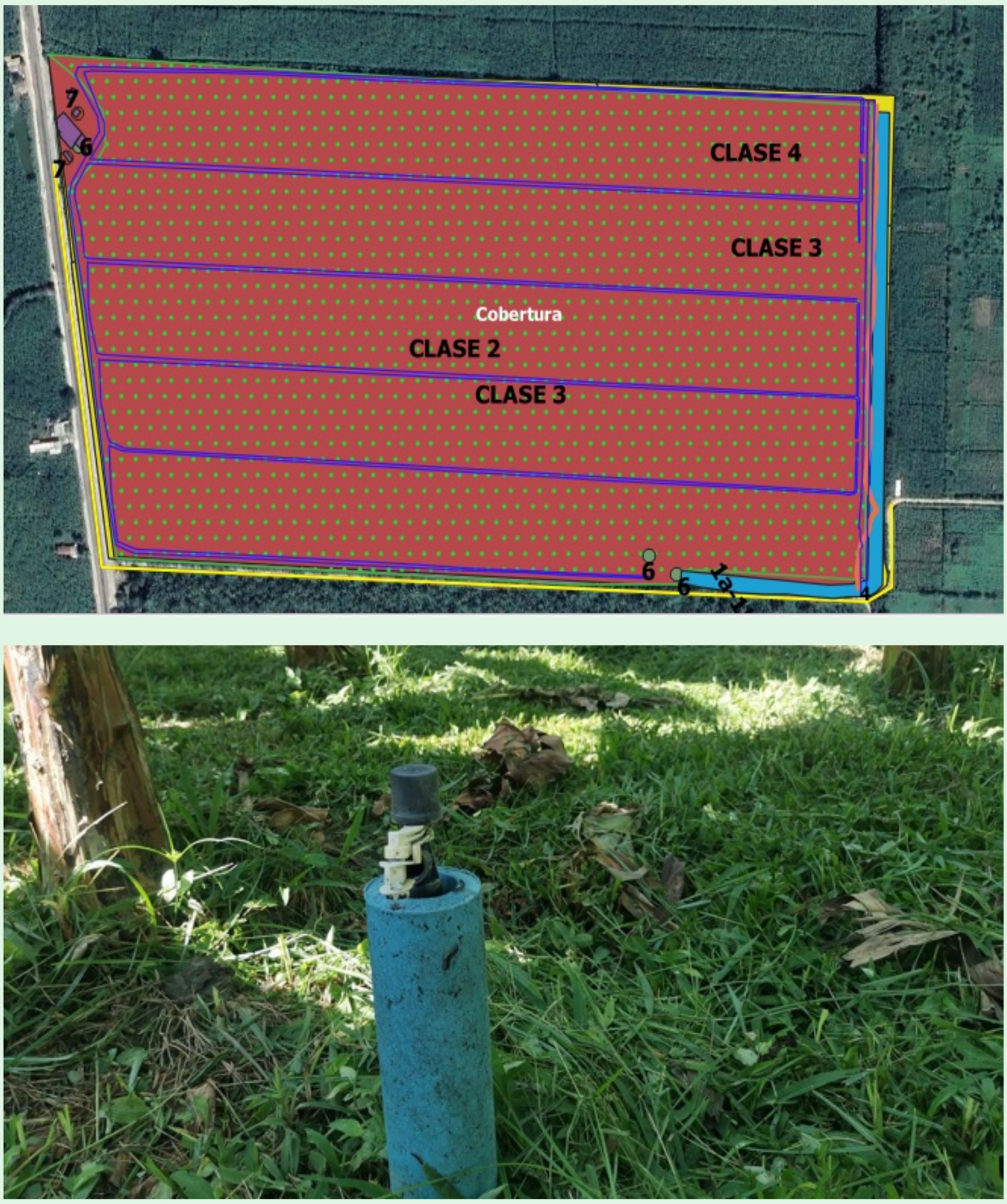
La finca se localiza en un área con una precipitación promedio anual entre 900mm y 1.500mm[29], razón por lo cual la actividad de irrigación es necesaria durante todo el año y la conservación de la cobertura vegetal es una prioridad para mantener la humedad necesaria que requiere el cultivo.

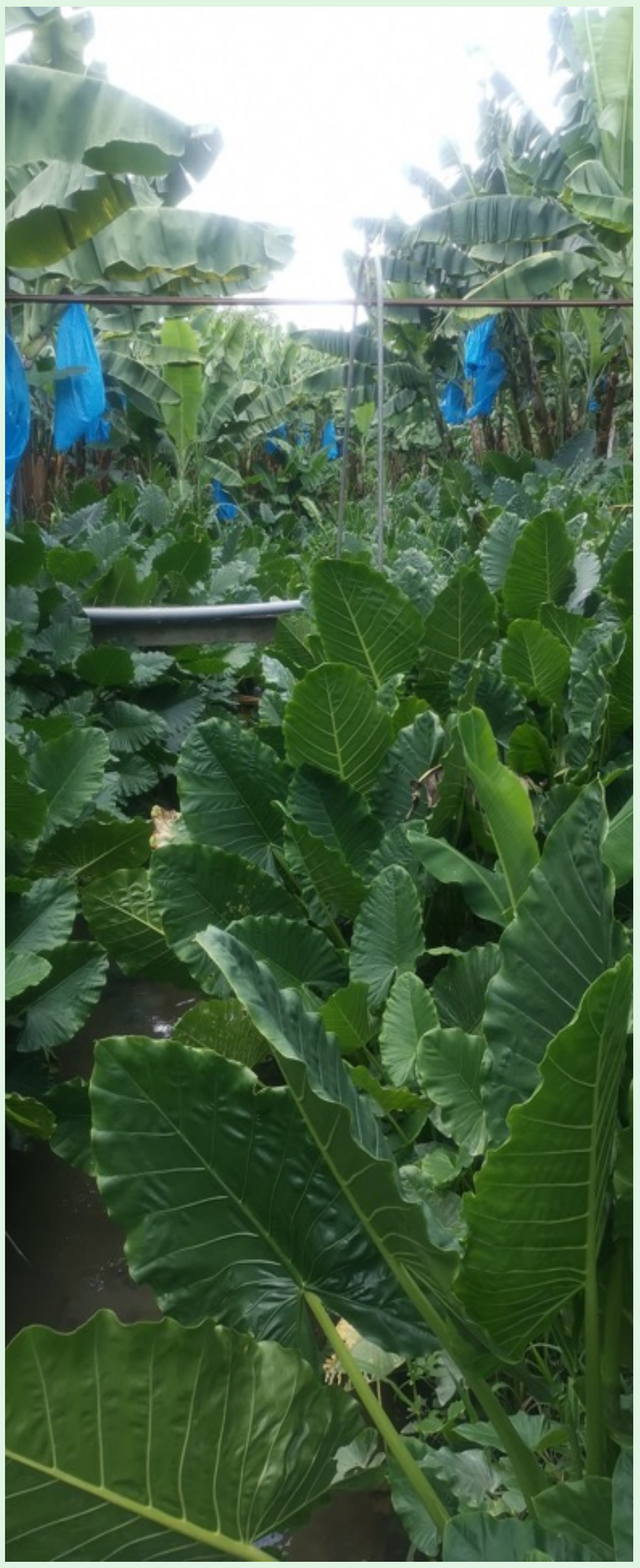
Desde el año 2020 la administración de finca eliminó la aplicación de herbicida para el control de arvenses, priorizando el uso de métodos manuales y mecánicos; lo cual ha permitido mantener una cobertura vegetal uniforme en toda el área de cultivo en donde predominan la commelina (*Commelina sp.*), la oreja de ratón (*Geophila sp.*) y a lo largo de la red de canales primarios, donde se han sembrado plantas herbáceas de hoja ancha como la mafafa (*Xanthosoma sp.*) que ayudan a la retención de suelo y evitan contaminación del agua por deriva química producto de fumigaciones aéreas.

En el 2022 se optimizó el sistema de irrigación, mediante el cambio de los aspersores y mejoras en los motores, disminuyendo los triángulos secos y evitando así escorrentía y pérdida de suelos hacia los canales.

La administración realiza aplicaciones de compost y deposita uniformemente los residuos orgánicos (hojas, raquis o vástagos) en las áreas de cultivo.

29 Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio Zona Bananera. 2001.


CLASE 4
CLASE 3
Cobertura
CLASE 2
CLASE 3
7
6
7
6
6



Referencias

[1] Informe del estado de los recursos del suelo en el mundo. https://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf

[2] Qué es la erosión del suelo: causas y consecuencias. https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-erosion-del-suelo-causas-y-consecuencias-1500.html

[3] Control de la erosión del suelo. https://www.iaea.org/es/temas/control-de-la-erosion-del-suelo#:~:text=Actualmente%2C%20la%20degradaci%C3%B3n%20del%20suelo,que%20m%C3%A1s%20contribuye%20a%20ella.

[4] Erosión del suelo: tipos, cómo evitarla y controlarla. Erosión Del Suelo Agrícola: Tipos, Efectos, Cómo Evitarla (eos.com)

[5] La erosividad: cualidad de la lluvia poco conocida. https://www.redalyc.org/pdf/721/72102406.pdf

[6] Erodabilidad y riesgo de erosión de suelos negros del centro de México. https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n4/2395-8030-tl-37-04-391.pdf

[7-19-20] Prácticas de manejo y conservación de suelos en el cultivo de banano. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2221/44387_57185.pdf?sequence=1&isAllowed=y / Predicción de la erosión. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/81617/CONICET_Digital_Nro.4a656fb6-a3b3-49ca-a278-3cf982f1700d_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

[9] Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/404/1/avt0400.pdf

[12] La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11480/1/sad-687-p.81-88.pdf

[13] Guía para la descripción de suelos. https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf

[14] Erosión de suelos en América Latina. https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S00.htm#Contents

[15] La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE). https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16849/AD%20USLE.pdf?sequence=1#:~:text=El%20valor%20de%20K%20de,por%20unidad%20del%20factor%20R / Manual del Usuario INTA-USLE Software de Erosión Hídrica. https://www.researchgate.net/publication/321134165_INTA-USLERUSLE_Version_20_Manual_del_Usuario_INTA-USLE_Software_de_Erosion_Hidrica_INTA-USLERUSLE_Version_20

[16-22] Manual para evaluar la erosión de los suelos en zonas forestales. https://fmcn.org/uploads/publication/file/pdf/Manual_de_Suelos_v1.5_dobles_opt.pdf

[17] Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. https://www.researchgate.net/profile/Matilde-Somarriba-Chang/publication/259952614_Manual_de_metodos_sencillos_para_estimar_erosion_hidrica/links/0deec52eac6bcdfb94000000/Manual-de-metodos-sencillos-para-estimar-erosion-hidrica.pdf

[18] Planificación de la conservación de suelos. Disponible en http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P36-5321.pdf

[22] Manual de trazado de curvas de nivel. https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENP36I59.pdf

[27] Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf

[28] Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (Ananas comosus) en Costa Rica. https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v10n2/1659-4266-cinn-10-02-455.pdf

Otras consultas:

- Metodologías de campo para determinar profundidad, densidad aparente, materia orgánica, infiltración del agua, textura y ph en el suelo. https://cenida.una.edu.ni/documentos/NP33G216m.pdf
- Degradación de suelos. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). http://www.mag.go.cr/informacion/imagenes-nama-cafe-taller/degradacion-suelos.pdf

Colaboración de Experto:
Ingeniera Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín / Email: analucia.mendez@ctfc.cat
Ingeniero Forestal. Manuel Chavarría Vargas /
Email: manuelchav_25@hotmail.com

Control de arvenses por métodos no químicos

5

Categoría A

Nicoverde, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

A

Medidas Relacionadas

4 Análisis y control de erosión
6 Cobertura vegetal viva
7 Labranza de bajo impacto
8 Optimización de plaguicidas sintéticos
12 Estimación de huella de carbono
16 Ident. control de especies exóticas invasoras
29 Sensibilización en temas medioambientales

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.5.1, 6.5.4, 6.5.6, 6.5.7

Criterio de Comercio Justo- para Fruta Fresca 2018, V2.4
Requisito: 4.4.1

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Control de arvenses por métodos no químicos

FICHA 5

Descripción de la medida

Las arvenses[1] o malezas constituyen una de las principales limitantes bióticas[2] para la producción agrícola, especialmente debido a sus características evolutivas como la alta capacidad reproductiva, potencial de colonización y diseminación en diferentes ambientes.

La definición de maleza se relaciona con todo tipo de planta que crece en donde no se desea, "plantas indeseables". En general, es un concepto que expresa nocividad; sin embargo, no corresponde a una realidad natural, ya que no existe ningún atributo morfológico o fisiológico que permita caracterizar a una especie vegetal de esta forma.[3]

En la agricultura, las arvenses pueden ocasionar diversos impactos negativos, que logran incidir directamente en la producción:

- Reducen el rendimiento del cultivo al competir por nutrientes, agua y luz, especialmente cuando hay presencia de especies que muestran características invasivas[4] y/o capacidad trepadora.
- Impactan en la calidad del producto final.
- Interfieren o retrasan las labores de cosecha, fertilización y deshija.
- Favorecen la presencia de insectos, plaga y algunas enfermedades, al actuar como planta hospedera.
- Ocasionan riesgos para la persona trabajadora por caídas o por presencia de serpientes venenosas, que utilizan estas zonas como escondite.

En el cultivo de banano, el punto crítico de las arvenses (principalmente gramíneas) en la competencia con el cultivo se presenta en la primera fase de desarrollo (hijos nuevos, siembras nuevas o renovación); ya que provocan atrasos en el crecimiento y desarrollo de la planta[5].

Estudios Técnicos[6] realizados por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Universidad de Magdalena en el 2017, identifican algunas las arvenses de importancia en el cultivo de banano, tales como: *Digitaria horizontalis, Syngonium podophyllum, Drymaria cordata, Cyperus diffusus, Commelina diffusa, Paspalum paniculatum, Sorghum halepense, Amaranthus spinosus, Erigeron bonariensis e Ipomoea sp* (Planta trepadora), entre otras.

Commelina diffusa. U Magdalena 2017

1 Se consideran como arvenses a todas las plantas superiores, que por crecer junto o sobre plantas cultivadas, perturban o impiden el desarrollo normal, encarecen el cultivo y merman sus rendimientos o la calidad. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, 2007.
2 Organismos vivos que influencian la forma de un ecosistema. Definicion.de, 2021.
3 Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el Departamento de Magdalena, Colombia. Universidad de Magdalena, 2015.
4 Ver Ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras".
5 Efectos de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano. Universidad Earth, 2003.
6 Efectos de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano. Universidad de Magdalena, 2017. /Ficha Técnica del Cultivo de Banano, CATIE, 2017.

En plantaciones de piña, un posible impacto adicional es la contaminación de la corona por semillas de algunas arvenses, especies consideradas como malezas cuarentenarias en los mercados internacionales, tales como: *Rottboellia cochinchinensis, Asystasia gangetica y Mikania cordifolia.*

Estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)[7] en 4 fincas de piña en Costa Rica, determinaron 58 especies de arvenses asociadas al cultivo, siendo las más frecuentes: *Erechtites hieraciifolius, Cyperus odoratus, Cissus verticilata, Paspalum paniculatum Momordica charanthia, Eleusine indica, Digitaria insularis Cyperus luzulae y Scoparia dulcis.*

Mikania cordifolia

A pesar de ello, no todas las arvenses son perjudiciales, por el contrario, algunas de estas especies vegetativas presentan condiciones para ser manejadas como coberturas fijas en el cultivo, ya que favorecen la conservación del suelo disminuyendo la escorrentía y por ende la erosión, ayudan a evitar la compactación, conservan la humedad, aportan materia orgánica favoreciendo la captura de carbono en suelo, reciclan nutrientes y fijan nitrógeno, entre otros beneficios. Razón por la cual, es importante poder determinar dentro de este amplio grupo denominado malezas, cuáles pueden ser utilizadas como coberturas benéficas[8].

Para lograr un apropiado manejo de arvenses, se requiere conocer las diferentes técnicas y métodos a ser utilizados en cada situación, teniendo en cuenta la menor afectación ambiental y laboral posible, **eliminando el uso de herbicidas** como parte de la estrategia de control. En este sentido, estudios[9] indican que la dosis y frecuencia de uso de un herbicida, expone a la población de arvenses a una presión de selección con el consecuente aumento en el número de individuos resistentes[10].

Adicionalmente, deben valorarse otras condiciones como la dinámica de las poblaciones de malezas en los cultivos, la capacidad de persistencia de las especies presentes, los recursos disponibles, la inversión económica y las normas de seguridad; aspectos que serán desarrollados en la sección de metodología para la implementación de esta medida.

Beneficios en la implementación de la medida

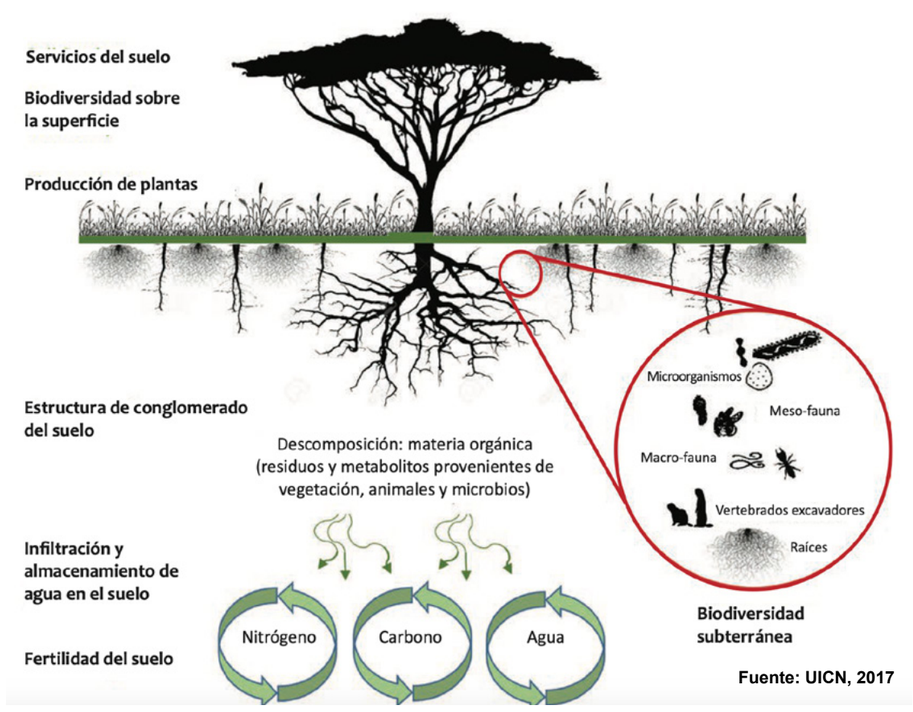
Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático.

- Disminuye los riesgos de contaminación del recurso hídrico y la afectación del ciclo de vida, crecimiento y reproducción de las especies que se encuentran en ecosistemas cercanos, mediante la eliminación de prácticas de control químico de arvenses.
- Favorece la protección de mamíferos, aves y diferentes especies polinizadoras que se desplazan, alimentan o anidan a nivel del suelo, en zonas periféricas o bien a lo interno del cultivo; así como de anfibios, reptiles y peces que utilizan canales de drenaje o reservorios de agua en áreas de producción de piña y banano.
- Ayuda a mantener los reservorios de carbono en suelo al seleccionar y propagar coberturas benéficas que a su vez propician la generación e incremento de materia orgánica, entre ellas leguminosas, que también son especies fijadoras de nitrógeno.

Programa de Expansión de Oreja de Ratón “Geophila sp” Finca Elba (No uso de Herbicidas), Dole Ecuador 2020.

Beneficios para la persona productora:

- Favorece la conservación del suelo, evitando su compactación y ayudando a reducir los procesos erosivos en áreas productivas y en taludes de canales de drenaje.
- Un adecuado y oportuno control de arvenses, también incide directamente en la eficiencia de los fertilizantes aplicados, en el crecimiento del cultivo y en los rendimientos de la cosecha[11].
- Facilita a la persona productora la implementación de prácticas de selección de especies de cobertura benéfica[12], que permiten con el tiempo generar una capa vegetal uniforme en el cultivo, ayudando a mantener la humedad, especialmente en zonas con climas muy secos.



Biodiversidad del suelo y carbono orgánico en suelos

7 Reconocimiento taxonómico de arvenses y descripción de su manejo, en cuatro fincas productoras de piña (Ananas comosus l.) en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, 2007.
8 Ver Ficha #6 “Cobertura vegetal viva”.
9 The Current Status and Environmental Impacts of Glyphosate-Resistant Crops: A Review. Journal of Environmental Quality, 2006
10 La Base de Datos Internacional de Malezas Resistentes a Herbicidas “Weedscience.org”, reporta 266 especies de malezas resistentes a 164 herbicidas en al menos 95 diferentes cultivos (incluyendo algunas identificadas en cultivos de banano como, por ejemplo: Paspalum paniculatum, Amaranthus spinosus y Sorghum halepense. Búsqueda Consulta 2023)
11 Pérdidas potenciales de rendimiento en cultivos por efectos adversos ocasionados por malas hierbas representan alrededor del 34% Journal of Agricultural Science, 2006.
12 Ver Ficha #6 “Cobertura vegetal viva”

- Brinda opciones de manejo de arvenses que facilitan tanto la eliminación de costos por control químico y los riesgos asociados, como también la reducción y estabilización (con el tiempo) de los ciclos de control mecánico o manual de malezas como resultado de la proliferación de coberturas fijas.
- Promueve la eliminación del uso de herbicidas, productos químicos sobre los cuales hay una alta presión por parte de organismos y normas internacionales, ya que generan resistencia en algunas especies de arvenses, ocasionan contaminación del agua y del suelo, y afectan la salud de los y las trabajadoras.
- Propicia la formación de sumideros de carbono orgánico en suelo *(práctica integral de una agricultura de conservación)* que además es una variable a ser considerada para la reducción de huella de carbono de la finca, al constituirse en áreas de remoción directa de Gases de Efecto Invernadero "GEI".
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance.

Metodología de implementación de la medida

La metodología de control cultural y mecánico de arvenses "malezas" dependerá del tipo, abundancia y agresividad de las especies presentes en la finca. De esta forma, y teniendo en cuenta variables como recursos disponibles, estrategias de manejo y condiciones climáticas, se recomienda a la persona productora tener en cuenta los siguientes pasos para la implementación adecuada de un plan de Manejo Integrado de Malezas "MIM".

Paso 1. Identificación de malezas

El primer paso es la caracterización de la comunidad de plantas asociadas al cultivo, siendo esta una herramienta requerida para poder tomar de manera apropiada decisiones de manejo y control de malezas.

En este sentido es necesario considerar:

- La elaboración de un inventario base respaldado por un especialista[13] o bien desarrollado a través de la consulta de estudios de vegetación en áreas de banano y piña, que permitan mediante un ejercicio comparativo en campo, la identificación visual de malezas predominantes al menos a nivel de género[14].

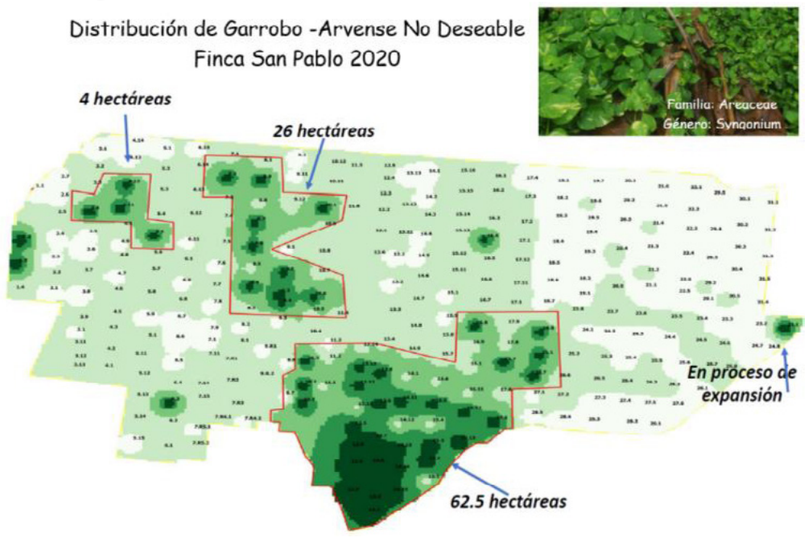


Figura 1. Mapa de finca San Pablo, CORBANA

Una correcta tipificación taxonómica es fundamental para evitar errores de manejo que puedan subestimar las medidas y tiempos de respuesta apropiados.

ARVENSES DE COBERTURA			
Ranking	Especie	Frecuencia	Promedio de cobertura
1	Oreja de ratón	299	3.2
2	Axonophus	142	1.4
3	Panicum trichoides	104	1.2
4	Peperomia pellucida	61	1.0
5	Panicum poligonatum	45	2.6
6	Alternanthera	14	1.3
7	Selaginella	13	1.0
8	Oplismenus burmanni	8	1.5
9	Murdania	3	1.0
10	Ichnanthus	3	1.7
11	Lindernia crustacea	1	1.0

ARVENSES NO DESEABLES			
Ranking	No deseables	Frecuencia	Promedio
1	Garrobo	190	1.5
2	Cissus	171	1.0
3	Conmelina diffusa	142	1.7
4	Fleura	131	1.0
5	Digitaria	130	1.7
6	Arrozón	129	1.1
7	Pata de gallina	121	1.1
8	Rivina humilis	74	1.0
9	Chayotillo	71	1.0
10	Pato	67	1.0

Inventario de Arvences Benéficas y No Deseables, Finca San Pablo, 2022.

El diseño de un mapa que incluya, a partir de los inventarios, los tipos de malezas más abundantes en cada sitio de interés (parcela o lote, vías internas, canales, áreas periféricas a ecosistemas, entre otros) según el cultivo. Georreferenciándolas en el mapa de arvenses benéficas o de cobertura y de arvenses no deseables. (ver ejemplo en figura 1).

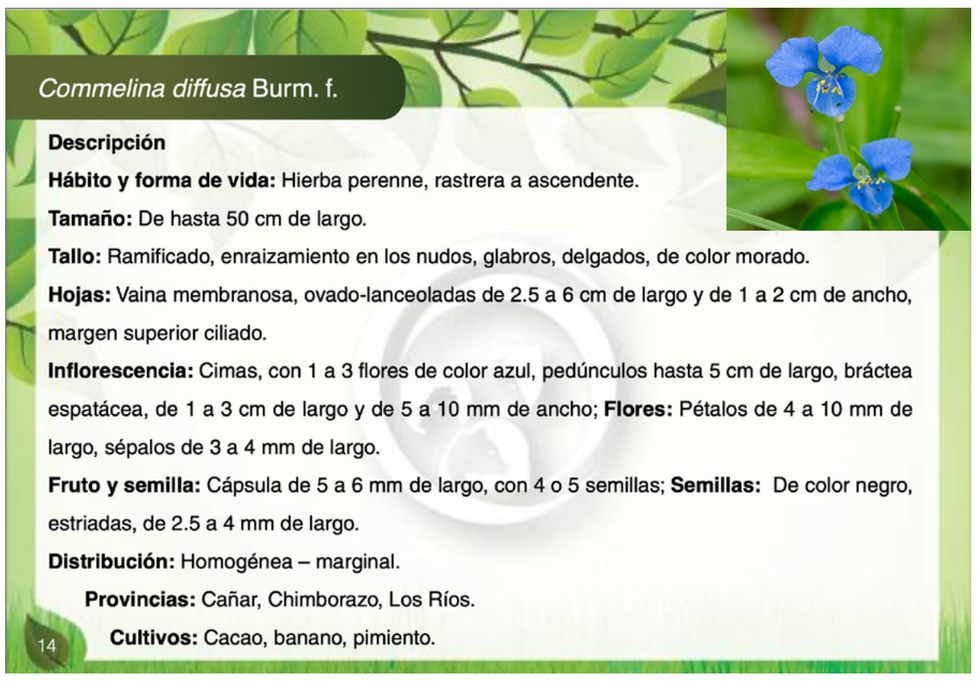
Paso 2. Determinación de las características biológicas y ecofisiológicas[15] de las especies de malezas prevalentes en el cultivo.

Los inventarios brindan a la persona productora una lista de referencia general, la cual debe complementarse con un registro de las características de cada especie, que permita ampliar y conocer más a detalle las condiciones particulares:

- Descripción general: Como el tamaño de la planta, tallos, hojas, inflorescencia, frutos, semillas, otros.
- Ciclo de vida y hábitos de crecimiento[16], fundamental para determinar los estadios más vulnerables y las épocas de aparición de las malezas en el campo.
- Medios de propagación, aspectos fisiológicos de la germinación de semillas y de la reproducción vegetativa.
- Efectos competitivos de las especies, incrementados por cambios climáticos como sequía o alta precipitación. Teniendo en cuenta que las malezas causan la mayoría de los daños a los cultivos durante ciertas etapas del crecimiento, lo cual se denomina **período crítico de competencia**; momento en donde la persona productora debe realizar controles eficientes y oportunos para prevenir posibles pérdidas de cosecha o bajos rendimientos. En cultivos de piña, esta condición toma especial relevancia 24 semanas previo a la cosecha[17].

13 Botánico o Agrónomo especialista en mal-herbología. Como complemento se pueden consultar guías de identificación de plantas, inventarios, bases de datos nacionales e internacionales, páginas web como referencia: Costa Rica, Ecuador, Colombia, Paraguay, Argentina, PlantNet.
14 El género: agrupa a especies relacionadas entre sí por medio de la evolución. Microbiología.net, 2020.
15 La ecofisiología vegetal comprende los conocimientos relacionados con el funcionamiento de las plantas en el contexto de las condiciones ecológicas concretas en que viven (características del suelo, el clima, la competencia con otras especies). Universitat de les Illes Balears, 2023.
16 Hábito de crecimiento (herbáceas, arbustivas, enredaderas o lianas).
17 Directriz para el Manejo de Malezas de Importancia Económica y Cuarentenaria para la Producción y Exportación de Piña. MAG.2006.

- Características invasivas[18] y potencial como plantas hospederas de insectos plaga o asociadas a enfermedades. En el caso de fincas de piña se debe valorar también las especies de arvenses definidas como cuarentenarias.
- Viabilidad de uso como coberturas benéficas, fijadoras de nitrógeno y hospederas de insectos controladores o parasitoides de plagas en el cultivo.



En este paso, una actividad opcional y complementaria es la elaboración de un herbario de las arvenses de mayor interés para la finca, en cooperación con los servicios de extensión agrícola y especialistas en taxonomía de plantas. El cual puede ser utilizado como una herramienta de referencia y capacitación.

Paso 3. Valoración del nivel de infestación.

Pudiendo utilizarse dos tipos de metodologías:

a. Escala determinada con base en la experiencia de la finca.

Valoración de una escala por lote u otro sitio de interés, que ayude a describir el nivel de infestación de la maleza, por ejemplo: severa, alta, media y baja; siendo este un método de percepción válido como guía para realizar monitoreos documentados de seguimiento en campo. En este sentido, la persona productora puede tomar en cuenta tanto su experiencia particular con relación a la presión de las malezas en el medio, como las múltiples variables que pueden cambiar la dinámica de un sitio a otro (tipo de suelos, grado de iluminación y precipitación, entre otros). En fincas de piña adicionalmente es importante valorar las arvenses que crecen en caminos, canales o zonas periféricas al cultivo.

b. Evaluación de cobertura de arvenses.

Propuesta de evaluación[19] basada en seis diferentes variables a las cuales se les asignan diferentes precondiciones y valores en una escala de 1 al 3, que son utilizados para calcular un promedio final para el área evaluada (cable o lote).

Evaluacion de Cobertura de arvenses

	Parámetros	1	2	3
1	% de cobertura del arvense	Menos de 30%	30% a 40%	Mas de 40%
2	Altura de las malezas	Menos de 20 cm	20cm a 40cm	Mas de 40cm
3	Estado fisiológico del arvense	Nacencia	Crecimiento	Reproductivo
4	Arvense predominante	Gramínea y hoja anchas (fácil control)	Gramínea y hoja anchas cyperaceas y bejucos de fácil control	Malezas de difícil control (bejucos, comelinas, wendelia y cyperaceas)
5	Penetración de luz en el área	Área frondosa	Área Normal	Áreas abiertas / plantíos
6	Época del año	Época de lluvia	Época intermedia	Época lluviosa

Fuente: Adaptado de CORBANA, 2011

El resultado obtenido le ayuda a la persona productora a tomar decisiones en cuanto al momento y el tipo de control a utilizar, por ejemplo, si el promedio para un lote de banano es mayor a 2 (umbral crítico) se sugiere realizar controles mecánicos.

Paso 4. Implementación de un programa de control de malezas.

Una vez se conoce la realidad en la distribución, tipos y biología de las malezas presentes en la finca, el siguiente paso es desarrollar un programa de control tomando en cuenta las siguientes acciones:

a. Determinar los métodos de control a ser utilizados.

Para el control de malezas se recomienda aplicar de forma combinada los diferentes métodos.

- Cultural[20]. Uso de cubiertas sobre el suelo durante el desarrollo del cultivo, utilizando restos de cosecha adecuadamente distribuidas. En fincas de banano es importante evitar colocar raquis superpuestos (uno encima de otro) procurando a la vez no cubrir el área de la rodaja, lo cual facilita las labores de fertilización. En fincas de piña la reincorporación mecánica del rastrojo[21] puede ayudar a reducir los brotes de malezas, favoreciendo también la retención de la humedad y la incorporación de materia orgánica en el suelo[22]; sin embargo, se deben tomar medidas para evitar proliferación de mosca del establo "*Stomoxys calcitrans*" como por ejemplo mediante la aplicación de microorganismo eficientes que ayudan a acelerar el proceso de descomposición. Otra práctica cultural sugerida es la selección, siembra y expansión de coberturas vivas benéficas[23] a partir de los resultados de la actividad de identificación de arvenses, descrita en el paso 1.
- Mecánico, chapia con motoguadaña. En áreas colindantes a ecosistemas[24] se debe monitorear que la actividad se realice con máquinas cortadoras en buen estado, asegurando un mantenimiento periódico acorde a lo indicado las especificaciones técnicas, evitando así un aumento en el consumo de combustible y por ende una mayor emisión de CO2; sin dejar de lado que esta práctica también ayuda a reducir el factor ruido que puede afectar o perturbar la vida silvestre cercana.

18 Ver Ficha # 16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras". Consulta en línea: GISD (iucngisd.org)
19 Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Banano/ pag48. Corbana, 2011
20 El control cultural son todas las prácticas que benefician el desarrollo vigoroso del cultivo y que le permiten competir favorablemente con las malezas. Universidad Nacional, 2012.
21 Se debe evitar realizar quema química (uso de herbicida) y quema física (uso fuego) para la eliminación del rastrojo.
22 Manual Técnico para el Manejo del Rastrojo en el Cultivo de Piña. MAG, 2012
23 Ver ficha #6 "Cobertura vegetal viva"
24 En fincas de piña esta práctica aplica para las zonas de cordones sanitarios ubicados entre el cultivo y las áreas boscosas.

- Manual, mediante el uso del machete o a través de la deshierba o extracción manual, por ejemplo para especies como enredaderas.

En estos dos últimos casos, se recomienda mantener una capa de vegetación **al menos de cinco centímetros**, evitando dejar el suelo completamente desnudo (roza); método que favorece la erosión, especialmente en fincas donde se utilizan sistemas de irrigación.

b. Definir los ciclos de control por lote para las diferentes malezas.

Control mécanico de malezas-zona aledaña a bosque ripario, Finca Earth - Bloque #4, 2021.

Manejo que usualmente puede extenderse en intervalos de 4 a 6 semanas dependiendo de las condiciones climáticas y la presión de las malezas presentes. O bien, ser intensivo durante los periodos críticos de competencia o cuando se presenten descontroles visibles que se ubiquen dentro de los umbrales de daño económico[25].

c. Llevar registro de actividades de control.

Es importante que la persona productora lleve registros de todas las actividades de control de malezas que se realicen en cada sitio. La documentación aporta un historial de la dinámica de las malezas, permitiendo realizar adecuaciones de las prácticas realizadas, evaluar errores cometidos y ajustar los tiempos de respuesta, especialmente durante los periodos críticos de competencia entre las malezas y el cultivo.

Las medidas preventivas deben ser parte integral del programa, en este sentido actividades como desinfección de herramientas e implementos de trabajo, pueden ayudar a disminuir la diseminación de malezas en la finca. Finalmente, la persona productora debe optar por una combinación de estrategias de control técnicamente efectivas, económicamente viables y seguras para el medio ambiente, **eliminando de esta manera las aplicaciones de herbicidas** como parte del plan de Manejo Integrado de Malezas MIM.

Paso 5. Capacitación.

Los talleres de entrenamiento, así como la consulta a entidades y expertos, son actividades necesarias que facilitan la implementación de las prácticas de control de malezas. Se sugiere la planificación de las siguientes capacitaciones:

- Reconocimiento de malezas y sus características biológicas y ecológicas.
- Monitoreo de malezas y métodos de control acorde al nivel de daño económico determinado, incluyendo metodologías de cálculo de nivel de infestación.
- Aplicación de métodos de control.
- Calibración y mantenimiento de equipos de control de arvenses como parte de una estrategia de reducción de gases de efecto invernadero.

Paso 6. Seguimiento del programa MIM.

Es importante contar con personal a cargo del programa que lleve a cabo actividades de monitoreo de malezas en cada uno de los sitios (cables, lotes o parcelas de cultivo, otros) referenciados en los mapas de manejo; supervisando también la efectividad de los métodos de control de malezas (dejando como se mencionó una capa vegetal de al menos 5 cm) y la propagación de coberturas benéficas.

Indicadores de desempeño.

- Porcentaje de área de cultivo bajo un manejo mecánico y/o manual de malezas.
- Número de métodos culturales utilizados en las fincas para el control de malezas o arvenses.
- Porcentaje de área de finca con coberturas benéficas establecidas.
- Metros lineales de canales sin uso de herbicida.
- Número de trabajadores capacitados en Manejo Integrado de Malezas “MIM”.
- Ahorro en $ (hectárea /año) por reducción o eliminación de herbicidas.

Costo de implementación y recurso humano.

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca para realizar monitoreo de malezas y control bajo métodos alternativos al uso de herbicida.
- *Externo:* Profesionales en botánica o agronomía con experiencia en mal-herbología.

Referencia de Costos:

- Compra de catálogos o guías de identificación de malezas. Costo variable.
- Consulta técnica para la identificación de malezas en el cultivo, por parte de un profesional (225$/día).
- Capacitación y entrenamiento del personal de finca encargado del programa MIM, brindado por un profesional (225$/día).
- Costos de control de malezas por medios mecánicos y manuales de $429 por hectárea al año. Referencia: Fincas Dole, Los Ríos, Ecuador[26].
- Costos de control de malezas por medios mecánicos y manuales de $345 por hectárea al año.
- Referencia: Fincas Tecbaco Zona Bananera, Colombia[27].

25 Umbrales de daño económicos: es la densidad poblacional de la plaga donde la persona productora debe iniciar la acción del control para evitar que dicha población sobrepase el Nivel de Daño Económico en el futuro. Zamorano, 2006.
26 Consulta directa. Fincas Dole 2023.
27 Consulta directa. Fincas Tecbaco 2023

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Los arvenses o malezas son consideradas muchas veces como especies problemáticas al competir por nutrientes, agua, luz o espacio con el cultivo principal. El control por métodos no químicos es una medida utilizada por fincas que conocen los beneficios que puede brindar una cobertura vegetal viva manejada de forma correcta, limitando su crecimiento y efectos adversos. El conocimiento de la dinámica de las malezas en el medio agrícola permite a la persona productora disminuir el potencial de pérdidas económicas (muchas veces poco cuantificadas), logrando reducir la erosión y compactación del suelo, y obtener una mayor eficiencia en la asimilación de los fertilizantes aplicados, ayudando al crecimiento del cultivo y aumentando los rendimientos.

En conclusión, una finca que controla sus malezas sin uso de herbicidas logra: reducir pérdidas y costos mediante la estabilidad de las poblaciones de arvenses y la selección-propagación de coberturas benéficas, disminuir la contaminación química de suelos y cuerpos de agua, evitando al mismo tiempo riesgos en la salud y seguridad de los colaboradores de la finca.

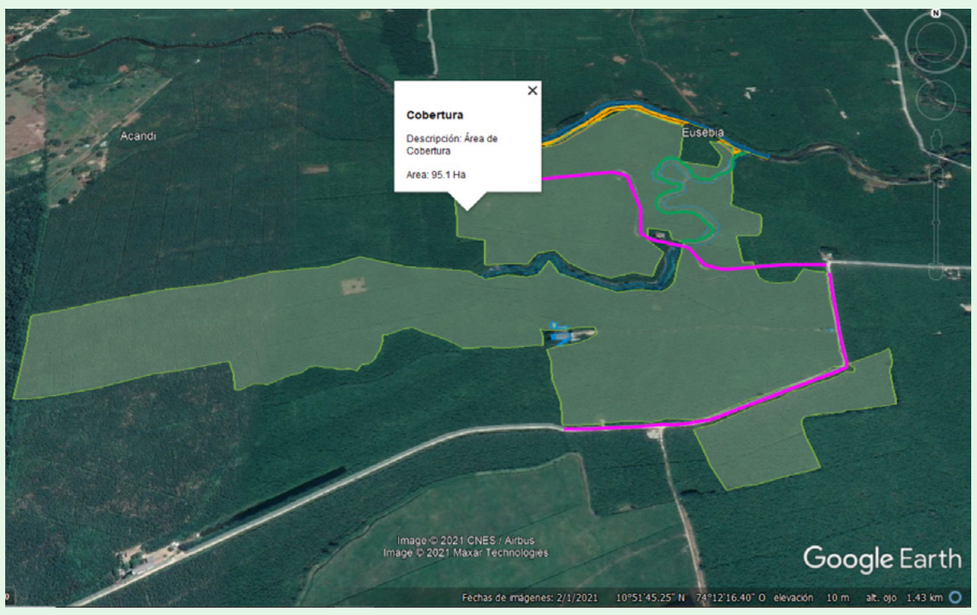
La finca Don Marce Sur "MRS" es una unidad de producción de banano de 95,1 hectáreas, ubicada en el Corregimiento de Varela, Municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. MRS comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A. y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además, cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Casos de éxito

La finca se localiza en la cuenca del Riofrío, en un área con una precipitación promedio anual entre 900mm y 1.500mm[28], razón por lo cual la actividad de irrigación es necesaria durante todo el año y la conservación de la cobertura vegetal es una prioridad para mantener la humedad necesaria que requiere el cultivo.

Desde el año 2020 la administración de finca eliminó la aplicación de herbicida para el control de arvenses, priorizando el uso de métodos manuales y mecánicos; lo cual ha permitido mantener una cobertura vegetal uniforme en toda el área de cultivo en donde predominan la commelina (*Commelina sp*) y la oreja de ratón (*Geophila sp*) y a lo largo de la red de canales primarios, donde se han sembrado plantas herbáceas de hoja ancha como la mafafa (*Xanthosoma sp.*)

La práctica de cero usos de herbicida para el control de arvenses es un compromiso de la empresa con el proyecto de sostenibilidad de WWF, y es parte de los logros que se han alcanzado tanto en MRS, como en otras 11 fincas ubicadas en la Zona Bananera. Lo cual, además, es una práctica que impacta positivamente, la protección de recurso hídrico al disminuir el riesgo de contaminación por arrastre de trazas químicas hacia ecosistemas como el Río Frío.



. 28 Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio Zona Bananera, 2001.

Casos de éxito

Joseph Salas Benavides es un productor de piña, propietario de una finca de 4 hectáreas ubicadas en la comunidad de Los Ángeles de Pital, en la provincia de San Carlos, en Costa Rica, la cual forma parte de la Cooperativa Coopepiña. Desde el 2010 se estableció como una finca de manejo convencional en donde se trabajó un programa de control químico de malezas mediante aplicaciones con herbicidas como el Paraquat.

A partir del 2020 y en miras de lograr un cambio en la dinámica de producción hacia una gestión más responsable y sostenible, el productor toma la decisión de optar por un manejo orgánico, realizando cambios dirigidos a eliminar el uso de agroquímicos, promover prácticas de conservación del suelo, producción de lombricompost, implementación de medidas alternativas de control de hongos, bacterias e insectos con insumos elaborados en la finca (ácido piroleñoso, caldo sulfocalcico, otros) y adquiridos de la fábrica de la Cooperativa (*Bacillus thuringiensis, Pseudomonas, Azotobacter*); así como el desarrollo de ensayos con biopolímeros e incremento de prácticas de control mecánico y manual de arvenses.

Para el 2022 se establece una alianza con la empresa Hidrobag Costa Rica para probar en campo biocoberturas de fécula de maíz (50micras)[29] para el control de malezas y reducción de erosión con una durabilidad de 3 meses. Se tienen planes futuros de aumentar el grosor del material (10micras) para ampliar el tiempo de degradación al doble y hacer pruebas con otros materiales como fécula de yuca. Por otro lado, también se están analizando otras alternativas de cobertura mediante el uso de aserrín de madera dirigido al control de malezas en las camas de siembra.

El 11 de noviembre del 2022, la finca logró la certificación orgánica de conformidad con el Esquema de Certificación para la Producción de Productos Orgánicos de Costa Rica, siendo la autoridad de control Kiwa BCS.

kiwa

CERTIFICADO ORGANICO

De conformidad con el Reglamento de Agricultura Orgánica Decreto Ejecutivo n° 29782-MAG y Esquema de Certificación para la Producción de Productos Orgánicos República de Costa Rica

1. Número de Certificado JOSEPH-170/09.22/0577-CR

2. Operador

JOSEPH ALBERTO SALAS BENAVIDES
300 m norte de la iglesia católica de Los Ángeles, Pital, San Carlos
Costa Rica

3. Autoridad de Control

Kiwa BCS Costa Rica Ltda.
Calle 14, entre Avenidas 63 y 65,
San Juan de Tibás, San Jose, Costa Rica
+506 2241 2794
www.kiwa.com/lat/es/
Código: CR-BIO-002

29 Pruebas con buenos resultados con un costo entre los $2000 y $3000 por hectáreas (dato del productor)

Referencias

[1] Las Arvenses en el Agroecosistema y sus Beneficios Agroecológicos como Hospederas de Enemigos Naturales: https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf
[2] Definición de Biótico: https://definicion.de/biotico/
[3-23] Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/4188/pdf
[5] Efectos de las Prácticas Culturales Sostenibles en el Manejo de Malezas del Cultivo de Banano en la Universidad Earth: https://dokumen.tips/documents/universidad-earth-efecto-de-las-practicas-universidad-earth-efecto-de-las-practicas.html
[6] Importancia de las Malezas en Cultivos de Banano. Opciones de Manejo con Coberturas Vegetales. https://docplayer.es/97027342-Importancia-de-las-malezas-en-cultivos-de-banano-opciones-de-manejo-con-coberturas-vegetales.html / Ficha Técnica del Cultivo de Banano. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf
[7] Reconocimiento Taxonómico de Arvenses y Descripción de su Manejo, En Cuatro Fincas Productoras de Piña (Ananas Comosus L.) En Costa Rica: Brenes-arvenses.indd (mag.go.cr)
[9] The Current Status and Environmental Impacts of Glyphosate-Resistant Crops: A Review: ResearchGate
[11] Crop losses to pests: http://agri.ckcest.cn/ass/NK003-20151102002.pdf
[14] Clasificación de los seres vivos: taxonomía. https://microbiologia.net/taxonomia/clasificacion-de-los-seres-vivos-taxonomia/
[15] Ecofisiología Vegetal: https://estudis.uib.cat/guia_docent/2012-13/20123/1/es/guia_docent.pdf
[17] Directriz para el Manejo de Malezas de Importancia Económica y Cuarentenaria para la Producción y Exportación de Piña: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H60-9159.pdf
[19] Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Banano. https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.000251873
[20] Guía de Técnicas agroecológicas para el manejo de las principales plagas en las plantaciones de plátano en Talamanca, Limón: https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13253/2012%20Viquez%20Gu%c3%ada%20t%c3%a9cnica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[22] Manual Técnico para el Manejo del Rastrojo en el Cultivo de Piña: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Q70-10493.pdf
[25] Niveles y Umbrales de Daño Económicos de las Plagas: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4123/1/208580.pdf
[28] Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio Zona Bananera: https://www.zonabananera-magdalena.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20B%C3%A1sico%20de%20Ordenamiento%20Territorial%20Zona%20Bananera.pdf

Otras consultas:

- Análisis económico de los costos de producción de banano orgánico de una finca en República Dominicana. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/11146/An%c3%a1lisis_econ%c3%b3mico_de_los_costos_de_producci%c3%b3n_de_banano_org%c3%a1nico_de_una_finca_en_Rep%c3%bablica_Dominicana.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Base de Datos Internacional de Malezas Resistentes a Herbicidas : http://www.weedscience.org/Home.aspx
- Biodiversidad de Suelos y Carbono Orgánico en Suelos. Cómo Mantener Vivas las Tierras Áridas: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-004-Es.pdf
- Identificación de malezas trepadoras del banano Musa sp en la zona caribe de Costa Rica. https://www.researchgate.net/publication/26595604_Identificacion_de_malezas_trepadoras_del_banano_Musa_sp_en_la_zona_caribe_de_Costa_Rica/link/00b5b0b70cf245659d0323ad/download.
- Recomendaciones para el manejo de malezas: https://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf

Cobertura vegetal viva

6

Categoría B

BANELINO, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

3 Reincorporación de residuos orgánicos
4 Análisis y control de erosión
5 Control de arvenses por métodos no químicos
7 Labranza de bajo impacto
8 Optimización del uso de plaguicidas sintéticos
12 Estimación de huella de carbono
16 Ident. y control de especies exóticas invasoras
24 Protección de polinizadores
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.4.5

Criterio de Comercio Justo- para Fruta Fresca 2018, V2.4
Requisito: 4.4.1

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Criterio: 4.2.1

Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB/3.5

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Cobertura vegetal viva

FICHA 6

Descripción de la medida

Las coberturas vivas son todas aquellas plantas que intencional o espontáneamente forman parte del agroecosistema; especies vegetales que tradicionalmente han sido encasilladas bajo el concepto de malezas[1] debido a que pueden llegar a constituirse en limitantes bióticas[2] para la producción agrícola por sus características evolutivas: alta capacidad reproductiva y potencial de colonización y diseminación en diferentes ambientes. Sin embargo, no todas son perjudiciales, por lo contrario, un grupo importante de estas especies presentan condiciones propicias para ser manejadas como coberturas benéficas en los cultivos, ya que favorecen la conservación del suelo disminuyendo la escorrentía y por ende la erosión, ayudan a evitar la compactación, conservan la humedad, aportan materia orgánica favoreciendo la captura de carbono en suelo, reciclan nutrientes y fijan nitrógeno, entre otros beneficios.

En la agricultura, el manejo controlado de asociaciones vegetales ya establecidas o bien la siembra y propagación de especies identificadas con condiciones favorables, son prácticas viables y recomendadas. En este sentido el uso de coberturas vegetales vivas es una actividad que puede considerarse versátil y adaptable según cultivo, clima y necesidades específicas (control de erosión, reducción de impactos por deriva química, retención de humedad, entre otras), aunque puede resumirse como la práctica dirigida a mantener una cubierta sobre el suelo durante los diferentes estadios del cultivo.

1 Malezas son especies vegetales que afectan el potencial productivo de la superficie ocupada. FAO, 1996.
2 Organismos vivos que influencian la forma de un ecosistema. Definicion.de, 2021.

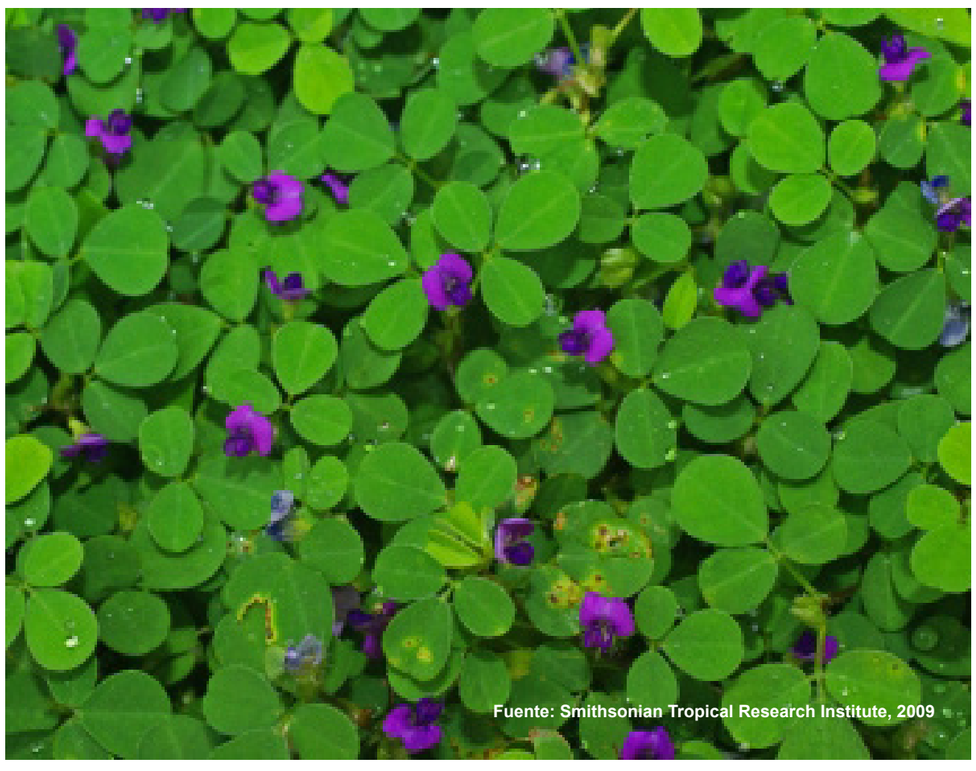
En la búsqueda de especies útiles para cobertura deben ponderarse las ventajas de trabajar con plantas nativas[3] seleccionadas, evitando en todo momento introducir especies exóticas cuya población se pueda convertir en invasora[4] generando riesgo de competencia, afectación de la productividad e impactos negativos en los ecosistemas aledaños.

Estudios realizados, durante el 2005 en Colombia[5], definen una serie de atributos deseables para valorar una correcta selección de especies de cobertura promisorias, tales como:

- Facilidad y rapidez para establecerse
- Capacidad para competir y controlar malezas agresivas
- Resistencia al pisoteo
- Capacidad de multiplicación o producción de semillas
- Crecimiento en relación con el cultivo principal
- Amplitud de la cobertura sobre el suelo
- No ser hospedera de plagas, enfermedades que afecten al cultivo.
- No competir por recursos como agua, luz y nutrientes con el cultivo

Se debe destacar también la importancia de considerar las estrategias de mantenimiento[6], ya que, de lo contrario la cobertura podría actuar como una maleza de alta interferencia[7] o convertirse en una especie cuarentenaria, restringiendo el ingreso de la fruta en mercados internacionales.
Entre las principales especies de coberturas vegetales que han sido destacadas como promisorias en cultivos de banano en Colombia[8] y Costa Rica[9] se encuentra: *Teramnus volubilis*, chorrito *"Callisia cordifolia"*, pega pega *"Desmodium scorpiurus" Desmodium triflorum, Desmodium ovalifolium, Drymaria cordata, Evolvulus nummularius, Callisia repens,* colchón de pobre *"Sellaginella horizontalis"*, *Geophila macropoda* y *Geophila repens.*
Siendo una de las coberturas más utilizadas y comunes la llamada oreja de ratón, planta nativa[10] del género *Geophila* y que mantiene un crecimiento rastrero, tolera la sombra y el pisoteo, además previene la erosión y la emergencia de algunas malezas.

Por otro lado, también se utilizan coberturas naturales en los taludes de los canales de drenaje, principalmente especies de porte bajo y arbustivas de hoja ancha.



Desmodium triflorum

En el caso del cultivo de piña, la siembra de coberturas vegetales vivas está orientada a disminuir erosión y deriva química en canales de drenaje, acequias de ladera y taludes en caminos internos. Las estrategias aplicadas son el uso de gramíneas alóctonas naturalizadas[11] en áreas tropicales, como el zacate de limón *"Cymbopogon citratus"*, la citronela *"Cymbopogon nardus"* y el vetiver *"Chrysopogon zizanioides"*, plantas que se han adaptado y que actualmente tienen un uso extendido y reconocido como especies que favorecen la conservación de los suelos, no sólo en piña sino en diferentes cultivos.

Barrera de Vetiver en Acequia de Ladera- Finca Piña

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Disminuye los riesgos de contaminación del recurso hídrico y la afectación de la vida acuática, al eliminar las prácticas de control químico de arvenses y reducir el riesgo de la deriva durante los ciclos de aplicación de diversos agroquímicos, especialmente en áreas cercanas a canales de drenaje.
- Favorece la selección y establecimiento de plantas nativas que aportan refugio y alimento alternativo a insectos benéficos, tanto depredadores como parasitoides de plagas agrícolas, permitiendo diversificar el agroecosistema y favorecer el equilibrio ecológico.
- Ayuda a mantener e incrementar la materia orgánica, propiciando a la vez la captura de carbono en suelo y el aumento de la biodiversidad y actividad microbiológica En complemento con la implementación de prácticas como labranza mínima[12] y labranza cero.

Beneficios para la persona productora

- Favorece la conservación del suelo evitando su compactación, ayudando a reducir la erosión hídrica y eólica en áreas productivas, así como en taludes de canales de drenaje y caminos internos. Además, previene el impacto directo de las gotas de lluvia en la superficie del suelo.
- Mejora la estructura del suelo y el reciclaje de nutrientes.

3 El rango de distribución puede consultarse en la página del Royal Botanic Garden.
4 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras". Consulta en linea: GISD (iucngisd.org)
5 Identificación de Coberturas Promisorias para Cultivo de Banano en la Zona De Santa Marta, Colombia, U del Magdalena, 2005.
6 Ver ficha #5 "Control de arvenses por métodos no químicos".
7 Interferencia: compitiendo por nutrientes, agua y luz o presentando reacciones alelopáticas con el cultivo principal. U del Magdalena, 2005.
8 Identificación de Coberturas Promisorias para Cultivo de Banano en la Zona De Santa Marta, Colombia, Universidad del Magdalena, 2005.
9 Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Banano/ pag49. Corbana, 2011
10 Rango de distribución sur de México y américa tropical. De 0 a 800 msnm en regiones de bosques húmedos y muy húmedos. UNA, 2012.
11 Especie que sin tener el carácter de autóctona en una zona ha sido introducida en tiempos históricos por el hombre, manteniendo actualmente una población estable en la misma y en equilibrio con el resto de la comunidad biológica. Diccionario Panhispánico, 2020.
12 Ver ficha #7 "Labranza de bajo impacto".

- Reduce la lixiviación y perdida de nutrientes durante los ciclos de aplicación de fertilizantes, permitiendo disminuir efectos contaminantes y eutrofización[13] en fuentes naturales.
- Favorece la competencia por luz en las poblaciones de arvenses, ayudando a reducir la germinación de semillas y desarrollo de malezas no deseadas.
- Reduce la escorrentía al aumentar la infiltración de agua de riego y de lluvia. Además, previene la evaporación del agua, incrementando la humedad en el suelo.
- Fija nitrógeno (cuando el cultivo de cobertura lo integran plantas leguminosas).
- Propicia la formación de sumideros de carbono orgánico en suelo *(práctica integral de una agricultura de conservación)* que además es una variable que considerar para la reducción de huella de carbono de la finca, al constituirse en áreas de remoción directa de Gases de Efecto Invernadero "GEI".
- Reduce con el tiempo los costos atribuidos al control de malezas, al permitir el establecimiento de especies espontaneas o mediante la introducción de coberturas benéficas reconocidas; promoviendo la eliminación del uso de herbicidas, productos químicos sobre los cuales hay una alta presión por parte de organismos y normas internacionales, debido a sus efectos contaminantes y los impactos negativos en la salud de los trabajadores.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación.

Metodología de implementación de la medida

Una vez establecido un plan de Manejo Integrado de Malezas "MIM", basado en alternativas no químicas[14], el siguiente paso es la identificación, selección, manejo o siembra de las especies de cobertura benéficas que podrían ser utilizadas en diferentes áreas de interés de la unidad de producción:

- Cobertura vegetal en la plantación: siendo el objetivo brindar protección del suelo a lo interno del área de cultivo y generar materia orgánica. Priorizando el control mecánico y conservando una capa de vegetación uniforme de al **menos cinco centímetros**, evitando dejar el suelo completamente desnudo y propenso a erosión por viento, lluvia o por efecto de la irrigación.
- Cobertura vegetal en canales de drenaje: dirigida a disminuir la erosión, así como el impacto por lixiviación y deriva química en el agua que recorre el sistema de canales; evitando la contaminación de los ecosistemas acuáticos que actúan como cuerpos receptores, tales como ríos, quebradas, arroyos, entre otros.
- Cobertura vegetal en acequias de ladera y vías internas (inclusive taludes): permitiendo la estabilización del terreno y disminuyendo la erosión.
- La persona productora puede decidir trabajar con coberturas vegetales nativas espontáneas, adaptadas a la zona y reconocidas por diferentes estudios técnicos como promisorias o bien definir un plan de siembra, utilizando nuevas especies que cumplan con los atributos deseables para ser utilizadas como coberturas fijas en los sitios de interés.
- A continuación, se describen los pasos para la implementación de las actividades de manejo y/o siembra de plantas de cobertura, según los objetivos definidos.

Paso 1. Identificación de coberturas benéficas en finca.

La primera actividad es la caracterización de la comunidad de plantas asociadas al cultivo que pudiesen ser seleccionadas como coberturas benéficas. En este sentido al reducir y eliminar el control químico de arvenses, se facilita la identificación de las especies predominantes con potencial de uso como cobertura, las cuales serían separadas del grupo de herbáceas con comportamientos invasivos[15], efectos alelopáticos[16] y competencia con el cultivo principal o por ser hospederos de plagas o enfermedades.

El diseño de un mapa que incluya a partir de los inventarios, las coberturas potenciales más abundantes.

Desmodium scorpiurus "Pega Pega" Leguminosa

Upala Agrícola: vías internas

13 Eutrofización: Proceso natural en ecosistemas acuáticos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos. Greenfacts, consulta 2021.
14 Ver ficha #5 "Control de arvenses por métodos no químicos".
15 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras". Consulta en linea: GISD (iucngisd.org)
16 La alelopatía es definida como la influencia directa de un compuesto químico liberado por una planta sobre el desarrollo y crecimiento de otra planta. FAO, 2004

Para este ejercicio se importante considerar:

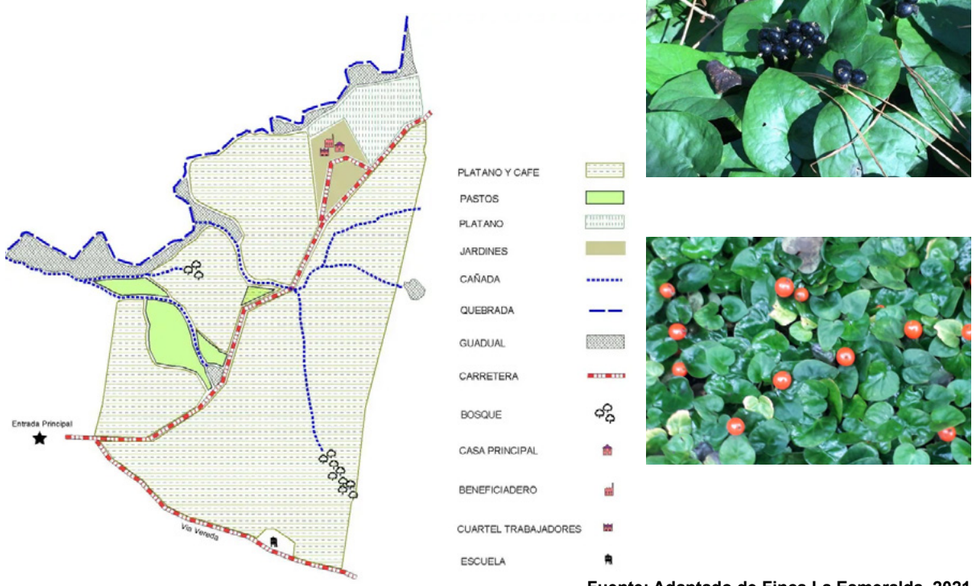
- La elaboración de un inventario base respaldado por un especialista[17] o bien desarrollado a través de la consulta de estudios de vegetación en áreas de banano y piña, que permitan mediante un ejercicio comparativo en campo, la identificación visual de especies de cobertura promisorias al menos a nivel de género[18]. Una correcta tipificación taxonómica es fundamental para evitar errores de selección.
- El diseño de un mapa que incluya a partir de los inventarios, las coberturas potenciales más abundantes.

ARVENSES DE COBERTURA			
Ranking	Especie	Frecuencia	Promedio de cobertura
1	Oreja de ratón	299	3.2
2	Axonophus	142	1.4
3	Panicum trichoides	104	1.2
4	Peperomia pellucida	61	1.0
5	Panicum poligonatum	45	2.6
6	Alternanthera	14	1.3
7	Selaginella	13	1.0
8	Oplismenus burmanni	8	1.5
9	Murdania	3	1.0
10	Ichnanthus	3	1.7
11	Lindernia crustacea	1	1.0

Finca San Pablo: Inventario Cobertura 2022

Paso 2. Valoración de las características de las especies con potencial de uso como coberturas benéficas.

Los resultados del inventarios de campo y los registros de nuevas herbáceas a ser incluidas en los planes de siembra *(en caso de que se decida introducir alguna especie complementaria)*, brindan a la persona productora una de referencia general, la cual debe complementarse con un análisis de las características de cada especie *(comportamiento, crecimiento, necesidades, mantenimiento, otros)*, que permita ampliar y conocer más a detalle las condiciones particulares y poder compararlas con los atributos sugeridos para coberturas promisorias, las cuales se detallan a continuación:



Fuente: Adaptado de Finca La Esmeralda, 2021

a. Criterios para la selección de cobertura a lo in terno de la plantación.

Las condiciones descritas en la siguiente tabla son aplicables a unidades de producción de banano, dado a que la estructura del cultivo permite la presencia de coberturas vegetales diseminadas a lo interno de los áreas de siembra.

De esta forma y considerando los atributos deseables, personal técnico de la Universidad de Magdalena en Colombia, diseñó un índice de selección aplicable mediante la asignación de valores numéricos a categorías que definen la aceptación o desaprobación de la cobertura, el cual se denomina: Índice de Potencialidad como Cobertura (IPC)[19].
Para determinar el IPC se debe aplicar la siguiente fórmula:
IPC = (H+P+F+C+R) * (I*A)[20].

El resultado debe ser comparado con los valores indicados en la tabla 1, la cual incluye los rangos para selección de la especie según la calificación obtenida.
Por otro lado, es importante también considerar otras variables y beneficios adicionales que pudieran ser de interés para la persona productora, los cuales ya fueron mencionados en las secciones iniciales de este documento, tales como: capacidad fijadora de nitrógeno, retención de humedad, fácil manejo por medios mecánicos, entre otros. Evitando en todo momento el uso de plantas trepadoras[21].

Una vez seleccionadas las especies de cobertura es recomendable, realizar ensayos controlados que ayuden a validar en campo, el comportamiento de la (s) especie (s) en diferentes tipos de suelos y en periodos climáticos.

Criterios de selección			IPC	
Criterio	Ref.	Descripción	Estados	Valores
Hábito de Crecimiento	H	Crecimiento postrado, tallos no erguidos, con una altura mayor a 0,3 m sobre el suelo. Herbacea o semilenosa, de crecimiento compacto (buena cobertura).Raíces preferentemente poco profundas.	No aceptable Poco aceptable Aceptable Muy aceptable	0 1 2 3
Propagación	P	Planta perenne de buena producción de semilla viable, o de fácil multiplicación vegetativa.	No aceptable Poco aceptable Aceptable Muy aceptable	0 1 2 3
Requerimiento Fisiológico	F	Buen crecimiento tanto en luz directa o en sombra. Tolerante a suelos húmedos.	No aceptable Poco aceptable Aceptable Muy aceptable	0 1 2 3
Capacidad de Competencia	C	Crecimiento rápido y buena competidora de espacios ocupados por otras plantas diferentes al cultivo.	No aceptable Poco aceptable Aceptable Muy aceptable	0 1 2 3
Rusticidad	R	Tolerante al pisoteo propio de las labores dentro del cultivo y a los desechos del mismo. Rápidez de recuperación.	No aceptable Poco aceptable Aceptable Muy aceptable	0 1 2 3
Interferencia con el cultivo	I	Buen crecimiento tanto en luz directa o en sombra. Tolerante a suelos húmedos.	Alta Poca o ninguna	0 1
Asociación con pestes del cultivo	A	No ser hospedera de plagas, enfermedades o nematodos que afectan al cultivo	Positivo Negativo	0 1

Fuente: Adaptado de Carbonó y Cruz, 2005

17 Botánico o Agrónomo especialista en mal-herbología. Como complemento se pueden consultar guías de identificación de plantas, inventarios, bases de datos nacionales e internacionales e inclusive aplicaciones celulares como referencia.
18 El género: grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies. EcuRed, 2021.
19 Identificación de Coberturas Promisorias para Cultivo de Banano en la Zona De Santa Marta, Colombia, Universidad del Magdalena, 2005.
20 Nota: No se incluye el criterios de "susceptibilidad a herbicidas" debido a que la medida no promueve el control químico en las coberturas.
21 Identificación de malezas trepadoras del banano (musa sp.) en la zona caribe de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. UCR. 2000

Finalmente, si se requiere trasladar o introducir material vegetativo de otras fincas o regiones, es importante considerar las restricciones legales y asegurar que esté libre de plagas o enfermedades de importancia para el cultivo, como por ejemplo el *Fusarium Oxysporum* (Raza 4)[22].

Tabla 1. Rangos para selección de especies como cobertura

	Valores de calificación		
	Rangos	Interpretacion	Resultados
IPC	Entre 0-5	Muy baja potencialidad	No recomendable como cobertura
	Entre 6-10	Baja potencialidad	No recomendable, pero inocua
	Entre 11-15	Alta potencialidad	Recomendable

Fuente: Adaptado de Carbonó y Cruz, 2005

b. Criterios para la selección de cobertura en canales de drenaje.

Los criterios son aplicables a unidades de producción de banano y piña, debido a que ambos cultivos mantienen sistemas de canales distribuidos a lo interno de las áreas productivas. Siendo las principales consideraciones:

- Preferir el uso de plantas herbáceas o arbustivas, con follaje denso y perenne, que permitan con el tiempo la formación de un domo "efecto sombrilla" que recubra los taludes a lo largo de los canales. Estructura que ayudará a disminuir la deriva química y la contaminación de ecosistemas acuáticos cercanos.
- Seleccionar especies que no representen un aporte alimenticio para la fauna local ni tampoco atracción importante para polinizadores, teniendo en cuenta que el objetivo principal de estas barreras vegetales es la retención química; razón por la cual no se pueden considerarse estas áreas de cobertura como líneas verdes o de enlace en la formación de corredores biológicos[23], al ser sitios que contrariamente podrían generar afectación sobre la biodiversidad.
- Considerar la altura máxima de crecimiento de la planta, evitando ocasionar retrasos y riesgos durante el desarrollo de labores en campo, como, por ejemplo: fumigación aérea y aplicaciones con spray boom.
- Valorar las estrategias de manejo de las coberturas previo a su siembra (mantenimiento, podas, recabas del plan canal, entre otros), estimando el presupuesto que se requerirá en el futuro.

Cabe mencionar, que algunas especies de cobertura utilizadas comúnmente en canales de drenaje son: *Xanthosoma sagittifolium, Allocasia macrorrhizos y Chrysopogon zizanioides,* estas especies pueden tener comportamiento y desarrollo diferente en cada región o país, por lo cual es recomendable realizar una valoración previa con ensayos controlados.

c. Criterios para la selección de cobertura en acequias de ladera y caminos internos (incluyendo taludes).

Los criterios son aplicables principalmente para fincas de piña, en áreas con siembras en contorno en pendientes mayores al 8%[24], así como en áreas de tránsito interno de maquinaria agrícola.

En este caso las especies a ser utilizadas deben favorecer la estabilización del terreno y disminuir la erosión generada por aguas de escorrentia. Algunas coberturas utilizadas ya fueron mencionadas en la sección de descripción de la medida.

Canal primario con cobertura: Xanthosoma sagittifolium
Finca Eufemia, Tecbaco 2020

Paso 3. Plan de expansión y siembra de especies de cobertura benéfica.

Una vez seleccionada las especies de cobertura a ser utilizada *(espontanea, introducida o combinación de ambas)*, la persona productora tendrá la posibilidad de elaborar un plan gradual *(sitios, actividades, plazos, metas, objetivos y responsables)* según necesidades y prioridades aplicables a su realidad, considerando al menos:

a. Caracterizar el nivel de cobertura presente en las diferentes áreas objetivo.

Utilizando herramientas prácticas para medición como cinta métrica o GPS; ejercicio que puede considerar diversas áreas, como lotes de cultivo, canales, acequias y caminos. **Por ejemplo,** *Una finca de banano presenta 3 canales primarios (C1, C2, C3), en donde el canal C1 mide 1000 metros lineales (considerando ambos lados del sistema) y cuenta con una especie arbustiva plenamente establecida en su mayor parte, con excepción del área que limita el cable 3 (50 metros lineales/ según medición con GPS). En conclusión, se determina para el canal C1, un 95% de avance o 950 metros lineales con cobertura.*
Idealmente esta condición debe ser reflejada en un mapa, que a su vez pueda ser utilizado como herramienta de planificación, permitiendo también mostrar el avance de la medida con el tiempo[25].

22 Foc RT4 se encontró en las raíces de malezas como; Chloris inflata (Poaceae), Euphorbia heterophylla (Euphorbiaceae), Cyanthillium cinereum y Tridax procumbens (Asteraceae), que crecen en plantaciones de bananos en Australia. Agronomía Mesoamericana. UCR. 2020.
23 Ver ficha #22 "Rutas de conectividad internas y externas" y ficha #24 "Protección de polinizadores"
24 Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña. INTA, 2014.
25 Ver ficha #30 "Mapas de sostenibilidad"

b. Definir actividades de siembra según los resultados de la caracterización .

Dando prioridad a sitios con poca o nula presencia de cobertura vegetal y en donde esta condición además pueda generar un riesgo potencial en términos sociales, ambientales o agronómicos. Continuando con **el ejemplo previo:** *los canales C2 y C3, carecen de cobertura vegetal fija, sin embargo, al analizar el mapa se determina que el canal C3 mantiene una descarga directa por gravedad al río cercano. En este caso la prioridad, al considerar los riesgos de contaminación del agua por deriva químicas (durante las fumigaciones aéreas), sería direccionar en primera instancia los esfuerzos de siembra en los taludes del canal C3.*
Otras condiciones relevantes para considerar podrían ser: taludes con problemas de erosión, acequias ubicadas en áreas de mayor pendiente, lotes de cultivo con suelos arenosos, canales con mayor caudal de agua, entre otros.

c. Determinar las densidades de siembra apropiadas según la especie seleccionada seleccionada.

Considerando la experiencia de otras personas productoras que han trabajado estos tipos de cobertura en la misma región. En el caso de la oreja de ratón *"Geophila sp."*, el método de siembra es por medio de cortes desde la raíz de la planta madre, colocando cuadros de 50cm x 50cm a una distancia de 1 metro entre cortes[26].

Para canales de drenaje, es importante realizar la siembra de la cobertura en la parte alta del talud, evitando ubicar plántulas o esquejes cerca del plan canal, no sólo buscando obtener con el tiempo el "efecto sombrilla", sino para evitar perdida del material vegetal durante las épocas de invierno por el arrastre del agua.

d. Definir diferentes indicadores de desempeño.

Que permita valorar anualmente el nivel de avance de las actividades descritas en del plan de trabajo.

Finalmente es importante considerar como parte del plan de manejo y siembra, la implementación de una estrategia orientada a una policobertura (permitir que varias arvenses con potencial de cobertura benéfica se desarrollen juntas), lo cual permite mantener un agroecosistema más equilibrado y sostenible, ya que será más difícil que una especie agresiva y competitiva domine y cause problemas en el crecimiento y desarrollo del cultivo[27].

Paso 4. Monitoreo y resiembra:

En necesario establecer un programa de monitoreo al menos cada tres meses con el objetivo de determinar la necesidad de realizar resiembras. Complementariamente se puede aprovechar esta actividad para observar la dinámica de los grupos de cobertura y valorar si alguna de las especies atrae algún tipo de plaga y/o enfermedad que pudiera afectar la productividad. Por otro lado, se debe considerar que normalmente en los canales de drenaje y acequias de ladera se realizan actividades de mantenimiento (conformación, recaba, palea, entre otros), por lo que es de suma importancia recuperar la cobertura perdida.

Paso 5. Capacitación.

Los talleres de entrenamiento son actividades necesarias que facilitan la implementación de la medida. Se sugiere la planificación de las siguientes capacitaciones:

- Reconocimiento de herbáceas y su potencial como coberturas benéficas
- Programa de monitoreo y resiembra
- Aplicación de métodos de control de coberturas en áreas con siembras ya establecidas.

Indicadores de desempeño

- # de especies nativas espontaneas identificadas con potencial como cobertura benéfica.
- # de especies introducidas en finca con potencial como cobertura benéfica.
- Porcentaje de área con cobertura vegetal implementada por año en hectáreas en el cultivo.
- Porcentaje de cobertura vegetal implementada por año en metros lineales en canales de drenaje y acequias de ladera.
- Ahorro en $ (hectárea /año) por reducción o eliminación de herbicidas.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca para realizar la siembra, control y reposición de cobertura en las diferentes áreas de interés.
- *Externo:* Profesionales en botánica o agronomía con experiencia en mal-herbología.

Referencia de Costos:

- Compra de catálogos o guías de identificación de herbáceas. Costo variable.
- Consulta técnica para la identificación de coberturas potenciales en el cultivo, por parte de un profesional y desarrollo de mapas (225$/día).
- Capacitación y entrenamiento del personal de finca encargado del programa MIM brindado por un profesional (225$/día).
- Costos de control de malezas por medios mecánicos y manuales de $345 por hectárea al año. Referencia: Fincas Tecbaco Zona Bananera, Colombia (Consulta en fincas).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

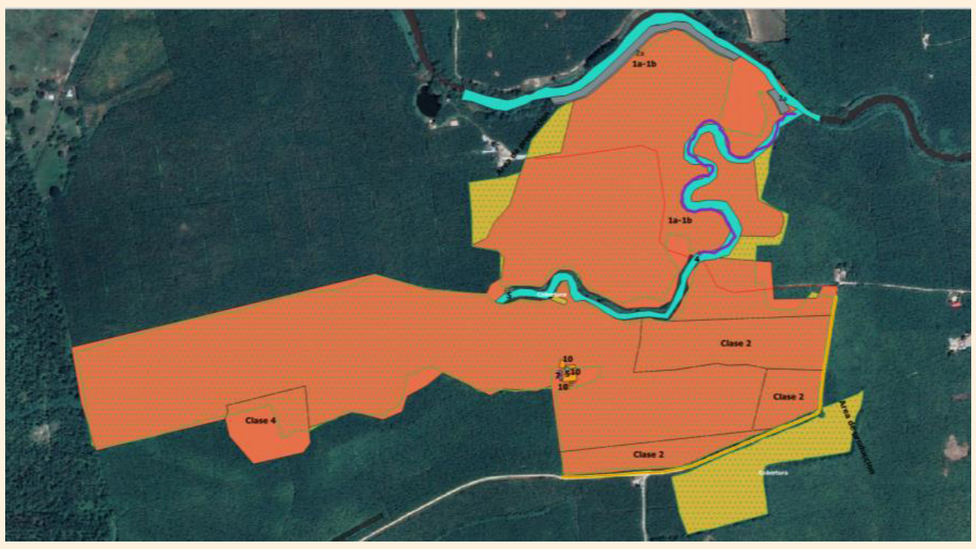
Los cultivos de cobertura tienen funciones multipropósito, las cuales incluyen la supresión de malezas, aporte de materia orgánica, mejora de la estructura del suelo, retención de escorrentía, aumento de la infiltración de agua *(favoreciendo la optimización de los sistemas de riego)*, disminución de riesgos de contaminación del recurso hídrico y afectación de vida acuática por deriva química durante los ciclos de aplicación, entre otras condiciones.
Una finca que realiza un correcto manejo de coberturas benéficas asegura la estabilidad del agroecosistema, su productividad y disminuye (con el tiempo) costos al prescindir del uso de herbicidas en el control de arvenses.

26 Guía de Técnicas Agroecológicas para el Manejo de las Principales Plagas en Plantaciones de Plátano en Talamanca, Limón. UNA, 2012
27 Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano. Agronomía Mesoamericana, UCR, 2018

Casos de éxito

La finca Don Marce Sur “MRS” es una unidad de producción de banano de 95,1 hectáreas, ubicada en el corregimiento de Varela, municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. MRS comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A., y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

La práctica de cero uso de herbicida para el control de arvenses es un compromiso de la empresa con el proyecto de sostenibilidad de WWF, y es parte de los logros que se han alcanzado tanto en MRS, como en otras 11 fincas ubicadas en la Zona Bananera. Lo cual además es una iniciativa que impacta positivamente, la protección de recurso hídrico al disminuir el riesgo de contaminación por arrastre de trazas químicas hacía ecosistemas como el Rio Frío.



La finca se localiza en la cuenca del Riofrío, en un área con una precipitación promedio anual entre 900mm y 1.500mm[28], razón por lo cual la actividad de irrigación es necesaria durante todo el año y la conservación de la cobertura vegetal es una prioridad para mantener la humedad que necesita el cultivo.
Desde el año 2020 la administración de finca eliminó la aplicación de herbicida para el control de arvenses, priorizando el uso de métodos manuales y mecánicos; lo cual ha permitido mantener una cobertura vegetal uniforme en toda el área de cultivo en donde predominan la commelina (*Commelina sp.*) y la oreja de ratón (*Geophila sp*) y a lo largo de la red de canales primarios, donde se han sembrado plantas herbáceas de hoja ancha como la mafafa (*Xanthosoma sp.*)

28 Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio Zona Bananera, 2001.

Casos de éxito

Finca Elba es una unidad de producción de banano de 358 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la Provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

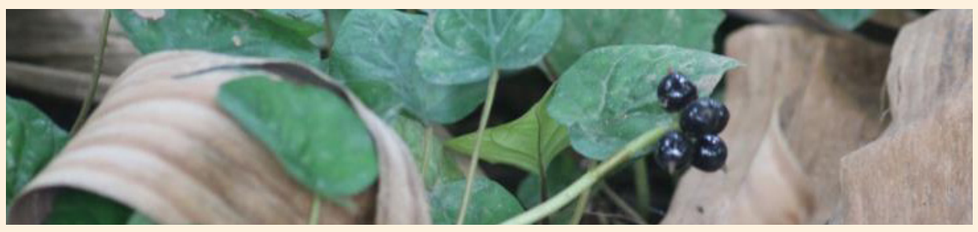
La finca, en el 2019 inició un plan de expansión de coberturas como parte de las iniciativas de conservación de suelos y disminución de carga tóxica que ha mantenido Dole como parte de sus compromisos con el proyecto de sostenibilidad de WWF.

El plan inicialmente contemplaba la siembra de oreja de ratón "Geophila macropoda" en 80,6 hectáreas, distribuidas en 8 diferentes lotes de la finca.

Semana	11	12	13	14	Total
Lotes	L4-L24	L8-L10	L17-L19	L29-L33	8 Lotes
Has	27,5	16,8	16,8	19,5	80,6

La incorporación de esta especie nativa, se realizó en surcos o hileras ubicadas en el centro de las líneas de cultivo, con el fin de aprovechar mejor el riego y la radiación solar y evitando el pisoteo de los trabajadores durante el desarrollo de labores como cosecha y fertilización.

Paralelamente, la administración ya venía disminuyendo la práctica de control químico de arvenses, lo que facilitó el crecimiento y diseminación no sólo de esta cobertura sino de otras especies vegetales promisorias.
A partir del 2020, la finca eliminó por completo el uso de herbicidas como método de control.
El avance actual (*enero 2023*) de coberturas en campo es de 79,26%, en donde se tienen 89,70ha con oreja de ratón y 178,3ha con coberturas naturales espontáneas, aumento significativo que es apoyado mediante la aplicación de una metodología de control mecánico dirigida a conservar una capa de cobertura uniforme de 5 centímetros, evitando de esta forma la presencia de suelos desnudos, mejorando la estructura y el aporte de materia orgánica, a la vez que se reduce la pérdida o lixiviación de fertilizantes a los canales cercanos, lo cual contribuyen también con la captura de carbono en suelo y a una menor contaminación ambiental.



Referencias

[1] Capítulo 2. La clasificación y ecología de las malezas: https://www.fao.org/3/T1147S/t1147s06.htm
[2] Definición de Biótico: https://definicion.de/biotico/
[5-7-8-19] Identificación de Coberturas Promisorias para Cultivo de Banano en la Zona De Santa Marta, Colombia: ART 1 VOL 2 Revista Antrópica vol. 2.pdf (oaji.net)
[9] Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en el Cultivo de Banano. https://isbn.cloud/9789968578011/manual-de-buenas-practicas-agricolas-en-el-cultivo-de-banano/
[10] Cultivo in vitro de Geophila Macropoda: Cultivo_in_vitro_geophila_macropoda_embriones_cigoticos.pdf (tec.ac.cr)
[11] Especie Naturalizado: Definición de especie naturalizada - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE
[13] Definición de eutrofización. https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/eutrofizacion.htm
[16] La importancia de la alelopatía en la obtención de nuevos cultivares. https://www.fao.org/3/y5031s/y5031s0f.htm#:~:text=La%20alelopat%C3%ADa%20es%20definida%20como,y%20crecimiento%20de%20otra%20planta.&text=La%20alelopat%C3%ADa%20por%20si%20sola,para%20el%20control%20de%20malezas.
[18] Descripción de Género: https://www.ecured.cu/G%C3%A9nero_(biolog%C3%ADa)
[21] Identificación de malezas trepadoras del banano (musa sp.) en la zona caribe de Costa Rica. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v11n01_123.pdf
[22] Marchitez por Fusarium raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v31n01_259.pdf
[24] Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña. http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/06/00516-manejo-cultivo-pina-cd.pdf
[26] Guía de Técnicas Agroecológicas para el Manejo de las Principales Plagas en Plantaciones de Plátano en Talamanca, Limón. 2012_Guia_tecnica.pdf (una.ac.cr)
[27] Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano. View of Weed abundance and ground cover under conventional or organic management of coffee and banana (ucr.ac.cr)
[28] Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio Zona Bananera: https://www.zonabananera-magdalena.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20B%C3%A1sico%20de%20Ordenamiento%20Territorial%20Zona%20Bananera.pdf

Otras consultas:

- Biodiversidad de Suelos y Carbono Orgánico en Suelos. Cómo Mantener Vivas las Tierras Áridas: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-004-Es.pdf
- Efectos de las Prácticas Culturales Sostenibles en el Manejo de Malezas del Cultivo de Banano en la Universidad Earth: http://191.102.118.231:8080/bitstream/123456789/18564/2/Rodas_Godoy_2003.pdf
- Mapa de Finca la Esmeralda: https://fincalaesmeralda.wordpress.com/planos-cartografia-2/lotes-y-suelos
- Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Producción de Piña: F01-9646.PDF (mag.go.cr)
- Origen, historia natural y usos de las plantas introducidas en Costa Rica: Origen, historia nat y usos, plantas introducidas en C.Rica-Cuad Investig 12(2), 2020.pdf (ucr.ac.cr)
- Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/4188/pdf
- Preparación de Terrenos: Pina3.pdf (earth.ac.cr)
- Recomendaciones para el manejo de malezas: https://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf

Labranza de bajo impacto

7

Categoría B

Exportadora Atlantic, Nicaragua

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

3 Reincorporación de residuos orgánicos
4 Análisis y control de erosión
5 Control de arvenses por métodos no químicos
6 Cobertura vegetal viva
8 Optimización del uso de plaguicidas sintéticos
12 Estimación de huella de carbono
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.4.2 (Guía J),4.4.5

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Criterio: 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3

Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB/3.4,3.5

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Labranza de bajo impacto

FICHA 7

Descripción de la medida

Durante muchos años, la labranza convencional ha sido aplicada de forma continua, siendo una práctica usual en la preparación de terrenos para la producción agrícola. Este método se basa en el uso de distintos tipos de arados y tiene como finalidad principal la roturación[1] de la capa superficial del suelo, en donde mediante una vertedera se voltea la sección de suelo que ha sido roturada. De este modo, se logra un doble objetivo, al enterrar la vegetación existente y desmoronar los terrones del suelo. Estas prácticas son seguidas por otra serie de labores como la rastra y el rolado, con las cuales se complementa la tarea de eliminar las malezas, emparejar y nivelar la superficie arada hasta que la cama de siembra esté lista[2].

Si bien la implementación de la labranza tradicional puede brindar efectos positivos a corto plazo tales como la eliminación de malezas y mejoras en la infiltración y descompactación del suelo, también se asocia a una serie de efectos negativos que provocan la degradación de este, como lo es el aumento de la susceptibilidad a la erosión, la pérdida de la estructura y un incremento paulatino en la densidad aparente[3], siendo la capa arable del suelo la más afectada. Asimismo, se disminuye el contenido de materia orgánica, se alteran las propiedades biológicas y químicas del suelo y se genera un aumento en los costos de mantenimiento del cultivo debido al uso intensivo de maquinaria agrícola dependiente de combustibles fósiles[4].

Una forma de minimizar el impacto de la labranza convencional es la utilización de métodos menos agresivos, en donde la perturbación del suelo se reduce drásticamente en comparación al escenario tradicional.

Labranza, Agromundo 2022.

Las alternativas de labranza de bajo impacto van desde la eliminación de todas las actividades mecánicas del cultivo y la siembra (labranza cero), la reducción de los movimientos de tierra y pasos de maquinaria que no sean considerados imprescindibles para el cultivo (labranza mínima), hasta la incorporación de residuos de la cosecha anterior dentro del área de cultivo, en conjunto con la disminución de movimientos de tierra y uso de maquinaria (labranza de conservación) [5].

Entre las ventajas de aplicar una o varias de estas técnicas en la finca, se encuentra la reducción de la erosión hídrica y eólica del suelo, el incremento de la materia orgánica, la disminución de la compactación por el paso de maquinaria, el aumento

1 La roturación del suelo es la acción agrícola de arar o labrar la superficie por primera vez; sobre terrenos eriales, es decir, que previamente no estaban cultivados. Real Academia Española, 2022
2 La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. Agronomía Mesoamericana, UCR, 2001.
3 Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. MAG, 2010
4 Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, 2015/ La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. TEC, 2017
5 Apuntes de labranza mínima y labranza de conservación. CIB, 2000

en la retención de humedad y las mejoras en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, entre otras. Asimismo, se reduce el costo energético, manteniendo los niveles de producción convencional, pero sin agotar los recursos del suelo[6].

Para una persona productora, la decisión de utilizar una u otra técnica de labranza de bajo impacto dependerá de múltiples factores, incluyendo las características y requerimientos propios del cultivo a establecer, las condiciones topográficas, climáticas y edáficas presentes, así como los recursos tecnológicos y financieros disponibles. En este sentido, es importante seleccionar métodos de labranza de bajo impacto que sean viables de ejecutar dentro de la finca y que no comprometan la productividad, sino que ayuden a mantenerla e incrementarla a través del tiempo.

En la sección metodológica de esta ficha se describen las técnicas de labranza de bajo impacto existentes y se detallan alternativas para su aplicación directa en el cultivo de piña y banano.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Disminuye erosión y sedimentación, reduciendo el impacto sobre la biodiversidad presente en cuerpos de agua.
- Reduce las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), al disminuir las pérdidas de carbono en suelo durante el movimiento de la tierra, y al reducir el uso de combustibles fósiles requeridos para el funcionamiento de la maquinaria agrícola.
- Aumenta las reservas de carbono orgánico en el suelo a través de la incorporación de materia orgánica.

Beneficios para la persona productora

- Reduce costos operativos, incluyendo mano de obra, reparaciones de maquinaria y compra de insumos[7].
- Favorece el mantenimiento de las tasas de producción por hectárea.
- Facilita la penetración de la humedad en el suelo.
- Mejora la eficiencia de preparación del terreno (hectáreas por hora de trabajo).
- Reduce la lixiviación de nutrientes, en especial si se trabaja una labranza de conservación (aporte de materia orgánica).
- Mejora de la resistencia de la capa superior del suelo a la erosión del viento.
- Permite facilitar la comercialización de sus productos y fortalecer el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación.

Metodología de implementación de la medida

La implementación de prácticas de labranza de bajo impacto debe ser considerada como parte de una estrategia integrada de conservación de suelos y no como una actividad aislada, se debe buscar no solo minimizar impactos ambientales, sino también incrementar productividad en el tiempo y reducir costos asociados a métodos de labranza convencional.

La selección y aplicación del tipo de labranza de bajo impacto dependerá de las características y condiciones presentes en cada unidad de producción; razón por la cual, es recomendable contar con ayuda técnica que facilite la toma de decisiones y asegure el cumplimiento de la legislación aplicable.

A continuación, se amplían las acciones a seguir por parte de la persona productora para la aplicación de esta medida:

Paso 1. Análisis inicial de las condiciones en la finca.

Para poder determinar la técnica de labranza idónea en la finca, la persona productora debe realizar inicialmente un análisis de las condiciones del sitio, incluyendo las características topográficas, climáticas y edáficas; así como los requerimientos del cultivo a establecer y los riesgos fitosanitarios presentes. Estas condiciones pueden favorecer o limitar la efectividad de las prácticas de preparación del terreno y determinar el momento idóneo para desarrollarlas. **Por ejemplo,** en fincas de piña, es importante analizar previamente, las clases de capacidad de uso de la tierra, la presión de las plagas al momento del manejo del rastrojo en los sitios de preparación, así como la altura y conformación de las camas de siembra ya constituidas[8], valorando si estas pueden sostener un nuevo ciclo de siembra, aplicando una práctica de labranza de bajo impacto.

Cuadro 1
Prácticas de conservación de suelos y agua, según la clase de capacidad de uso de la tierra

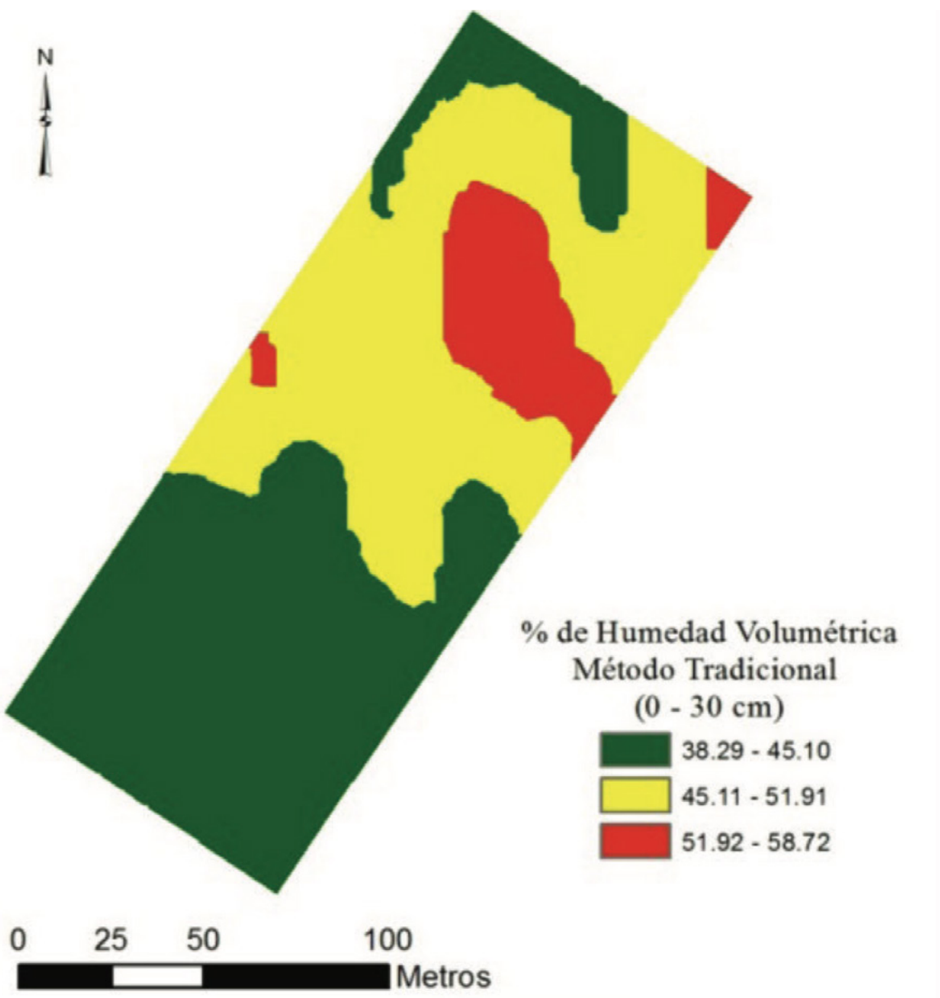
Descripción de la práctica	Clase de capacidad de uso de la tierra		
	I	II	III
Labranza superficial	x	x	x
Labranza de contorno	x	x	x
Siembra de contorno	x	x	x
Rotación de cultivos	x	x	x
Fertilización y enmiendas minerales	x	x	x
Enmiendas orgánicas	x	x	x
Barreras vivas		x	x

Fuente: MAG, 2019.

El análisis debe abordar las causas y condiciones más comunes[9] que dificultan las labores agrícolas de preparación de terrenos, entre las cuales se pueden citar:

6 Piña (Ananas comosus L.Merr) sembrada en labranza mínima y labranza convencional en San Carlos, CR. Agronomía Mesoamericana, TEC. 2004.
7 El total de los costos operativos de la maquinaria necesaria para establecer los cultivos bajo labranza mínima se pueden reducir hasta un 50%. Agroecología Original. 2018.
8 Teniendo en cuenta el grado de erosión generado por precipitaciones o viento en las dos últimas cosechas.
9 Incidencia del grado de humedad en suelos en textura franco limoso, ante la aplicación de las labores de arado y rastrado. UTM,. 2019.

- El contenido de humedad del suelo: la aplicación de técnicas de labranza en suelos con humedades inferiores a la óptima tiende a destruir su estructura, mientras que con contenidos de humedad elevados el suelo se puede convertir en lodo, dificultando su manejo posterior. Es por esta razón que la preparación del terreno se recomienda cuando los suelos se encuentran ligeramente húmedos (humedades entre el 40% y 50% para la mayoría de los tipos de suelos y 20 al 25% en suelos franco-limosos)[10].
- La textura del suelo: la presencia de suelos pesados debido a su textura causa una variación en el grado de penetración que ofrece el suelo a los diferentes instrumentos de labranza, dificultando la ejecución de dicha labor. Por ejemplo, los suelos arcillosos cuentan con mayor dificultad en la labranza que suelos arenosos.
- Grado de compactación: la presencia de suelos altamente compactados a causa del uso inadecuado y excesivo de la mecanización agrícola, genera la necesidad de utilizar técnicas alternativas para la descompactación, provocando un ciclo de afectación permanente por el uso de maquinaria.
- Presencia de obstáculos: la aparición de material orgánico como troncos, raíces y otros elementos que se encuentran en el suelo también dificultan las labores de preparación del terreno. En este sentido, es recomendable dejar un tiempo prudencial para la descomposición de los residuos de la cosecha anterior (cuando esto no constituye un problema de generación de plagas) o proceder con su trituración y manejo para acelerar la descomposición, de forma tal que no afecte el paso de la maquinaria (en caso de aplicar técnicas de labranza mínima).
- Contenido de materia orgánica: la presencia de materia orgánica hace posible la labranza con un 52% de humedad sin llegar a enfangar el suelo, mientras que en su ausencia basta con un 27% de humedad para que las labores de preparación conviertan el suelo en un área lodosa y de difícil manejo.
- Pendiente: a mayor pendiente, mayor dificultad en la aplicación de las prácticas de preparación, siendo necesaria la implementación de prácticas adicionales de conservación de suelos para evitar la erosión y sedimentación[11].



Agronomía Costarricense, 2015

Para esta primera actividad es ideal desarrollar mapas que permitan visualizar en cada lote o sitio dichas variables. Por otro lado, es importante señalar que cada una de las técnicas tendrá ventajas y desventajas a nivel productivo (al igual que la labranza tradicional), por lo que la selección de la práctica idónea debe efectuarse con ayuda técnica, analizando todas las posibles variables y valorando hasta qué nivel se pueden omitir los movimientos del suelo en el sitio de siembra para que no se afecte el cultivo ni la productividad.

Paso 2. Conocer las modalidades de labranza de bajo impacto existentes.

Existen diferentes modalidades de labranza de bajo impacto que comparten un sentido común: contar con alternativas para mantener la eficiencia en la producción agrícola y reducir el impacto ambiental con respecto a las prácticas tradicionales. El método de labranza seleccionado debe ser capaz de ajustarse al sistema de manejo de suelo y desarrollo radicular del cultivo, considerando siempre la importancia de conservar los recursos, suelo y agua.

A continuación, se describen diferentes prácticas de labranza de bajo impacto que han sido probadas de forma efectiva en el sector agrícola. Posterior a esto (pasos 3 y 4) se detallan alternativas para su aplicación directa en el sector piñero y bananero, considerando que dichas técnicas podrían requerir de adaptaciones y ajustes según las características propias de cada uno de estos cultivos.

a. Labranza cero (siembra directa).

Como labranza cero se conoce al sistema de producción en donde se eliminan por completo todas las labores mecánicas de preparación para la siembra. Bajo este mecanismo el suelo no recibe labranza alguna durante todo el proceso de instalación desde la cosecha del cultivo hasta la siembra siguiente, manteniéndose prácticamente intacto, con excepción de la aplicación de materia orgánica y el control de malezas, el cual es realizado de forma manual o mecánica sobre la superficie del terreno[12].

En este método también es posible la disposición de residuos vegetales de cosecha anterior, lo que aporta materia orgánica al suelo[13] (Ver figura 1).

Figura 1. Labranza cero y disposición de residuos vegetales Todoelcampo, 2022.

10 Distribución espacial de la humedad y su relación con la textura en un suelo. Agronomía Costarricense, 2015.
11 Ver ficha #6 "Cobertura vegetal viva"
12 La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. TEC, 2017

13 Apuntes de labranza mínima y labranza de conservación. CIB, 2000

Entre los beneficios que se pueden asociar a la aplicación de este método se encuentra la conservación del nitrógeno del suelo, el ahorro significativo de mano de obra y combustible, la reducción en la compactación y la conservación de la estructura del suelo[14]. En contraposición, parte de las desventajas que podría tener este método es que, si las condiciones originales del suelo no eran buenas, por ende, al no realizar ninguna labor de labranza, las condiciones negativas se mantendrán, disminuyendo los índices de producción. Asimismo, sin el uso de maquinaria, la eliminación de hierbas competidoras y el control de plagas y enfermedades podría contar con una mayor complejidad, siendo necesario el uso posterior de prácticas de control de malezas y el aumento en el uso de agroquímicos para control de plagas[14].

Por ende, la persona productora puede aplicar este método únicamente cuando las condiciones propias del terreno sean aptas para mantenerlas en el tiempo, así como las variedades de cultivo incorporadas permitan una baja incidencia de plagas y enfermedades.

b. Labranza mínima[15].

La labranza mínima implica una realización simultánea de un conjunto de labores que normalmente se aplican de forma independiente orientadas a conseguir la preparación del terreno y la siembra con el mínimo indispensable de movimiento del terreno. Involucra el uso de implementos que rompen el suelo de forma vertical, sin voltearlo de manera significativa, facilitando la infiltración sin dañar la estructura del suelo. La principal diferencia entre este método y la labranza convencional se encuentra en la cantidad de veces en que la maquinaria agrícola pasa sobre el terreno realizando las labores de preparación. El objetivo de este tipo de labranza es el ahorro de energía y de tiempo de trabajo, así como la disminución en la compactación y alteración de las condiciones físicas del suelo, al minimizarse el tránsito del tractor sobre el terreno[16].

En general, la maquinaria agrícola utilizada en la labranza mínima es prácticamente la misma a la empleada en otras técnicas de cultivo tradicional: arados escarificadores, fresadoras, entre otros; siendo la diferencia principal que tales elementos son montados en un único bastidor y la labor se realiza en una sola pasada (los implementos[17] a menudo son acoplados en los tres puntos de enganche del tractor). Para llevar a cabo esta operación en serie, se requiere considerar la potencia del tractor agrícola para asegurar la suficiencia con base en los implementos a incorporar. Asimismo, también resulta importante tomar previsiones respecto al tránsito y rodaje de este para minimizar el impacto con el paso de la maquinaria (aspectos tratados en el Paso 4).

Labranza mínima en piña. INTA,2013

c. Labranza de conservación[18].

La labranza de conservación es un sistema de laboreo en donde la siembra se realiza sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento. Este tipo de labranza se puede aplicar de forma conjunta con la labranza mínima o la labranza cero, siendo el factor diferenciador el aprovechamiento y uso de los residuos agrícolas. Bajo este método se mantiene por lo menos un 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos de cultivos (rastrojo) después de la cosecha. Esta práctica contribuye de manera esencial a conservar y rehabilitar el suelo, además de incorporar materia orgánica, mejorar la fertilidad del suelo y reducir los costos de producción[19].

Comúnmente y de forma extendida este tipo de labranza se ha asociado con el uso de herbicidas químicos para el control de malezas y residuos vegetales antes y después de la siembra, sin embargo, la utilización de este tipo de productos acarrea otros inconvenientes ambientales, tales como afectaciones a la biodiversidad, contaminación de fuentes de agua y toxicidad humana. Por tal razón, el uso de alternativas manuales o mecanizadas para el control de malezas y residuos de la cosecha previa, así como el uso de microorganismos para acelerar la velocidad y efectividad en la descomposición de la biomasa, resulta una opción de menor impacto ambiental sugerida para su aplicación bajo esta modalidad.

Otras alternativas dentro del concepto de labranza de conservación se describen a continuación:

Labranza en franjas[20]: El concepto en sí consiste en realizar la labranza en las líneas donde se va a realizar la siembra del nuevo cultivo *(de 10 a 20 cm de profundidad dependiendo de la especie a sembrar)*, mediante una pasada del arado de discos o de rejas a lo largo del campo para facilitar la colocación y germinación de las semillas. El resto del terreno permanecerá sin labrarse y con los restos del cultivo anterior[21].

Labranza en líneas. CIMMYT, 2018

14 La labranza cero y la técnica del "no arado". Agromática, 2012.
15 Labranza mínima es una técnica de agricultura de conservación en la que la persona productora trabaja sobre la capa superior del suelo hasta una profundidad de 10 a 15 centímetros utilizando maquinaria de labranza mínima para alterar lo mínimo posible el suelo y mejorar su estructura a lo largo del tiempo. Glosario, Módulo Base de Cultivo, Global GAP, 2021.
16 Métodos de labranza conservacionista y maquinaria para la conservación de suelos en el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. BCIE, 2017.
17 El implemento de labranza puede ser un rastrillo de dientes flexibles, un rastrillo de discos, un desmenuzador rotatorio, o una cultivadora. Universidad de Puerto Rico, 1997.
18 Manual de sistemas de labranza para América Latina. FAO, 1992.
19 Labranza de conservación. SAGARPA, 2016.
20 Labranza en franjas con Maverick Yetter. IAECSA, 2014.
21 Labranza en franjas: su efecto sobre la compactación del suelo y el rendimiento en un cultivo de maíz. Universidad de Buenos Aires, 2016.

Labranza en lomos: Bajo esta técnica la siembra se realiza sobre los camellones o lomos, en su parte más alta. Estos se conforman con un cultivador especial, realizándo este trabajo después de la cosecha y siguiendo las líneas de la labor del cultivo anterior[22]. El resto del suelo permanece sin labranza y cubierto con los restos del cultivo anterior. Los centros de los lomos quedan a una distancia inferior a 1 metro entre ellos, manteniendo entre un 50 a un 65% del rastrojo del cultivo anterior sobre los lomos y el suelo que se remueve. Debido a la cantidad de rastrojo y a que los lomos mantienen el agua en los surcos, este sistema proporciona una gran protección contra la erosión. Es un sistema muy conveniente para suelos saturados, ya que provee un mejor drenaje para las raíces del cultivo[23].

Conformación de lomos. Esto es Agricultura, 2021

Paso 3. Seleccionar las prácticas de labranza aplicables para el cultivo.

Teniendo en cuenta las variables descritas en el paso 1, así como las características y requerimientos propios del cultivo, la persona productora puede identificar cuál o cuáles de las prácticas de labranza de bajo impacto (paso 2) se pueden implementar en la finca.

En la siguiente sección se detallan las prácticas que pueden ser desarrolladas en fincas de producción de piña y banano, considerando que, bajo ciertas condiciones topográficas, climáticas y edáficas propias de la unidad de producción o inclusive presentes en un bloque o lote en particular, se podrían requerir ajustes a los métodos que serán descritos a continuación, con el objetivo de obtener resultados esperados.

Para fincas de piña, variables como la erosión y la compactación resultantes del uso excesivo de maquinaria agrícola, el deterioro en la actividad microbiológica ocasionado por la aplicación intensiva de pesticidas y el manejo de residuos de cosechas (rastrojo), son algunos aspectos a ser considerados por la persona productora en cada ciclo productivo, condiciones que dificultan los procesos de preparación de terrenos para la siembra y afectan de manera directa la productividad del cultivo a mediano y largo plazo[24].

En la implementación de la medida, la persona productora debe asegurar un manejo integral y responsable de los residuos del cultivo (rastrojo), teniendo en cuenta no solo el alto volumen de biomasa que se genera[25]; sino también que una inadecuada gestión convierte este residuo vegetal en un foco de contaminación que favorece la propagación de plagas tales como la mosca del establo "Stomoxys calcitrans", la cual acarrea problemas en la salud pública y afecta de manera directa la actividad pecuaria cercana[26].

Como medida para contrarrestar estos efectos, tradicionalmente se han aplicado dos tipos de manejo del rastrojo[27].

a. Manejo en seco.

Corresponde a la aplicación de herbicida como medio de secado químico, para posteriormente realizar una aplicación de fuego (quema). Los residuos remanentes (algunas hojas, tallos y raíz) son incorporados al terreno por medio de rastras, luego de realizar las dos intervenciones indicadas. Esta práctica, si bien cuenta con un costo inferior al manejo en verde, se asocia a algunos de los problemas antes descritos, tales como el deterioro en la actividad microbiológica del suelo, problemas de toxicidad humana, impactos en otros recursos naturales tales como las fuentes de agua superficiales y subterráneas y generación de gases de efecto invernadero de forma inmediata.

b. Manejo en verde.

La práctica consiste en la trituración e incorporación del residuo por medio de maquinaria agrícola, evitando el uso de quema química para desecación y física (con fuego) para su eliminación. De esta forma se incorpora mayor cantidad de materia orgánica al suelo, mejorando su fertilidad, capacidad de retención de humedad, disminuyendo los efectos erosivos y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la preparación del terreno en comparación con el método de manejo en seco (Ver figura 2).

Factores de emisión en kg/ha/año para tres tipos de manejo de rastrojo en el cultivo de piña obtenidos en las condiciones de manejo de Finca El Tremedal, San Carlos 2019.

	Factor de emisión (kg/ha/año)		
Gas	Rastrojo Verde	Rastrojo Herbicida	Rastrojo Quema
CH_4	926,42	1592,30	1294,81
CO_2	1541,76	2455,72	2175,96

Fuente T.E.C., 2019

22 Métodos de labranza conservacionista y maquinaria para la conservación de suelos en el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. BCIE, 2017.
23 Manual Práctico para el cultivo sustentable del plátano en Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, 1997.
24 Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña II edición. MAG. 2014.
25 Se estima que, por hectárea de piña cultivada, se generan cerca de 250 TM de rastrojo. MAG/SFE, 2012.
26 Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña en Costa Rica. UNED, 2018.
27 Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña II edición. MAG. 2014.

Analizando los escenarios anteriores y en busca de un método de preparación de terreno de bajo impacto, que sea viable para la producción de piña, se sugiere el manejo del rastrojo en verde, para posteriormente implementar prácticas de labranza mínima. Teniendo en cuenta los siguientes pasos[28]:

- Considerar la capacidad existente: en una plantación bajo renovación no se debe derribar[29] más área de la que se tenga capacidad de procesar e incorporar de acuerdo con el recurso humano y la maquinaria agrícola disponible.
- Reducción de biomasa por medio de chapea: el volumen de rastrojos generado es considerable, aunado a la característica de lenta degradación debido a la morfología de las hojas. Por lo cual es recomendable reducir la cantidad de biomasa que será incorporada a la hora del derribo. Esto se puede lograr a través de una chapea manual, cortando el follaje días antes para promover el desecamiento, acelerar la descomposición y disminuir la cantidad de rastrojo que será procesado e incorporado posteriormente.
- Acordonado del rastrojo: esta práctica busca ubicar los restos del cultivo manualmente de cama por medio y se realiza con el objetivo de mejorar el rendimiento de la labor de trituración. En caso de existir piedras en el terreno, durante el acordonado, estas pueden ser apartadas de las líneas de triturado para que el implemento no las impacte, evitando daños a los equipos.
- Trituración del rastrojo: es recomendable el uso de maquinaria para terminar de triturar el material, incorporarlo al suelo y conformar posteriormente los espacios de siembra aplicando técnicas de labranza mínima. La trituración del rastrojo seguida de la aplicación de microorganismos permite aumentar la tasa de mineralización del terreno, evita la generación de problemas ambientales y la proliferación de moscas. En algunos casos podría ser necesaria una repetición de la práctica de trituración cuando aún se mantienen restos de rastrojo al descubierto después del primer paso de maquinaria.
- Uso de microorganismos eficientes (descomponedores). La utilización de descomponedores es muy importante dentro de un plan de manejo de rastrojos, ya que aceleran el proceso de descomposición, reduciendo el tamaño de la materia orgánica, haciendo que el rastrojo pierda su atracción para la mosca del establo.
- Incorporación del rastrojo: es importante considerar que una vez derribada el área por medio del uso de trituradoras, debe iniciarse de inmediato con los trabajos de incorporación del rastrojo, los cuales deberían procesarse e incorporarse en un lapso no mayor a 12 días para evitar impactos por la aparición de plagas.
- Prácticas de control: es necesario elaborar un procedimiento operacional que describa las actividades de monitoreo y control de plagas como, por ejemplo, mediante el uso de parasitoides y la instalación de trampas. El monitoreo debe extenderse desde antes de la derriba hasta la nueva siembra.
- Preparación de terrenos: posterior al manejo de rastrojos, corresponde dar mantenimiento o conformar nuevamente las camas para la siembra en caso de que su altura se haya visto afectada por las prácticas de incorporación de rastrojo o por efectos de erosión durante el tiempo que se mantuvo el cultivo. Esto se realiza con un equipo encamador de uno, dos o tres cuerpos, acoplado a los tres puntos del tractor.
- Asimismo, se debe dar mantenimiento a los drenajes por medio del uso de minidragas o de forma manual (con pico y pala).

Es importante considerar que en caso de requerir pasos adicionales de rastra o subsolado, debe optarse por la aplicación de labranza mínima, procurando reducir la cantidad de pasos de maquinaria, planificando estratégicamente las labores y aprovechando el paso de esta para realizar las tareas de forma simultánea.

Adicionalmente, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones para minimizar el impacto de esta operación[30]:

- Valorar la humedad del suelo al momento de la mecanización.
- Utilizar equipos de labranza que pulvericen menos el suelo y reduzcan los riesgos de formación de "piso de arado": en este sentido el arado de cinceles, rastras de dientes y vibro cultivadores se convierten en una buena opción.
- En suelos de texturas medias, sustituir el arado de discos por arado de cinceles y emplearlo únicamente cuando se tengan suelos muy degradados.
- Utilizar rastra rompedora que deja una estructura superficial con terrones más difíciles de erosionar.
- Utilizar el subsolado cómo una actividad esporádica empleada como excepción para casos que lo requieran, en vez de una práctica habitual.
- Reconformación de los canales de drenaje y extracción de sedimentos para mantenerlos funcionales.

En **casos excepcionales** en donde las circunstancias fitosanitarias o condiciones presentes en la finca no permitan el manejo e incorporación del rastrojo en verde, se podría implementar el método de manejo de rastrojo en "seco", utilizando productos desecantes permitidos por legislación y normas internacionales, reincorporando posteriormente el material vegetal bajo prácticas de labranza mínima o cero labranza.

En el caso del cultivo de banano, debido a que los ciclos de restitución son largos, extendiéndose desde 8 hasta 30 años aproximadamente *(plazo que varía debido a factores de sitio, presencia de plagas y enfermedades, índices de producción anual, entre otros aspectos)*, las condiciones físicas del terreno luego de las labores iniciales se mantendrán prácticamente invariables hasta la siguiente renovación del cultivo. Por tal razón, la preparación del terreno constituye una fase relevante para asegurar una producción estable de fruta a lo largo del tiempo. Para la ejecución de dicho proceso se cuenta con dos alternativas diferentes: manual y mecanizada, las cuales pueden ser utilizadas bajo ciertas circunstancias dentro de la finca.

28 Ver referencias bibliográficas: 24, 25, 26, 31, 41, 42, 43
29 Proceso de eliminación de la plantación al final de su ciclo productivo.
30 Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña II edición. MAG. 2014.

a. Método Manual

Consiste en el uso de equipo de corte o cuchillo para la limpieza del sitio, la eliminación de plantas de banano antiguas (en caso de reposiciones o renovaciones del cultivo) y el picado de este material sobre el terreno para facilitar su descomposición. Este método tiene la ventaja de que no provoca deformaciones en el suelo y se aumenta la cantidad de materia orgánica por la descomposición de los restos de cosecha, siendo el aumento en el costo de mano de obra para triturar y distribuir los restos de biomasa la única limitante[31].
Para el caso de reposiciones o renovaciones en sitios cuya compactación sea baja es factible de aplicar este tipo de técnica, eliminando la necesidad de realizar movimientos de tierra o trabajos específicos con maquinaria agrícola y apoyándose únicamente en herramientas manuales tales como cuchillo y trincho manual[32] cuando lo amerite.
Esta última herramienta es utilizada para favorecer la descompactación provocada por el paso de personas en labores culturales y de cosecha del banano, obteniéndose mejores resultados en el crecimiento radicular de la planta a través de su uso en los primeros 20 cm de suelo (se sugieren tres pases del trinche en media luna frente al hijo). Lo anterior refiere a una estrategia de labranza cero en conjunto con labranza de conservación luego de la incorporación de residuos del cultivo[33].

Labranza cero. Finca Don Marce Sur 2022

b. Método mecanizado

Se realiza con maquinaria agrícola, efectuando comúnmente una nivelación previa, subsolado, arado o trinchado y rastra. Este suele ser utilizado en áreas de renovación extensas o con condiciones de compactación importantes. En caso de aplicar este método es recomendable la utilización de prácticas de labranza mínima, reduciendo el paso de maquinaria al fijar los implementos en el mismo tractor agrícola, o en su defecto, disminuyendo la cantidad de pasos de maquinaria para una misma operación (por ejemplo, realizar solamente un paso de maquinaria para la labor de trinchado).
Bajo esta alternativa también resulta imprescindible considerar la incorporación de residuos del cultivo anterior sobre el terreno, a través del uso de herramientas de corte o cuchillo.

Labranza mínima. TECBACO, 2022

Paso 4. Considerar otros aspectos relacionados con el sistema de labranza.

En aquellos casos en donde el uso de maquinaria agrícola sea necesario para las labores de labranza, es importante tomar en consideración prácticas para mejorar la eficiencia de su uso. Esto incluye la reducción de tránsito dentro de los terrenos y la disminución del impacto en el rodaje:

a. Tránsito de maquinaria agrícola.

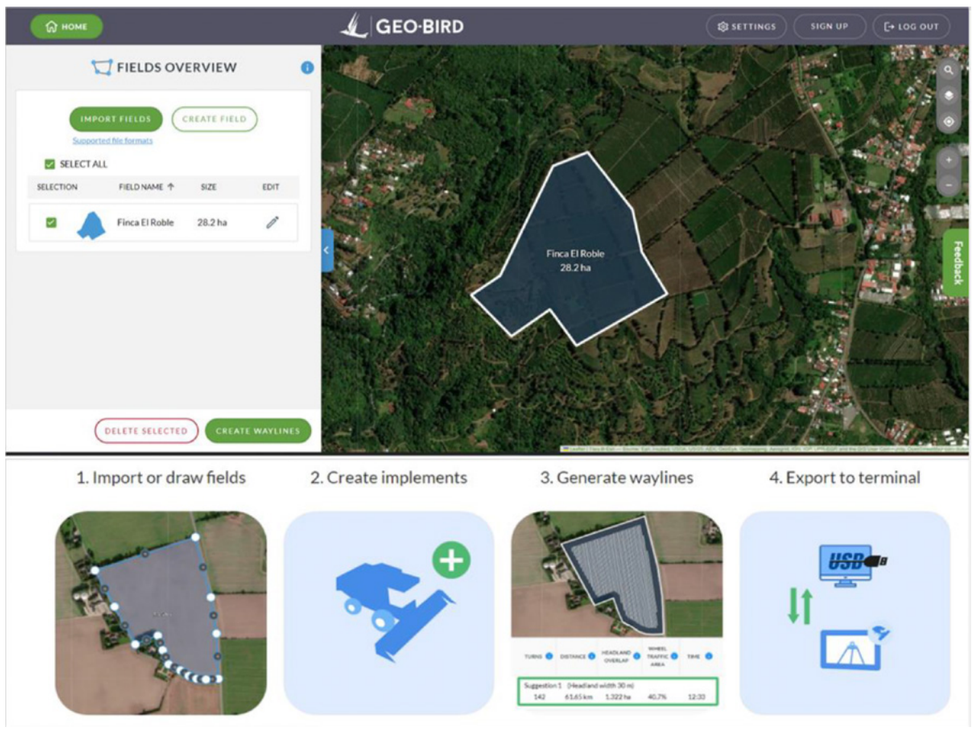
El uso continuo del tractor agrícola en campo da como resultado un aumento en la compactación superficial, la cual altera los procesos naturales del suelo e inhibe el crecimiento de las plantas. A través de los avances tecnológicos hacia la agricultura de precisión se ha generado la posibilidad de automatizar la labranza, por medio del uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) apoyados en satélites. La Agricultura de Tráfico Controlado (CTF, por sus siglas en inglés), es una estrategia basada en tecnología satelital, que busca minimizar la compactación del suelo. Consiste en limitar el tránsito de la maquinaria a áreas definidas, sin que los neumáticos rueden sobre el terreno de producción. A través del uso de esta técnica es posible conducir en la misma vía para todas las operaciones de labranza, creando líneas de tránsito dentro de la finca y evitando la afectación del suelo entre las vías[34]. Se ha determinado que con la labranza automatizada se reduce hasta en un 55% el tránsito dentro de la finca con respecto a los métodos tradicionales, permitiendo una disminución en la compactación por el paso constante de la maquinaria, así como una reducción en el uso de combustibles fósiles[35].

Para implementar esta práctica es necesario realizar la inversión en la compra de equipos de navegación por medio de satélite (por ejemplo, GPS) y la capacitación del personal en el uso y seguimiento de tales instrumentos. Plataformas como GEO-BIRD brindan acceso gratuito al uso de herramientas de Agricultura de Tráfico Controlado, generando rutas y calculando la dirección y ubicación de cada línea de desplazamiento, con el objetivo de reducir giros y área de rodaje.

b. Rodajes de maquinaria[36].

Los tractores agrícolas ejercen una presión continua sobre el suelo a la hora de realizar el tránsito, compactándolo desde su superficie y reduciendo la calidad de este, siendo el primer pase del tractor el que produce mayor efecto sobre el suelo.

31 Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. CATIE, 2017.
32 Autores tales como Suarez (2012) y Gia (2014) (citados por Cando, 2019) recomiendan la remoción en los primeros 20 cm de suelo con tres pases del trinche en media luna frente al hijo, alcanzando con esto mejoras en el crecimiento radical del banano. Universidad Técnica de Babahoyo, 2019.
33 Manual Práctico para el cultivo sustentable del plátano en Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, 1997.
34 Controlled traffic farming. Inagro, 2018.
35 La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. TEC, 2017
36 Estudios de compactación de suelos: neumáticos y tractores. Departamento de Ingeniería Rural, 2005



Por tal razón, el tipo de neumáticos y las presiones de inflado son claves para prevenir la compactación Los neumáticos de alta flotación (caracterizados por soportar menores presiones de inflado y por tener una anchura mayor a la de un neumático convencional) producen una compactación y huella en el suelo inferior a la provocada por los neumáticos convencionales.

El movimiento de la maquinaria sobre el terreno puede mejorarse utilizando neumáticos anchos, lo cual disminuye la presión del inflado para una determinada carga axial. Al comparar la compactación causada por dos tipos de tractores (cadenas y ruedas) y dos tipos de neumáticos (convencionales y de baja presión), se concluyó que los neumáticos con baja presión de inflado producen una compactación y huella en el suelo similar al tractor de cadenas, siendo en ambos casos, muy inferior a la provocada por los neumáticos convencionales con alta presión de inflado.

Neumático de alta flotación. Fuente: BKT

Indicadores de desempeño

- % de residuos de cosecha en suelos en áreas de renovación.
- Hectáreas bajo alguna modalidad de labranza de bajo impacto.
- Ahorro en $ por aplicación de prácticas de labranza de bajo impacto.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca para realizar las labores de labranza de bajo impacto.
- *Externo:* Profesionales en agronomía, expertos en suelos.

Referencia de Costos:

- Hora de operación de tractor agrícola de 108 HP se tendría un costo cercano a $15 USD[37].
- Compra de neumático de alta flotación entre $500 a $900 USD y GPS NAV 500 utilizado para maquinaria agrícola ronda los $2.500USD[38].

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Históricamente la labranza convencional ha sido utilizada como una práctica difundida con efectos negativos asociados al aumento en la erosión, compactación, disminución de materia orgánica y alteración en las condiciones físicas del suelo, generando afectaciones en los ciclos productivos y provocando impactos muchas veces no cuantificados a nivel ambiental. Métodos de labranza de bajo impacto tales como labranza cero, labranza mínima y labranza de conservación surgen como respuesta a esta problemática, mostrándose resultados positivos en diferentes escenarios y permitiendo a la persona productora tener mejores cosechas.

37 Costo de operación y uso de maquinaria agrícola: como evaluarlo. INIA Quilamapu, 2007
38 Neumáticos de flotación 800/45-26.5 agrícola/ Pantalla GFX-350™ CON ANTENA NAV 500

Casos de éxito

La finca Sami es una unidad de producción de banano de 179,1 hectáreas, ubicada en el corregimiento de Río Frío, municipio de la Zona Bananera, en Magdalena, Colombia. La cual comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A. y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además, cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Sami, así como en otras unidades productivas del grupo empresarial, mantienen prácticas de labranza cero y labranza mínima, distinguiendo la aplicación de estas en dos vías: para aquellas renovaciones menores a 10 ha o sustituciones individuales de plantas de banano se realiza la siembra directa de cormos, hijos o rebrotes de la especie Valeri, sin necesidad de utilizar maquinaria agrícola para labores de labranza (labranza cero).

Por otro lado, para renovaciones de áreas mayores a 10 ha se realizan prácticas de labranza mínima, incluyendo labores de nivelación de terreno y apilado de material vegetal con el uso de maquinaria agrícola, paso de trinchos a una profundidad máxima de 70 cm (a través de un solo paso de maquinaria) y uso de rastra liviana para finalizar la preparación. Esto incluye también la construcción de canales de drenaje, para los cuales se toman en consideración prácticas de conservación de suelos[39]. Como práctica usual, la administración mantiene los restos de material vegetativo en campo, y realiza un picado del vástago, además de incorporar compost en la finca. Por otro lado, desde el 2020 la administración de finca eliminó la aplicación de herbicida para el control de arvenses, priorizando el uso de métodos manuales y mecánicos; lo cual ha permitido mantener una cobertura vegetal uniforme en toda el área de cultivo en donde predominan la commelina (*Commelina sp*), la oreja de ratón (*Geophila sp*) y la mafafa (*Xanthosoma sp*), esta última a lo largo de la red de canales primarios.

39 Ing. Kelly Navarro, Finca Sami. Comunicación personal

Casos de éxito

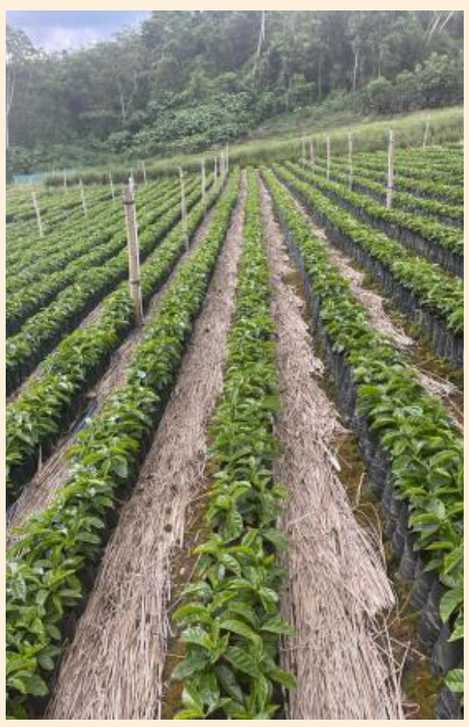
Hacienda Río Negro, es una finca de producción de café de 355 hectáreas, perteneciente a La Minita Corp., ubicada en la zona sur de Costa Rica, en el pueblo de San Luís de Sabalito en la región de Coto Brus, muy cerca de la frontera con Panamá. Desde el año 2001, se convirtió en la primera finca de café en Costa Rica en obtener la certificación Rainforest Alliance.

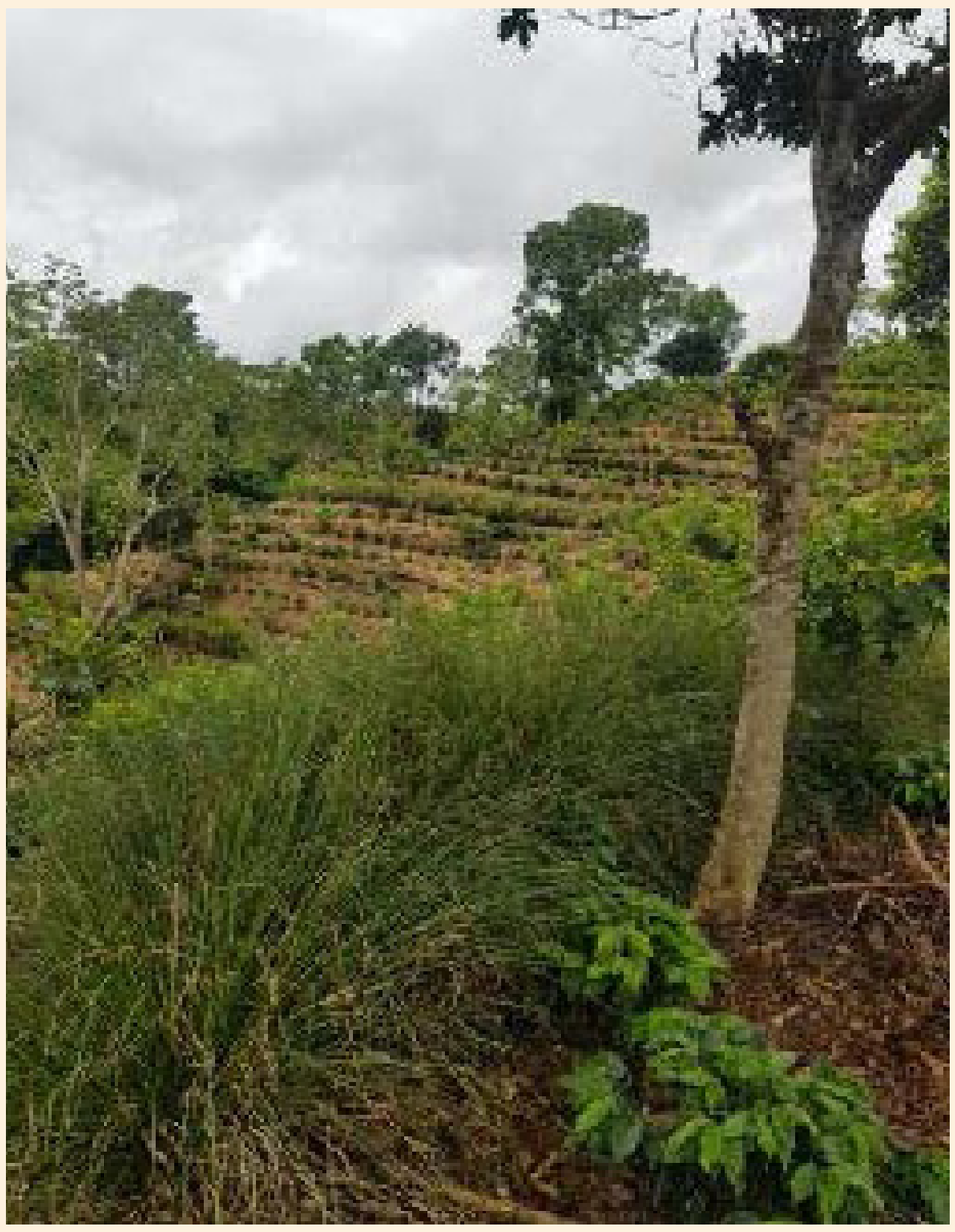
Como práctica general, la administración de finca realiza renovaciones anuales en áreas de cultivo que muestran disminución de productividad. Esta práctica abarca al menos un 5% del área total establecida de café en la finca y está orientada no solo a asegurar cosechas estables en el tiempo; sino también a optimizar costos y disminuir impactos ambientales, esto gracias a la consideración de los sistemas de siembra que mejor se adapten a las condiciones topográficas presentes.

En los últimos años, las renovaciones han sido orientados hacia lotes de café que aún presenten una disposición de siembra en contra de las curvas de nivel, con deterioros de obras de conservación de suelos, o bien mantienen baja densidad de plantas, agotamiento de productividad, problemas fitosanitarios o variedades de café que no cumplen con el perfil de tasa deseado.

En el año 2023, la empresa inició un plan de renovaciones basado en prácticas de labranza de conservación, en donde la sustitución (áreas de cafetales viejos), inicia con prácticas de podas de bandolas (ramas) y erradicación de troncos a nivel del suelo, evitando su extracción con maquinaria y reduciendo el movimiento de suelo al mínimo, ya que únicamente se aperturan hoyos de siembra siguiendo las líneas de contorno del relieve para la colocación de las plántulas de café procedentes del vivero. Los restos de materia orgánica resultantes de las podas se disponen a lo interno de las calles de siembra y la leña de mayor grosor es traslada a los campamentos de recolectores para ser usada como energía calórica en los fogones.

La actividad de siembra se implementa de forma conjunta con diferentes prácticas de conservación de suelos (canales de ladera, gavetas, coberturas vivas especialmente vetiver, otras), disminuyendo problemas erosivos, y asegurado disminución de impactos sobre el recurso hídrico cercano, así como el mantenimiento de reservas de carbono en el suelo.





Referencias

[1] Definición de roturar. https://dle.rae.es/?w=roturar
[2] La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. https://www.redalyc.org/pdf/437/43712213.pdf
[3] Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9646.PDF
[4] Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. Redalyc.Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo / La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-167.pdf
[5-13] Apuntes de labranza mínima y labranza de conservación. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1937/1/libro%20apuntes%20de%20labranza%20minima%20y%20labranza%20de%20conservacion%202000.pdf
[6] Piña (Ananas comosus L.Merr) sembrada en labranza mínima y labranza convencional en San Carlos, CR. https://www.researchgate.net/publication/26507509_Pina_Ananas_comosus_L_Merr_sembrada_en_labranza_minima_y_labranza_convencional_en_San_Carlos_Costa_Rica
[7] Labranza Mínima. https://www.tarpurisunchis.org/AgroEcologiaOriginal/pp/Labranza.pdf
[9] Incidencia del grado de humedad en suelos en textura franco limoso, ante la aplicación de labores de arado y rastrado. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7164419.pdf
[10] Distribución espacial de la humedad y su relación con la textura en un suelo. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v39n03_137.pdf
[12-35] La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-167.pdf
[14] La labranza cero y la técnica del "no arado". https://www.agromatica.es/la-labranza-cero-o-siembra-directa/
[15] Módulo Base de Cultivo, Global GAP. 211117_GG_IFA_CPCC_FV_V5_4-1-GFS_es.pdf (globalgap.org)
[16-22] Métodos de labranza conservacionista y maquinaria para la conservación de suelos en el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion_Superior/1_Metodos_Labranza_Conservacionista_Maquinaria_Dendroenergs.pdf
[17-23-33] Manual Práctico para el cultivo sustentable del plátano en Puerto Rico. https://www.uprm.edu/cms/index.php?a=file&fid=15184
[18] Manual de sistemas de labranza para América Latina https://books.google.com.cu/books?id=bpHSafz3Ma0C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
[19] Labranza de conservación. https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r132212.PDF
[20] Labranza en franjas con Maverick Yetter. https://www.youtube.com/watch?v=DeE82-7dASA
[21] Labranza en franjas: su efecto sobre la compactación del suelo y el rendimiento en un cultivo de maíz. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/11831/INTA_CIA_InstitutodeIngenier%c3%adaRural_Roba_MA_Labranza_en_franjas_su_efecto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[24-27-30] Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de piña II edición. http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/06/00516-manejo-cultivo-pina-cd.pdf
[25] Manual técnico para el manejo del rastrojo en el cultivo de piña. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Q70-10493.pdf
[26] Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña en Costa Rica. https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v10n2/1659-4266-cinn-10-02-455.pdf
[31] Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf
[32] Efectos del trinchado de raíces de banano sobre la masa radical y la densidad poblacional de nemátodos http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6137/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000190.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[34] Controlled traffic farming: A new track for soil and weed control in organic farming. https://orgprints.org/id/eprint/32775/7/PA_044_INAGRO_controlled_traffic_farming_final.pdf
[36] Estudios de compactación de suelos: neumáticos y tractores. https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/6125/pdf_Vrural_Vrural_2005_214_48_52.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[37] Costo de operación y uso de maquinaria agrícola: como evaluarlo. https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/34593
[41] Factores de emisión de CH4 y CO2 en rastrojo de piña (Ananas comosus(L.) Merr. var. comosus), en San Carlos, Costa Rica. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/4687/4440
[42] Retención de carbono en un suelo dedicado al cultivo de piña (Ananas comosus (L.) bajo un manejo convencional y de mínima labranza. https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v32n4/0379-3982-tem-32-04-116.pdf
[43] Desechos de la piña: un dolor de cabeza. https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/06/21/desechos-de-la-pina-un-dolor-de-cabeza-para-productores.html

Otras consultas:

- Agricultura de conservación. Agricultura de Conservación (fao.org)
- Beneficios de la labranza mínima y 3 formas de realizarla. https://www.contextoganadero.com/agricultura/beneficios-de-la-labranza-minima-y-3-formas-de-realizarla
- Cero labranza, una alternativa para zonas de suelos erosionados. https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/01/07/cero-labranza-una-alternativa-para-zonas-de-suelos-erosionados/
- Farm visit shows how RTK controlled traffic system improves soil quality. https://www.farminguk.com/news/farm-visit-shows-how-rtk-controlled-traffic-system-improves-soil-quality_39614.html
- Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción sostenible del cultivo de la Piña. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8119/BVE19040259e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Colaboración de Experto:
Ingeniera Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín /
Email: analucia.mendez@ctfc.cat
Ingeniero Forestal. Manuel Chavarría Vargas /
Email: manuelchav_25@hotmail.com.

Optimización del uso de plaguicidas sintéticos

8

Categoría C

COOPEPIÑA, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica alta, que podrían requerir previamente la implementación de otras actividades incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

C

Medidas Relacionadas

5 Control de arvenses por métodos no químicos
9 Control de deriva
10 Control biológico de plagas
12 Estimación de huella de carbono
13 Uso de datos meteorológicos
24 Protección de polinizadores
29 Sensibilización en temas medioambientales

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.5.1, 4.5.3, 4.5.7, 4.6.1, 4.6.2

Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB/7.1.2, CB/6.1

Criterio de Comercio JustoOrganizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.3, 3.2.6, 3.2.15, 3.2.17

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.1.2.1 4.1.2.2, 4.1.2.6, 4.1.2.9

Plazo de Implementación

Hasta 5 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Optimización del uso de plaguicidas sintéticos

FICHA 8

Descripción de la medida

Un "plaguicida" es cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o piensos[1]. En la agricultura, especialmente en la producción extensiva, el uso de plaguicidas[2] representa una herramienta importante y necesaria, dirigida asegurar las cosechas, optimizar los rendimientos y reducir el margen de pérdida económica en la industria; proveyendo de forma sostenida alimentos suficientes para una creciente población mundial.

En este sentido la División de Población de las Naciones Unidas ha calculado que la población mundial aumentará en 2.000 millones de personas en los próximos 30 años, pasando de los 7.700 millones actuales a los 9.700 millones en 2050[3]; por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), prevé que el 80% del aumento de la producción de alimentos necesario para hacer frente a este crecimiento demográfico se obtendrá gracias a un mayor rendimiento de los cultivos y al aumento de las cosechas anuales en el mismo suelo; mientras que el 20% restante, provendrá de la expansión de las tierras de cultivo[4].

Si bien los plaguicidas, han tenido una función relevante en el control de plagas y enfermedades de los cultivos, influyendo en el desarrollo agrícola, su uso excesivo e inadecuado también han ocasionado impactos adversos en la salud humana, así como daños ambientales que en muchos casos han sido irreversibles; situaciones que en gran medida son el resultado de la falta de conocimiento sobre los riesgos asociados con el uso de estas sustancias químicas.

Los residuos de plaguicidas pueden alcanzar el medio ambiente a través de diferentes vías de contaminación, afectando ecosistemas cercanos y su biodiversidad, contaminado el suelo, agua y aíre, y poniendo en riesgo la salud de las personas trabajadoras y residentes de comunidades vecinas mediante exposición directa o bien al consumir alimentos o agua contaminada. Datos de la FAO5, indican que cada año se aplican a nivel global 4,6 millones de toneladas de pesticidas químicos en el medio ambiente, de los cuales el 47.5% son herbicidas.

De esta manera, un uso selectivo y racional de las plaguicidas es la ruta por seguir y debe ser parte integral de la gestión de un sector productivo responsable, en miras de disminuir impactos en la salud de las personas colaboradoras, comunidades cercanas, personas consumidoras y el medio ambiente en general. El Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas, establece en el artículo [5], diversas consideraciones para la reducción de riesgos para la salud y el medio ambiente, integrando y responsabilizando a diferentes partes interesadas en esta temática: entidades de gobierno, sector salud, fabricantes, personas agricultoras y operadoras. Siendo uno de los ejes principales el fortalecimiento de las capacidades para la toma de decisiones.

1 Glosario de Término. Codex Alimentarius, 2022
2 En el mundo se utilizan más de 1000 plaguicidas para evitar que las plagas estropeen o destruyan los alimentos. Cada plaguicida tiene propiedades y efectos toxicológicos distintos. Organización Mundial de la Salud, 2022
3 Una población en crecimiento. Organización de la Naciones Unidas, 2019
4 Residuos de los plaguicidas en los alimentos. Organización Mundial de la Salud, 2022
5 More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. FAO and IWMI, 2018

La optimización de uso de plaguicidas debe basarse en la implementación de un plan de manejo integrado de plagas, en donde el insumo químico sea una de las opciones de control utilizadas por parte de la persona productora y no la única. Promoviendo también acciones de reducción anual de carga química y tóxica, y desarrollando actividades de prevención y mitigación de riesgos de contaminación por plaguicidas, de forma planificada e informada, con el apoyo de personal técnico y el uso de herramientas estratégicas, que serán ampliadas en la sección metodológica de este documento.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Disminuye los riesgos de contaminación del recurso hídrico y la afectación del ciclo de vida, crecimiento y reproducción de las especies que se encuentran en ecosistemas cercanos, mediante la implementación de medidas de mitigación.

Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Organización Mundial de la Salud

- Incentiva el uso responsable de plaguicidas, acorde a requerimientos legales y con el menor impacto posible al medio ambiente.
- Ayuda a la reducción de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, al optimizar el uso de plaguicidas.
- Contribuye con las metas internacionales en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), Metas de Biodiversidad AICHI, Metas de Kumming-Montreal Global Biodiversity Framework y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Beneficios para la persona productora:

- Contribuye a mantener la calidad del agua disponible, recurso utilizado en actividades de riego, procesamiento y consumo humano.
- Protege la biodiversidad de especies que además de tener un valor intrínseco, pueden brindar servicios para el control natural de plagas presentes en el cultivo, caso de los organismos auxiliares.
- Fomenta la implementación de medidas preventivas orientadas a minimizar riesgos por efectos de aplicaciones químicas en áreas comunales cercanas, sitios de trabajo y zona de tránsito, generando así un ambiente más saludable y promoviendo buenas relaciones con las personas que viven en los alrededores.
- Facilita a la persona productora la toma de decisiones en cuanto a los plaguicidas a utilizar, valorando su nivel de toxicidad e impacto humano.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de la fruta en mercados internacionales que demandan productos de calidad que respeten el medio ambiente.
- Facilita la participación de las fincas en certificaciones de reconocimiento internacional como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo. Metodología de implementación de la medida.

Avispa parasitoide, Agroproductores 2021

Metodología de implementación de la medida

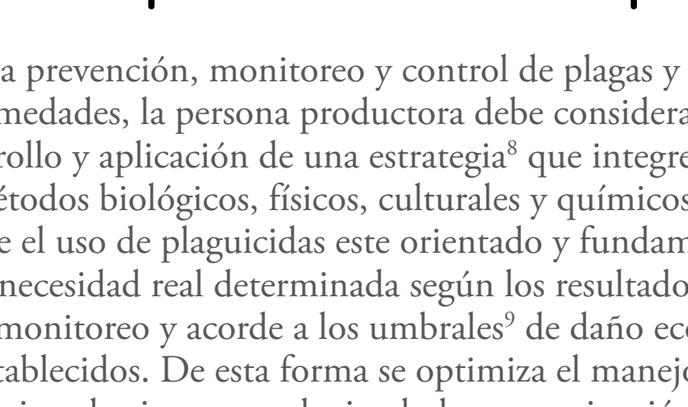
La optimización del uso de plaguicidas sintéticos, debe ser considerada por la persona productora como una estrategia integrada de manejo, en donde se busca lograr una óptima aplicación del producto según la plaga objetivo, durante los periodos de afectación, bajo las dosis requeridas, con un equipo en buen estado y personal capacitado; implementando a la vez las mejores prácticas posibles para así reducir los impactos durante y posterior a su aplicación, para lo cual es necesario conocer los riesgos y determinar medidas prevención y mitigación efectivas, sostenibles en el tiempo y medibles.
A continuación, se amplían las acciones a seguir por parte de la persona productora para la implementación de la medida:

Paso 1. Análisis de requisitos legales relacionados con el uso de plaguicidas:

Es importante verificar la normativa (nacional o internacional) relacionada con manejo y aplicación de plaguicidas (vía aérea y terrestre), considerando temas como barreras naturales, áreas de protección de ecosistemas, zonas de exclusión química y distancias mínimas entre el cultivo y cauces naturales[6], pozos, carreteras y poblados. Valoración necesaria para direccionar las acciones a ser implementadas y que serán descritas en las secciones siguientes de este documento.
Por otro lado, también hay que tener en cuenta las listas regulatorias a nivel nacional o definidas por programas de certificación internacional[7], que limitan o prohíben la compra y uso de ciertos productos químicos.

Paso 2. Desarrollo e implementación de un plan MIP:

Para la prevención, monitoreo y control de plagas y enfermedades, la persona productora debe considerar el desarrollo y aplicación de una estrategia[8] que integre el uso de métodos biológicos, físicos, culturales y químicos; en donde el uso de plaguicidas este orientado y fundamentado en la necesidad real determinada según los resultados de cada monitoreo y acorde a los umbrales[9] de daño económico preestablecidos. De esta forma se optimiza el manejo químico, minimizando riesgos y reduciendo la contaminación.
Es importante recordar que una de las ideas fundamentales del MIP es que el control químico sea el último recurso en utilizarse, por cuanto sus efectos y riesgos son más altos que las demás estrategias. Esto significa que el uso de estos insumos debe ser una decisión adoptada por la persona productora en un marco de responsabilidad social y ambiental, y en procura de su estabilidad económica.



Paso 3. Selección de productos químicos de menor impacto.

El objetivo es buscar alternativas sustitutivas al uso de ingredientes activos reconocidos por sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente, mediante la consulta y uso de diferentes fuentes y recursos técnicos. Esta información es relevante para comprender el riesgo de los plaguicidas, evitar su uso (de ser posible) o bien definir prácticas complementarias que ayuden a minimizar posibles impactos[10].

a. Revisión de fuentes de consulta.

Una opción metodológica es revisar y comparar la información de las hojas de datos de seguridad (MSDS) de diferentes agroquímico con un mismo objetivo de control (hongos, nematodos, malezas, insectos, otros), verificando las condiciones incluidas en la sección de información toxicológica y ecológica, o bien utilizar otras fuentes como bases de datos locales o internacionales[11], que faciliten la clasificación y selección final del producto, asegurando una respuesta eficaz de control pero con una menor
incidencia[12].

PAN
Pesticide Action Network International

PPDB

A continuación, se detalla información relevante e incluida en las hojas de seguridad (MSDS) de cada insumo químico, que puede ser utilizada como referencia para la toma de decisiones, con ayuda de un profesional:

Consideraciones para la salud humana:[13]

- Toxicidad aguda (inmediata). Efectos tóxicos observados con una exposición única de corta duración.
- Toxicidad crónica (largo plazo). Efectos tóxicos observados (neurotóxico, genotóxico, carcinogénico, reproductivo, disrupción endocrina, otros) por períodos entre 6 meses y 2 años. - Dosis o concentración letal media (DL50 oCL50).
- Cantidad de miligramos de ingrediente activo por kilogramo de peso, requerido para matar al 50% de los animales de laboratorio expuestos al químico, a través de diferentes vías de exposición (oral, dérmica e inhalatoria)
- Clasificación del plaguicida según nivel de peligrosidad, según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

6 Zona de Protección del Recurso Hídrico: Colombia: 30 metros (Decreto 1449- Art 3b); Costa Rica: 10-15 metros (Ley Forestal 7575- Art 33b); Ecuador: 30 metros (Acuerdo 365- Art 14); República Dominicana: 30 metros (Ley 64-00- Art 129)
7 Rainforest Alliance y Fairtrade International.
8 Elaborada con la ayuda de un profesional competente
9 Los umbrales de control contemplan variables ajustadas a las características de cada tipo particular de plaga y su impacto sobre los cultivos, de acuerdo con cada estadio de desarrollo. UNICOOP, 2020.
10 Ver ficha #9 "Control Deriva"
11 La PPDB (Pesticide Properties Data Base) es una base de datos exhaustiva de plaguicidas que incluye: información general de cada producto, estructura química, estatus regulatorio de la Unión Europea, clasificación OMS, formulación, destino ambiental, degradación, adsorción y movilidad en el suelo, ecotoxicología terrestre y acuática, límite máximo de residuos, requisitos de protección y problemas para la salud humana, entre otros. Unidad de Investigación de Agricultura y Medio Ambiente (AERU) de la Universidad de Hertfordshire, 2022.
12 Otras fuentes de consulta sugeridas son: MOA de IRAC Internacional/ Llista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional/ Modelos de análisis de riesgos de pesticidas de EPA / Hojas de Seguridad de los plaguicidas de interés (MSDS).
13 Manual de Plaguicidas de Centroamérica. UNA, 2022.

Consideraciones para el medio ambiente:[14]

- Ecotoxicidad. Determinada por la dosis letal media (DL_{50} oCL_{50}) para aves, organismos acuáticos (peces, crustáceos, anfibios) e insectos (principalmente abejas).
- Destino ambiental: Es el lugar de destino de una sustancia química después de ser liberada al ambiente. Considerando su degradación en el agua, aire, suelo, sedimento, biota y en sus interfaces.
- Persistencia en el suelo y en agua/sedimento. Se relaciona con el tiempo de permanencia de una sustancia química en el ambiente. A mayor tiempo de permanencia, mayor es la persistencia. La vida media (DT50) de la sustancia es una medida de su persistencia.
- Transporte o movilidad en el suelo: El transporte de los plaguicidas en el suelo se da desde las capas superiores a través del proceso de lixiviación y percolación del agua. Información importante en caso de que la finca mantenga pozos de extracción de agua para consumo y procesamiento.
- Bioacumulación o bioconcentración: Estos son términos utilizados para describir el aumento en la concentración de una sustancia química en un organismo, en relación con la concentración de esa misma sustancia en el medio circundante. La magnitud de la bioconcentración se expresa como el factor "FBC".

Fuente: Universidad Nacional de Costa Rica, 2020

Base de Datos de Plaguicidas.

b. Uso de herramientas.

Otra alternativa, dada la complejidad de interrelacionar la información de las diferentes variables técnicas para lograr una correcta toma de decisiones, es el uso de herramientas elaboradas por organizaciones e instituciones científicas. La Universidad de Cornel desarrolló el Environmental Impact Quotient (EIQ) o Cociente de Impacto Ambiental, como una herramienta de cálculo formulada para proporcionar a las personas productoras datos sobre los impactos ambientales y de salud de los plaguicidas utilizados en finca, y así poder realizar una mejor selección de los productos fitosanitarios[15] a utilizar. La institución realiza periódicamente una actualización[16] de los valores teóricos de los EIQ (*para un grupo de más de 500 plaguicidas de uso más frecuente en la agricultura*), datos que son utilizados como la base para el cálculo de EIQ de campo (uso real), mediante el uso de una calculadora diseñada para este fin.

Si bien, la herramienta es muy fácil de utilizar, ya que únicamente el usuario debe incluir **cuatro datos** para obtener un resultado EIQ de campo para el pesticida analizado, es importante comprender a detalle la metodología:

EIQ Teórico, es el promedio del impacto en tres diferentes componentes: trabajador agrícola, consumidor y medio ambiente. A su vez, cada componente, está basado en una serie de variables fisicoquímicas y toxicológicas en escalas de impacto de 1, 3, 5 (*tal como se muestra en la tabla 1*). En donde uno refiere a un impacto mínimo y menor toxicidad y cinco es considerado altamente tóxico y con efectos negativos mayores al medio ambiente[17].

EIQ Teórico		EIQ teórico= (EIQ trabajador agrícola + EIQ consumidor + EIQ ecológico)/3			
Variables	Sigla	1	3	5	Fuente Referencia
Toxicidad dérmica aguda (DL50 dermal)	DT	› 2000 ppm	200-2000 ppm	0-200 ppm	• EXTOXNET • Cornell Pesticide Management and • Education Program • SELCTV • OSU Extension Pesticide Properties Database • Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems (GLEAMS) • PPDB (Pesticide Properties DataBase) • EPA
Toxicidad crónica	C	Baja o nula	Posible	Definitiva	
Sistematicidad	SY	No sistémico	Sistémico		
Toxicidad para peces (CL50 96 h)	F	>10 ppm	1-10 ppm	‹ 1 ppm	
Potencial de lixiviación	L	Bajo	Medio	Alto	
Potencial de escorrentía	R	Bajo	Medio	Alto	
Toxicidad para aves (CL50 8 días)	D	>1000 ppm	100-1000 ppm	100 ppm	
Vida media del suelo	S	‹ 30 días	30-100 días	>100 días	
Toxicidad de las abejas	Z	Relativamente no tóxico	Moderadamente tóxico	Altamente tóxico	
Toxicidad de artrópodos benéficos	B	Impacto bajo	Impacto moderado	Impacto severo	
Vida media en la superficie de la planta	P	1-2 semanas	2-4 semanas	› 4 semanas	

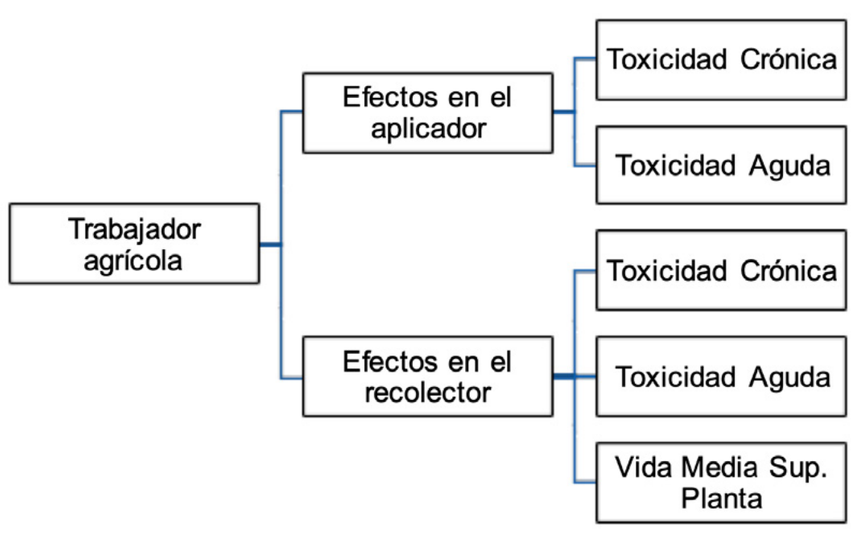
Fuente: Adaptado de Universidad de Cornell, 1992.17

Tabla 1. Variables fisicoquímicas y toxicológica en escalas de impacto, calculadora EIQ

EIQ trabajador.[18] El riesgo del trabajador agrícola es igual a la suma entre exposición del aplicador y la exposición del cosechador, afectada por el producto de la toxicidad crónica.

- *Formula: EIQ trabajador agrícola = C [(DT x 5)+ (DT x P)]*

Dónde: C: Toxicidad crónica; DT: Toxicidad dermal aguda; P: Vida media en la superficie de la planta.
La toxicidad crónica de un plaguicida se calcula por el resultado de varias pruebas de laboratorio a largo plazo, las cuales analizan efectos reproductivos, teratogénicos, mutagénicos y oncogénicos.



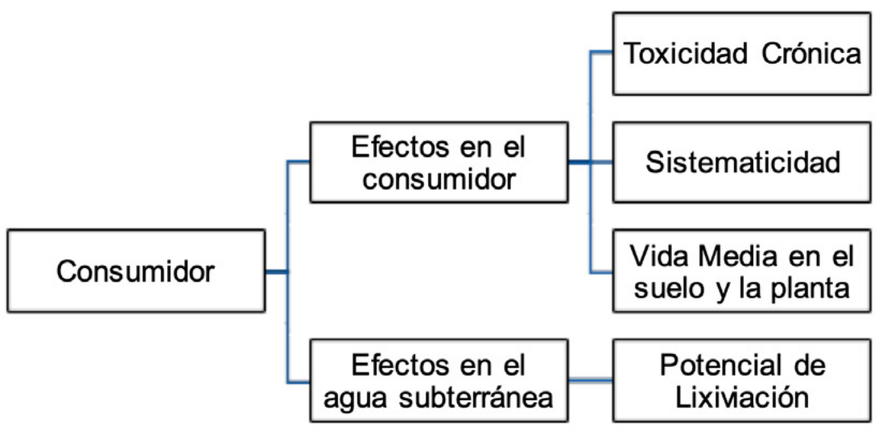
14 Manual de Plaguicidas de Centroamérica. UNA, 2022.
15 Se usa con frecuencia el término fitosanitario, haciendo énfasis en el efecto protector del producto sobre la sanidad de los cultivos. CASAFE, 2015
16 Ultima actualización en el mes de mayo del 2022
17 Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. Cornell University, 1992.
18 Environmental Impact Quotient (EIQ), Cornell University, Actualizado 2022

EIQ consumidor.[18] La exposición del consumidor se calcula como la toxicidad crónica (C) multiplicada por el promedio del potencial de residuos en el suelo y las superficies de las plantas (dado que las raíces y otras partes de la planta se comen) multiplicada por la calificación del potencial sistémico del pesticida (la capacidad del pesticida para ser absorbido por las plantas).

- *Fórmula: EIQ consumidor = C [(S + P) 2] SY + L*

Dónde: C: Toxicidad crónica; S: Vida media en el suelo; P: Vida media en la superficie de la planta; SY: Sistematicidad; L: Potencial de lixiviación.

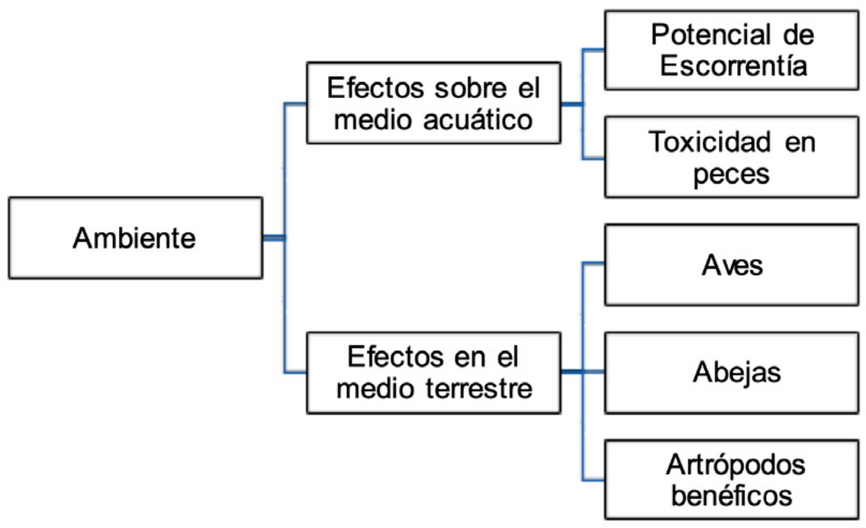
Los efectos sobre el agua subterránea se incluyen en el componente del consumidor debido a la contaminación de los pozos de agua subterránea que luego se usan para riego o proceso de fruta (caso de cultivos de piña y banano).



EIQ ecológico.[18] El componente ecológico del modelo incluye efectos acuáticos y terrestres y es la suma de los efectos de los químicos en peces, aves, abejas y artrópodos benéficos. El impacto ambiental de los plaguicidas en sistemas acuáticos se determina multiplicando la toxicidad química en peces por el potencial de escorrentía del pesticida específico, que toma en cuenta la vida media en aguas superficiales y suelo.

- *Fórmula: EIQ ecológico= (F x R)+ D [(S + 2)x 3)]+ (Z x P x 3)+ (B x P x)*

Dónde: F: Toxicidad en peces; R: Potencial de escorrentía del plaguicida; D: Toxicidad en aves; S: Vida media en el suelo; P: Vida media en la superficie de la planta; Z: Letalidad en abejas; B: Efectos en artrópodos benéficos



El impacto en ecosistemas terrestres está determinado por la suma de la toxicidad de los químicos en aves, abejas y artrópodos benéficos. Debido a que los organismos terrestres son más probables de encontrar en entornos agrícolas comerciales que los peces, la ponderación de este componente es mayor. Como los artrópodos benéficos pasan casi toda su vida en agroecosistemas, su exposición se considera mayor a la de aves y abejas; para ajustar esta mayor exposición, el impacto de los plaguicidas en este caso se multiplica por cinco.

A modo de **ejemplo** (ver tabla 2), una persona productora en una finca de banano (100 hectáreas) desea verificar el EIQ Teórico para los 3 fungicidas más utilizados en el control de sigatoka (aporte de mayor carga química), visualizando el impacto por componente, realizando una consulta directa en la base de datos disponible de la Universidad de Cornell.

Plaguicida		EIQ Teórico			
Comercial	IA	Trabajador	Consumidor	Ecológico	Promedio
Odeon	Chlorothalonil	20	11	81,25	37,4
Dithane	Mancozeb	20,25	8,13	48,79	25,7
Sico	Difenoconazole	6	10	39.5	18,5

Fuente: Elaboración propia- datos Universidad Cornell, 2022

Tabla 2. Datos de ejemplo cálculo valores de EIQ Teórico para tres fungicidas

El resultado del ejercicio, determina que los tres fungicidas tienen valores diferentes de EIQ Teórico, siendo el Chlorothalonil el que presenta un coeficiente más alto, por lo tanto, el de mayor impacto; sin embargo, si se comparan los valores de cada componente y se analizan por separado, se observan diferencias:

- *EIQ Trabajador: Mancozeb con 20,25*
- *EIQ Consumidor: Chlorothalonil con 11*
- *EIQ Ecológico: Chlorothalonil con 81,25*

Datos interesantes que se deben de considerar al momento de valorar medidas sustitutivas, objetivos de reducción o bien la implementación de medidas de prevención y de mitigación de impactos.
El modelo considera también los datos toxicológicos faltantes para algunos plaguicidas, determinado en estos casos el promedio de cada factor ambiental dentro de una clase (por ejemplo, potencial de lixiviación "L"), sustituyendo el valor faltante con el promedio.

EIQ Campo AI. Con el valor EIQ Teórico del ingrediente activo seleccionado, la persona productora puede calcular el EIQ de Campo para dicho producto, y de esta manera proyectar el impacto real según los volúmenes del plaguicida a ser aplicado en el año. Para realizar este ejercicio se necesita determinar la dosis de aplicación por área, la formulación o porcentaje del ingrediente activo del plaguicida, así como la frecuencia de aplicación del mismo.

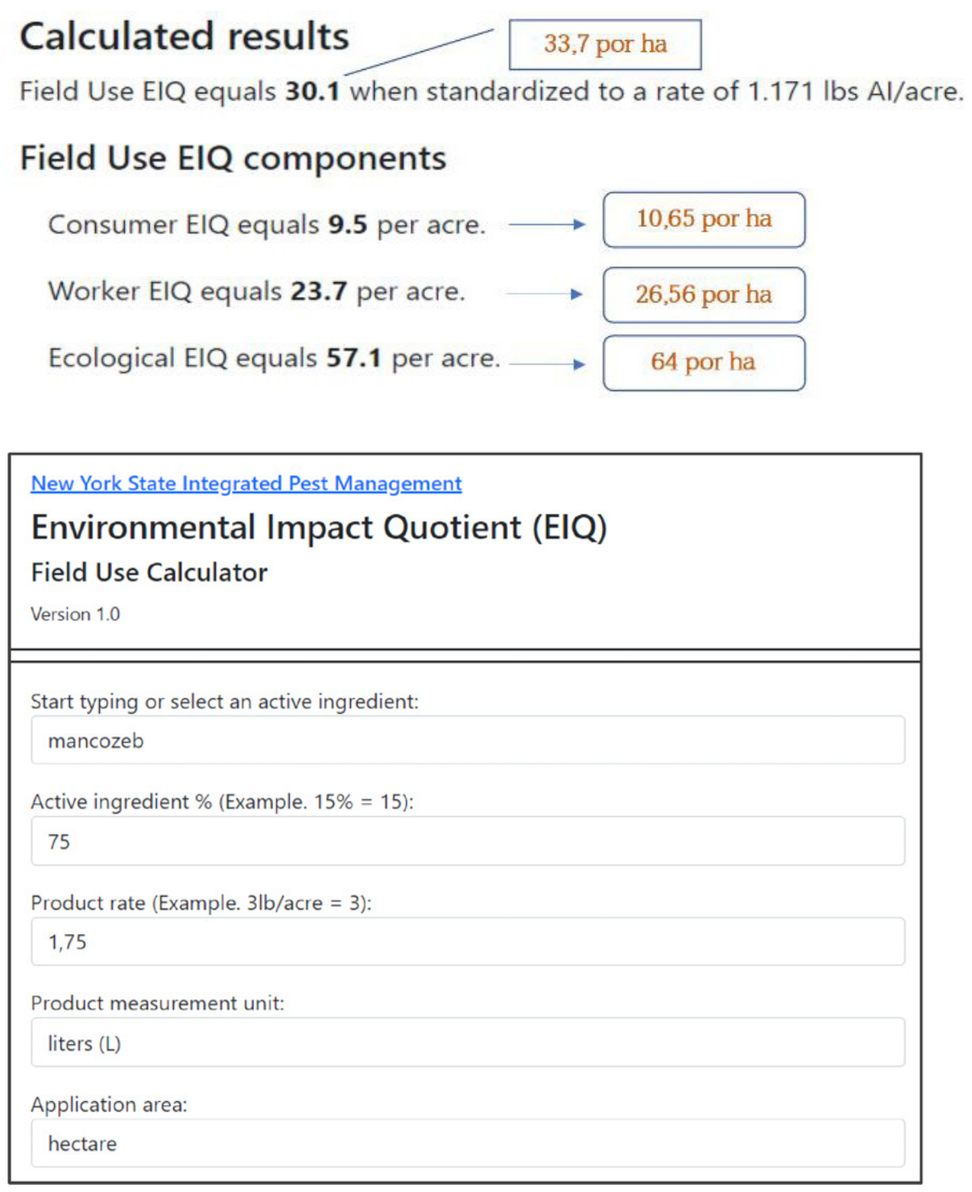
EIQ Campo IA	EIQ Campo IA= EIQ teórico x % IA x Dosis x A
	Donde IA: Ingrediente Activo Dosis: Dosis por área (hectárea) A: Frecuencia de Aplicación Anual

18 Environmental Impact Quotient (EIQ), Cornell University. Actualizado 2022

Continuando con el ejemplo anterior (finca de producción de banano), la persona productora decide valorar los coeficientes de campo para los tres fungicidas seleccionados, analizando tanto las especificaciones técnicas de cada uno como la planificación de ciclos a ser programados en el año. Determinando:

- **Odeon "Chlorothalonil":** composición al 72% de i.a (720g/kg) / Dosis: 1,50l/ha / Ciclos planificados: 5 en el año.
- **Dithane "Mancozeb":** composición al 75% de i.a (750g/kg) / Dosis: 1,75l/ha / Ciclos planificados: 8 en el año.
- **Sico "Difenoconazole":** composición al 25% de i.a (250g/kg) / Dosis: 0.7l/ha / Ciclos planificados: 4 en el año.

A partir de los datos de cada producto, el cálculo del EIQ de Campo IA, puede realizarse aplicando la fórmula indicada en el recuadro anterior o bien acceder a la herramienta de cálculo facilitada por la Universidad de Cornell para este fin, teniendo en cuenta que en este último caso los resultados finales se mostrarían en lbs AI/acre, razón por la cual se debe relacionar con la unidad de medida utilizada por la finca por ejemplo kg/ha[19].



El uso de la calculadora es recomendable, ya que permite no solo obtener la proyección[20] y el dato real[21] del EIQ de Campo IA analizado, sino también los coeficientes para cada componente (Trabajador, Consumidor y Ecológico), de esta forma es más fácil visualizar las áreas de mayor impacto, tomando decisiones de eliminación, sustitución o mitigación, las cuales serán ampliadas en el paso 4. Importante indicar que la herramienta muestra un dato final del EIQ de campo IA por área, si el usuario requiere un coeficiente del IA de forma anual entonces debe multiplicar el resultado por la frecuencia de aplicación (A), o bien si desea a determinar el coeficiente IA a nivel de finca, se multiplica el resultado por la superficie del cultivo de la unidad de producción.

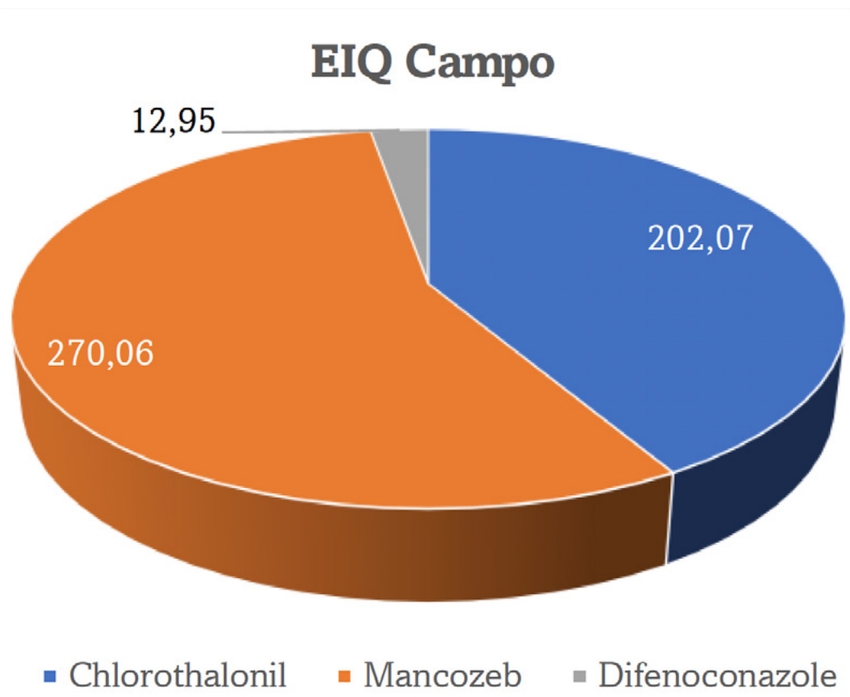
Por ejemplo (caso Mancozeb):

- Mancozeb= 33,7 x 8 (ciclos de aplicación anual)= EIQ Campo "Mancozeb": 270 por ha/anualmen
- Mancozeb= 270 x 100 (ha en producción finca de banano)= EIQ Campo "Mancozeb": 2700 en la finca/anual

EIQ Campo "Mancozeb": 2700 en la finca/anualmente
Si se utiliza la fórmula para realizar el cálculo del coeficiente de impacto ambiental del plaguicida, se obtiene prácticamente el mismo resultado que aplicando la calculadora, aunque pueden darse pequeñas variaciones según el número de decimales utilizados o el redondeo del dato final. Al incluir la información de los ciclos de aplicación para cada fungicida se obtiene el EIQ de Campo IA por hectárea/año, tal y como se muestra en la siguiente tabla (ver tabla3).

IA	EIQ Teórico	IA	Dosis /ha	EIQ Campo/ ha	Ciclos	EIQ Campo/ha/año
Chlorothalonil	37,42	0,72	1,50	40,41	5	202,07
Mancozeb	25,72	0,75	1,75	33,75	8	270,06
Difenoconazole	18,50	0,25	0.7	3,23	4	12,95
Total /suma del EIQ de Campo de los tres IA						485,08

Tabla 3. EIQ de Campo IA por hectárea/año



Finalmente, el **EIQ Campo para el cultivo** (Finca Banano o Piña), se obtendría de la suma de todos los EIQ individuales de los ingredientes activos utilizados.

19 Correlación: 1 Libra por acre es equivalente a 1,1209 Kilogramo por hectárea
20 Previo al uso, lo que permite tomar decisiones antes de realizar los ciclos de aplicaciones
21 Una vez el producto fue aplicado, visualizando el coeficiente de impacto ambiental

Paso 4. Plan de optimización del uso de plaguicidas.

A partir de los resultados de los análisis de las hojas de seguridad, información de las bases de datos o bien mediante el resultado de la aplicación del modelo de EIQ, la persona productora puede tomar decisiones en cuanto a las mejores opciones de plaguicidas a utilizar, planificando a la vez medidas de prevención y mitigación de impactos, sin poner en riesgo el control de plagas o enfermedades en el cultivo ni la calidad de la fruta a ser exportada.

El plan puede considerar las siguientes alternativas, valoradas con apoyo técnico y según la realidad de cada finca:

- Eliminación o sustitución de los plaguicidas de mayor impacto, iniciando por los productos clasificados como "Ia" y "Ib" por la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Selección del producto que muestre el coeficiente de impacto ambiental menor, al comparar un grupo de plaguicidas similares que fueron elaborados para el control de una misma plaga o enfermedad objetivo.
- Determinación de metas de reducción anual para los tres plaguicidas con mayor carga química proyectada durante el año *(tal como se mostró en el ejemplo de la sección anterior)*, considerando que estos productos serán aplicados en mayor cantidad y periodicidad, lo cual aumenta el riesgo, promoviendo a la vez prácticas alternativas como control mecánico,[22]manual, biológico[23] y cultural de plagas y enfermedades.

Clasificación Toxicológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los plaguicidas de uso agrícola

Clasificación de la OMS según el peligro potencial	Información que debe figurar en la etiqueta				LD_{50} aguda (ratas) mg/kg de formulación			
	Denominación del peligro	Color de la Banda	Símbolos de peligro	Símbolos y palabras de peligro	Oral		Cutánea	
					Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
Clase Ia Sumamente peligroso	Muy Tóxico	Rojo PMS 199 C		Muy Tóxico	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Clase Ib Muy peligroso	Tóxico	Rojo PMS 109 C		Tóxico	5 - 50	20 - 200	10 - 100	40 - 400
Clase II Moderadamente Peligroso	Nocivo	Amarillo PMS 109 C		Nocivo	50 - 500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
Clase III Poco Peligroso	Cuidado	Azul PMS 293 C		Cuidado	> 500	> 2000	> 1000	> 4000
Clase IV Productos que normalmente no ofrecen peligro		Verde PMS 347 C			> 2000	> 3000		

- Planificación e implementación de actividades de prevención y mitigación[24] de impactos acorde a los resultados del EIQ de Campo, para los diferentes plaguicidas proyectados a ser utilizados durante el año en la unidad de producción. Priorizando las medidas para los ingredientes activos que muestren un EIQ mayor por hectárea al año. Por ejemplo, si se analiza el caso del Mancozeb para la finca de producción de banano, el modelo establece que el componente con mayor impacto es el trabajador (aplicadores y cosechadores), considerando el coeficiente de campo para los 8 ciclos programados durante el año; sin embargo, al valorar la metodología de aplicación (mayormente por vía aérea) la condición cambia y es claro que los esfuerzos de prevención y mitigación estarían dirigidos a proteger mayormente al personal de cosecha y enfunde, trabajadores que tendrían contacto directo con la parte foliar de la planta posterior a la fumigación, en este sentido la segregación de bloques de trabajo, evitando que el personal ingrese durante el día al área tratada mientras labora en un sector alterno, podría ser una medida eficaz; contrariamente si la actividad de fumigación regular se complementa con aplicaciones vía motobomba en áreas sensibles para disminuir efectos de deriva[25], el aplicador en este caso toma un papel relevante y debe ser incluido en las acciones de prevención y mitigación a ser implementadas.

Algunos ejemplos de medidas de prevención y mitigación aplicables a los diferentes componentes (Trabajador, Consumidor y Ecológico) se incluyen a continuación:

Prevención	• Realizar capacitación al personal en manejo, aplicación de plaguicidas y uso correcto de equipo de protección personal. • Facilitar equipo de protección técnicamente recomendado para la labor, considerando los recambios de los diferentes elementos. • Usar filtros de retención de partículas químicas en los tractores de aplicación encabinados (Spray boom/piña). – Asegurar el uso de sistemas de cierre automático (spray off) en aeronaves de fumigación (banano) • Valorar el uso de mecanismo de aplicación de menor impacto, caso de drones. • Realizar mantenimiento y calibración de equipo de aplicación. • Evitar la ubicación de colmenas de abejas en sitios cercanos al cultivo principal, especialmente si la finca utiliza insecticidas[26].

22 Ver ficha #5. "Control de arvenses por métodos no químicos"
23 Ver ficha #10 "Control biológico de plagas"
24 La prevención se refiere a la aplicación de medidas para evitar que un evento genere un riesgo, mientras la mitigación es la aplicación de acciones para reducir la vulnerabilidad frente a ciertas amenazas. Unicef, 2006.
25 Ver ficha #9 "Control deriva"
26 Ver ficha #24 "Protección de polinizadores"

Mitigación	• Promover metodologías de trabajo por bloques durante los eventos de aplicación de pesticidas, evitando que el trabajador ingrese al área tratada durante el día. • Ampliar los periodos de reingreso para labores en donde se determine un mayor riesgo de exposición. • Sembrar cobertura vegetal a orillas de todos los canales primarios o secundarios, reduciendo efectos de deriva y lixiviación química al agua, dando énfasis a los sistemas de drenaje que vierten agua a ecosistemas naturales. • Establecer barreras naturales y zonas de exclusión química cerca de área sensibles[25] (ecosistemas naturales, pozos de agua para consumo humano y procesamiento de fruta, comunidades, plantas empacadoras, otros) • Programar aplicaciones paralelas de control de sigatoka (banano) en canales primarios muy grandes[27] cuyo efluente es un ecosistema acuático. • Priorizar el uso de métodos mecánicos de control de malezas. • Incluir el uso de controladores biológicos de plagas en las estrategia MIP.

Foto: Finca Quinta Pasadena
República Dominicana

La persona productora junto con su equipo de apoyo técnico puede definir una estrategia de prevención y mitigación, según su propia realidad. Otras acciones se describen a detalle en la medida de Control de Deriva[25].

Paso 5. Valoración de la efectividad del plan de optimización.

El último paso es establecer un plan de monitoreo y medición de efectividad de las acciones implementadas según el plan de optimización, las cuales pueden ser muy variadas según las medidas adoptadas.
Algunos ejemplos orientadores:

- Valorar la efectividad de la cobertura vegetal implementada en los canales primarios, midiendo la deriva química con papel hidrosensible u olesensible, asegurando así que los pesticidas no alcanzan la lámina de agua.
- Realiza análisis de trazas de plaguicidas en aguas superficiales, peces y fruta (considerar en este último caso los MRL).
- Aplicar exámenes médicos de colinesterasa a personal de enfunde y cosecha en fincas de banano, valorando la incidencia indirecta en la salud, de las aplicaciones de ditiocarbamatos como el caso del Mancozeb (cultivo de banano).
- Evaluación visual sorpresa en áreas bajo aplicación para observar el uso correcto de equipo de protección personal.
- Comparar las horas de uso del spray boom (cultivo de piña) con la ficha técnica del filtro de retención de partículas ubicada en la cabina del tractor, determinando la efectividad del mismo y los tiempos de recambio.
- Analizar mapas de fumigación aérea (cultivo de banano) identificando pases con pulverización química sobre ecosistemas acuáticos y pozos de agua.
- Revisar registros de liberación de parasitoides, validando que la actividad no coincida con aplicaciones de insecticidas en el cultivo.
- Comparar anualmente los volúmenes de plaguicidas utilizados para validar el cumplimiento de las metas de reducción, entre otros.

Indicadores de desempeño

- EIQ de Campo IA por hectárea/año
- EIQ de Campo para el cultivo/año
- Número de actividades de prevención y mitigación implementadas en el año
- Número de plaguicidas sustituidos por otros de menor impacto ambiental
- Número de métodos alternativos al uso de plaguicidas aplicados según el plan MIP
- Ahorro en $ (hectárea/año) por reducción o eliminación de IA de mayor impacto.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 personas trabajadoras (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades de prevención y mitigación de impactos.

- *Externo:* Persona Profesional experta en plaguicidas

27 Se sugiere aplicar esta medida a canales con un ancho de boca mayor a 6 metros. (Consulta experto).

Referencia de Costos:

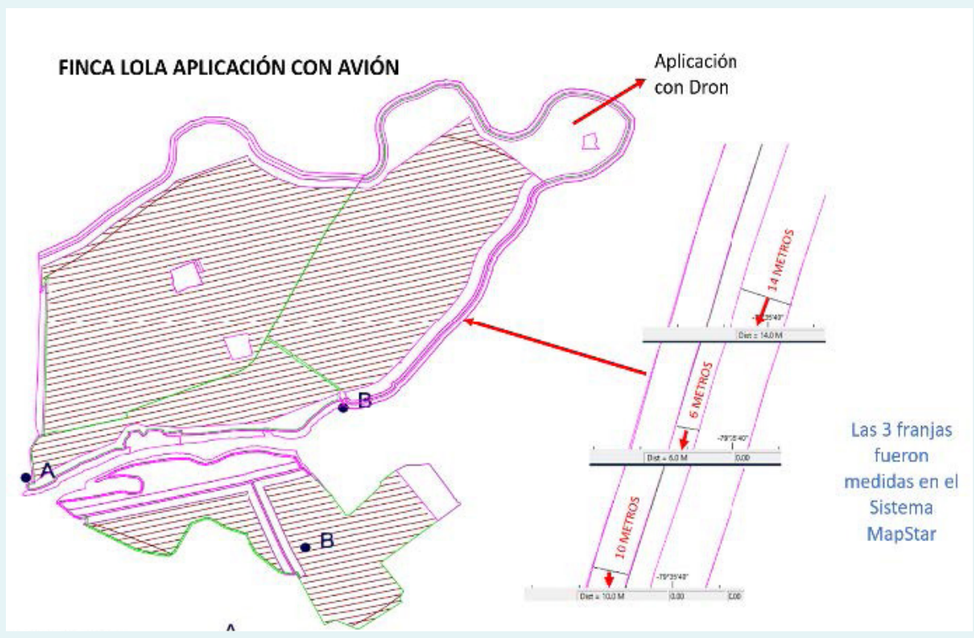
- Consulta técnica para la implementación del plan de optimización del uso de plaguicidas, por parte de un profesional ($225 por día).
- Uso de la herramienta de cálculo del EIQ de la Universidad de Cornell, sin costo.
- Actividad de prevención y mitigación, costo según la práctica a ser implementada.
- Mejoras o compra de equipo tecnificado de aplicación. Costo variable según necesidad.
- Análisis de pesticidas en el punto de descarga de aguas residuales a ecosistemas, Variable según el número de moléculas y el número de muestras.
- Hora de operación de tractor agrícola de 108 HP se tendría un costo cercano a $15 USD[37].
- Compra de neumático de alta flotación entre $500 a $900 USD y GPS NAV 500 utilizado para maquinaria agrícola ronda los $2.500USD[38].

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Una estrategia de optimización de plaguicidas basada en información técnica y relevante permite a la persona productora tomar decisiones en cuanto a las mejores opciones de insumos químicos a utilizar con un menor impacto, planificando a la vez medidas de prevención y mitigación, sin poner en riesgo el control de plagas o enfermedades en el cultivo ni la calidad de la fruta a ser exportada. Una persona productora que implemente la medida, no solo contribuye a proteger el medio ambiente, sino también la salud de sus trabajadores, vecinos y consumidores, reduciendo al mismo tiempo costos y emisiones indirectas de gases efectos invernadero. Prácticas que favorecen su imagen a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de la fruta en mercados internacionales, que demandan productos de calidad y de menor impacto.

Casos de éxito

La finca Lola es una unidad de producción de banano de 209 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la provincia de Los Ríos, en Ecuador. Actualmente, forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.
Lola ha realizado diversos esfuerzos dirigidos a optimizar la carga tóxica (CT) acorde a la metodología sugerida por WWF. Logrando una reducción de un 10% de CT para ingredientes activos utilizados en el control de sigatoka durante el primer semestre del 2022, por otro lado, la finca ha realizado diversas acciones para disminuir los impactos de los plaguicidas en el medio ambiente:
- Eliminación del uso de nematicidas químicos, categoría Ia y Ib (OMS 2019).
- Eliminación de uso de herbicida para control de arvenses.
- Formación de barreras alrededor de la vía pública (2.779 metros lineales).
- Reporte de cero pases de fumigación sobre los ecosistemas naturales cercanos, demostrando así la eficacia de las actividades de aplicaciones de
control de sigatoka.
- Trabajo conjunto con el proveedor de fumigación aérea (empresa AIFA) para la mejora de los sistemas de aplicación, incluyendo actualización del software Satloc G4 Mapstar, mejoras en los sistemas de Spray off/on, reduciendo el margen de error a 0.1 segundos, revisión y seguimiento de los resultados de cada fumigación.
- Uso de drones en áreas sensibles (49.3 hectáreas), cerca de vías públicas y ecosistemas.
- Monitoreo de trazas de plaguicidas en los puntos de vertimiento de canales primarios hacia ecosistemas naturales, como parte de los métodos de validación de las medidas de mitigación implementadas.



Casos de éxito

Joseph Salas Benavides es un productor de piña, propietario de una finca de 4 hectáreas ubicada en la comunidad de Los Ángeles de Pital, en la provincia de San Carlos, en Costa Rica, la cual forma parte de la Cooperativa Coopepiña. Desde sus inicios en el 2010, la finca adoptó un manejo convencional de plagas y enfermedades basado en controles químicos, mediante aplicaciones periódicas con spray boom.

En el año 2020 y en miras de lograr un cambio en la dinámica de producción hacia una gestión más responsable y sostenible, y poder disminuir la carga química utilizada; se realizan cambios dirigidos a promover prácticas orgánicas para el control de hongos, bacterias e insectos con productos elaborados en la finca y adquiridos de la fábrica de bioinsumos de la Cooperativa, así como actividades de control mecánico y manual de malezas, eliminando por completo el uso de herbicidas categoría II (OMS) como el paraquat.

Dos años después, se implementan nuevas iniciativas para el control de arvenses en las camas de siembra, utilizando biocoberturas de fécula de maíz (50micras)[28], y aserrín de madera, prácticas dirigidas a disminuir el crecimiento de especies de malezas no deseadas. Finalmente, el 11 de noviembre del 2022, la finca logra la certificación orgánica de conformidad con el Esquema de Certificación para la Producción de Productos Orgánicos de Costa Rica.

28 Pruebas con buenos resultados con un costo entre los $2000 y $3000 por hectáreas (dato del productor).

Referencias

[1] Concepto de plaguicida. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/glossary/es/#:~:text=Un%20%22plaguicida%22%20es%20cualquier%20sustancia,piensos%2C%20o%20que%20pueda%20administrarse

[2-4] Residuos de los plaguicidas en los alimentos. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food#:~:text=En%20el%20mundo%20se%20utilizan,propiedades%20y%20efectos%20toxicol%C3%B3gicos%20distintos

[3] Una población en crecimiento. https://www.un.org/es/global-issues/population

[5] More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. https://www.fao.org/3/CA0146EN/ca0146en.pdf

[9] Manual de manejo integrado de cultivos. http://www.unicoop.com.py/admin/archivos/manual-integrado-de-cultivos.pdf

[11] PPDB (Pesticide Properties DataBase). Pesticide Properties Database (herts.ac.uk)

[13-14] Manual de Plaguicidas de Centroamérica. http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/

[15] Guía de Productos Fitosanitarios. https://www.casafe.org/publicaciones/guia-de-productos-fitosanitarios/

[17] Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides (cornell.edu)

[18] Environmental Impact Quotient (EIQ). https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values/

[24] Prevención y mitigación de desastres. https://www.unicef.org/venezuela/media/1176/file/Prevenci%C3%B3n%20y%20mitigaci%C3%B3n%20de%20desastres.pdf

Otras consultas:

- A maximum residue level (MRL). https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/maximum-residue-levels_en
- Datos sobre alimentación y agricultura. https://www.fao.org/faostat/es/#data.
- List of Pesticide Active Ingredient EIQ values. https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values/
- Vegetable IPM Practices Ch. 6. Vegetable IPM Practices Ch. 6, Section 6.11 | New York State Integrated Pest Management (cornell.edu)

Control deriva

9

Categoría B

Varcli Pinares, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

1 Fertilización según análisis de suelo
5 Control de arvenses por métodos no químicos
8 Optimización del uso de plaguicidas sintéticos
11 Barreras naturales en áreas de actividad humana
16 Ident. y control de especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
19 Zonas de protección de recurso hídrico
24 Protección de polinizadores
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.6.6, 6.3.3

Criterio de Comercio Justo- para Fruta Fresca 2018, V2.4.
Requisito: 4.1.1

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.7, 3.2.8, 3.2.34

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.5.1.5, 4.5.1.9, 5.7.2.3

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 9

Control deriva

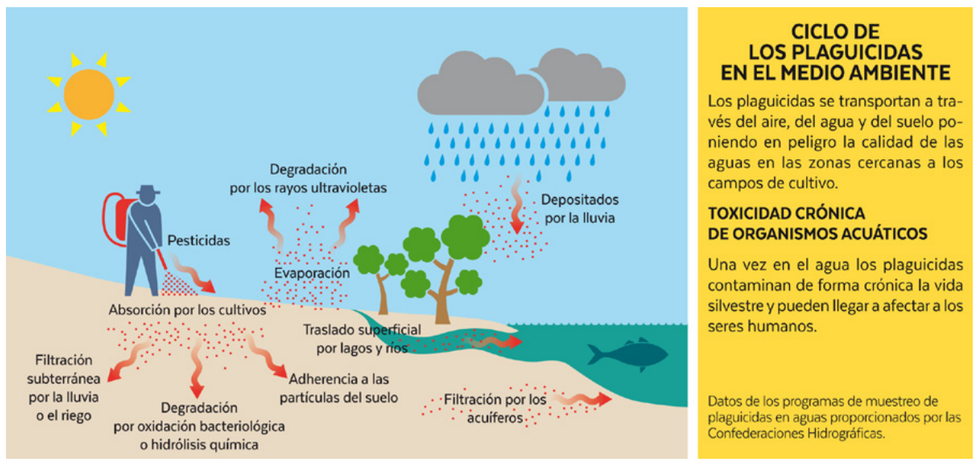
Descripción de la medida

A medida que se ha intensificado el uso de la tierra, también ha aumentado enormemente el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros insumos, los cuales, si bien han ayudado a impulsar la producción alimentaria a nivel mundial, también han dado lugar a amenazas ambientales, así como a posibles problemas de salud humana[1].

Según la FAO[1], la agricultura moderna es responsable del vertido de grandes cantidades de agroquímicos, materia orgánica, sedimentos y sales en los cuerpos de agua. Anualmente, cerca de 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales son utilizados en tierras agrícolas y alrededor del 20% terminan acumulándose en los suelos y la biomasa, mientras que el 35% acaban en los océanos.

Por otro lado, los plaguicidas[2] también tienen una alta contribución en esta problemática, debido a que su condición y diseño que los hacen ser relativamente estables y persistentes el tiempo suficiente para ejercer su acción contra la plaga objetivo, también los convierte en agentes contaminantes nocivos. Datos de la FAO1, indican que cada año se aplica a nivel global 4,6 millones de toneladas de pesticidas químicos en el medio ambiente, de los cuales el 47,5% son herbicidas.

En la agricultura, los residuos de plaguicidas pueden alcanzar el medio ambiente a través de diferentes vías y puntos de contaminación (*deriva, lixiviación y escorrentía en canales, ecosistemas y caminos; infiltración al suelo y a mantos acuíferos; vertidos accidentales o por negligencia en diversos sitios dentro o fuera de la unidad de producción*), durante el desarrollo de actividades de aplicación, mantenimiento de equipos y tratamiento de residuos químicos. Afectando los ecosistemas y su biodiversidad (*incluyendo especies polinizadoras*[3]), contaminando el suelo, agua y aire, y poniendo en riesgo la salud de los trabajadores y residentes de comunidades vecinas mediante exposición directa o bien al consumir alimentos o agua contaminada.



Fuente: Ecologistas en Acción, 2018

Ciclo de los plaguicidas en el medio ambiente.

1 More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. FAO and IWMI, 2018
2 Un "plaguicida" es cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o piensos. Codex Alimentarius, 2022
3 Ver ficha #24 "Protección de polinizadores".

Estudios realizados en países desarrollados estiman que las tasas de incidencia anual de intoxicación aguda por plaguicidas en trabajadores agrícolas son alrededor de 18,2 por cada cien mil. En los países en desarrollo, donde puede haber una regulación insuficiente, falta de sistemas de vigilancia, deficiencias en capacitación e inadecuado mantenimiento de equipos de protección personal, se espera que las incidencias sean más altas[4].

En aguas superficiales, la concentración y el tipo de plaguicidas detectados dependen de varios factores como la estación del año, las propiedades físicas y químicas del compuesto (solubilidad en agua, la persistencia, vida media o la capacidad de retención en el suelo), la topografía del terreno y la frecuencia de la lluvia; condiciones que hacen muy difícil predecir el destino de un plaguicida en el medio y su bioacumulación en general[5].

La fauna acuática es particularmente sensible a los plaguicidas porque experimentan una exposición crónica; los peces por ejemplo, están expuestos a los plaguicidas a través de las branquias, la piel y la boca, y pueden bioacumular estos productos químicos en sus tejidos[5], trasladando estos efectos a las cadenas tróficas[6].

En conclusión, es de suma importancia el desarrollo de actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos, las cuales deben ser parte integral de la gestión de un sector productivo responsable, que atienda estos temas en miras de disminuir impactos en la salud de sus trabajadores, las comunidades vecinas y el medio ambiente en general.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Disminuye los riesgos de contaminación del recurso hídrico y la afectación del ciclo de vida, crecimiento y reproducción de las especies que se encuentran en ecosistemas cercanos, mediante la implementación de medidas que mitigan la deriva, vertido y lixiviación química durante eventos de aplicación.
- Favorece la protección de mamíferos y aves que se desplazan, alimentan o anidan a nivel del suelo, en zonas periféricas del cultivo; así como de anfibios, reptiles y peces que utilizan canales de drenaje o reservorios de agua en áreas de producción de piña y banano.
- Incentiva el uso responsable de fertilizantes, acorde a los requerimientos del cultivo y con el menor impacto posible al medio ambiente, reduciendo efectos de lixiviación, escorrentía o vertido de productos nitrogenados y fosfatados en los canales de drenaje o fuentes de agua superficial, lo cual limita la eutrofización[7] de las aguas y la emisión de gases de efecto invernadero.
- Contribuye con las metas internacionales en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), Marco mundial Kunming-Montreal de la diversidad biológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Beneficios para la persona productora:

- Contribuye a mantener la calidad agua disponible, recurso utilizado en actividades de riego, procesamiento y consumo humano.
- Protege la biodiversidad de especies que además de tener un valor intrínseco, pueden brindar servicios para el control natural de plagas presentes en el cultivo.
- Fomenta la implementación de medidas preventivas orientadas a minimizar riesgos por efectos por deriva química en áreas comunales cercanas, sitios de trabajo y zona de tránsito, generando así un ambiente más saludable y promoviendo buenas relaciones con los vecinos.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de la fruta en mercados internacionales, que demandan productos de calidad que respeten el medio ambiente.
- Facilita la participación de las fincas en certificaciones de reconocimiento internacional como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

Metodología de implementación de la medida

Las actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos, resultan ser un desafío complejo, pero necesario en el sector productivo, considerando que la gestión eficaz de esta iniciativa requiere diversas respuestas, desde la implementación de medidas de contención de deriva química a través del desarrollo de barreras naturales, ampliación de zonas de amortiguamiento entre cultivo y áreas denominadas como sensibles (vías públicas, infraestructura, comunidades y ecosistemas), hasta el mantenimiento y la mejora en los sistemas de aplicación considerando las tecnologías disponibles.

La persona productora debe tener en cuenta que una vez que los residuos químicos llegan a ecosistemas vulnerables, o bien salen de los límites de la unidad de producción, los costes de remediación son altos y los efectos sobre el medio ambiente y la salud humanaz pueden ser en muchos casos inciertos, duraderos y progresivamente dañinos.

A continuación, se amplían las acciones a seguir por parte de la persona productora, considerando posibles vías o puntos de contaminación:

4 Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. Boletín de OMS, 2008
5 Ríos hormonados Amplia presencia de plaguicidas disruptores endocrinos en los ríos españoles. Ecologistas en Acción y PAN Europe, 2018.
6 La cadena trófica describe el proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies de una comunidad biológica, en la que cada una se alimenta de la precedente y es alimento de la siguiente. BIOTASITE. 2022.
7 Eutrofización: Proceso natural en ecosistemas acuáticos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos. Las aguas eutróficas en contraste con las oligotróficas son más productivas. Sin embargo, más allá de ciertos límites, el proceso reviste características negativas al aparecer grandes cantidades de materia orgánica cuya descomposición microbiana ocasiona un descenso en los niveles de oxígeno. La eutrofización se produce en muchas masas de agua como resultado de los vertidos agrícolas, urbanos e industriales. Greenfacts, consulta en línea 2021.

Paso 1. Identificación de áreas sensibles

La primera actividad a realizar es la identificación y georreferenciación de las áreas de interés (social y ambiental) dentro y fuera de la finca, que pudieran ser afectadas por efectos de deriva, lixiviación[8], escorrentia e infiltración de residuos químicos, generados durante el manejo o aplicación (vía aérea o terrestre) de los agroquímicos que son utilizados en la unidad de producción. Por ejemplo: infraestructura en la finca, viviendas vecinales, canales primarios o secundarios con flujos de agua constante, ecosistemas naturales (parches boscosos, quebradas, lagunas, ríos, otros), reservorios de agua, nacientes y pozos utilizados para irrigación y/o consumo humano, entre otros.

Esta información permitirá a la persona productora elaborar un mapa, que puede ser utilizado no solo para visualizar estos sitios claves de forma gráfica, sino también para indicar la línea base de trabajo (*metros lineales con y sin barrera*) y las acciones a ser desarrolladas (Ver figura 1). Actualmente, existe gran cantidad de fuentes de donde pueden obtenerse imágenes de alta resolución actualizadas, las cuales pueden servir como base para realizar la actividad de identificación. Entidades como ESRI, o plataformas Google Earth, ofrecen imágenes satelitales accesibles de manera gratuita y con herramientas amigables para el usuario.

Figura 1. Canal conductor de agua del río al reservorio/ 100% con cobertura natural.Foto: Finca Marce Sur, Tecbaco 2022

Paso 2. Análisis de requisitos legales aplicables

Es importante verificar la normativa (nacional o internacional) relacionada con actividades de aplicación de agroquímicos (vía aérea y terrestre), considerando temas como barreras naturales, áreas de protección de ecosistemas, zonas de exclusión química y distancias mínimas entre el cultivo y cauces naturales[9], pozos, carreteras y poblados. Valoración necesaria para direccionar las acciones a ser implementadas y que serán descritas en las secciones siguientes de este documento.

Por otro lado, también hay que tener en cuenta las listas regulatorias a nivel nacional[10] o definidas por programas internacionales de certificación[11], que limitan o prohíben el uso de ciertos productos químicos.

Paso 3. Buenas prácticas de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos

Una vez la persona productora conoce las áreas sensibles y tiene claro cuáles son los requisitos de legislación aplicable; el siguiente paso es la valoración de las actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos, acciones que deben ser parte de una estrategia integral, en donde cada práctica implementada éste dirigida a reducir los efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana.

a. Elaboración de un plan de m anejo integrado de plagas (MIP).

Para la prevención, monitoreo y control de plagas, malezas y enfermedades, la persona productora debe considerar el desarrollo y aplicación de una estrategia[12] que integre el uso de métodos biológicos, físicos, culturales y químicos; en donde el uso de plaguicidas éste orientado y fundamentado en la necesidad real determinada según los resultados de cada monitoreo y acorde a los umbrales[13] de daño económico preestablecidos. De esta forma se optimiza el manejo de agroquímicos, minimizando riesgos y reduciendo la contaminación desde la fuente[14].

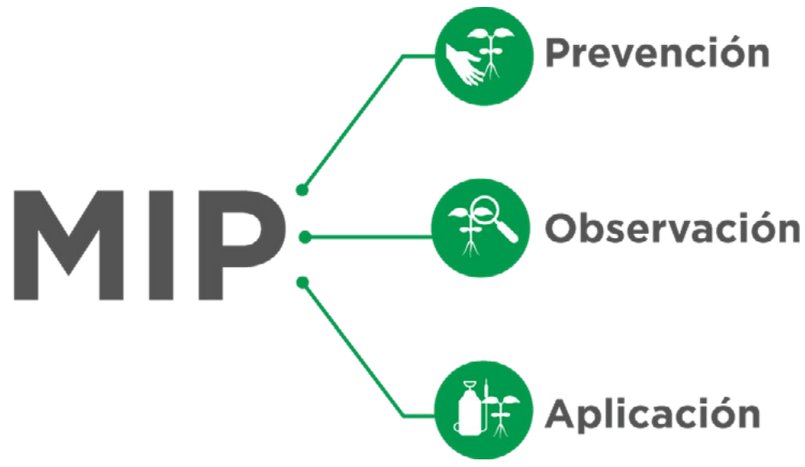


Figura 1. Canal conductor de agua del río al reservorio/ 100% con cobertura natural.Foto: Finca Marce Sur, Tecbaco 2022

b. Selección de productos químicos de menor impacto[14].

El objetivo es buscar alternativas sustitutivas al uso de ingredientes activos reconocidos por sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente. Esta información es relevante para comprender el riesgo, evitar su uso (de ser posible) y definir prácticas complementarias que ayuden a minimizar posibles impactos. Es importante revisar y comparar las hojas de datos de seguridad (MSDS) de diferentes agroquímicos con un mismo objetivo de control (hongos, nematodos, insectos, otros), verificando las condiciones incluidas en la sección de información toxicológica y ecológica, o bien utilizar otras fuentes como bases de datos locales o internacionales, que faciliten la selección final del producto, asegurando una respuesta eficaz de control, pero con una menor incidencia.

8 El concepto de lixiviación se emplea en la ecología para aludir al deslizamiento de agentes contaminantes y desechos hacia mares y ríos. El agua se encarga de arrastrar estas sustancias que pueden causar importantes daños al medio ambiente. Definicion.de. 2018.
9 Zona de protección de Cauces Naturales: Colombia: 30 metros (Decreto 1449- Art 3b); Costa Rica: 10-15 metros (Ley Forestal 7575- Art 33b); Ecuador: 30 metros (Acuerdo 365- Art 14); República Dominicana: 30 metros (Ley 64-00- Art 129)
10 Costa Rica, Colombia, Ecuador y República Dominicana.
11 Rainforest Alliance y Fairtrade International. Fairtrade USA.
12 Elaborada con la ayuda de un profesional competente
13 Los umbrales de control contemplan variables ajustadas a las características de cada tipo particular de plaga y su impacto sobre los cultivos, de acuerdo con cada estadio de desarrollo. UNICOOP. 2020.
14 Ver "ficha #8" Optimización del uso de plaguicidas sintéticos"

c. Desarrollo de barreras naturales en áreas de actividad humana [15].

La implementación de barreras naturales, es una actividad orientada a la retención de deriva química durante las aplicaciones de agroquímicos. Las barreras deben constituirse alrededor de áreas de infraestructura con presencia constante de personal, junto a viviendas o edificaciones externas y a lo largo de vías públicas.

Es importante utilizar especies nativas seleccionadas, que a la vez no representen un riesgo como hospederas de plagas y enfermedades, y que adicionalmente tengan la capacidad de desarrollarse con una altura suficiente para generar la protección deseada, conservando un follaje denso, y constante durante todo el año.

Se debe tener en cuenta que estas líneas naturales, no deben ser consideradas como biocorredores, dado que su función principal es retención de residuos químicos de la pulverización; son áreas de manejo especial, en donde se debe evitar incluir especies con frutos o flores atrayentes de fauna o con potencial de uso o alimentación por parte de trabajadores o personas externas a la unidad de producción. Consideración que podría variar para una finca de manejo orgánico.

Foto ejemplo de barrera natural en finca de piña

d. Determinación de la composición vegetal en las zonas de protección del recurso hídrico hídrico [16].

Como parte de la estrategia de protección de ecosistemas acuáticos (quebradas, ríos, esteros, lagunas, otros) es necesario trabajar proyectos de restauración de las zonas de protección natural, considerando que las primeras líneas vegetativas ubicadas junto a la plantación, deberían ser de porte bajo o arbustivo para evitar riesgos durante el desarrollo de trabajos o actividades propias del cultivo, por ejemplo en aplicaciones vía aérea para el control de sigatoka en áreas de producción de banano. Por otro lado, también se debe evitar la siembra, de plantas con flores o frutos cercanas a la plantación, para disminuir el impacto de la deriva química sobre polinizadores[17] o especies de borde, considerando los efectos de viento durante las aplicaciones o bien teniendo en cuenta el margen de error que pueden presentar algunos sistemas tecnificados de aplicación utilizados en finca. Consideraciones que podrían variar para una finca de manejo orgánico o de bajo uso de tecnologías de menor deriva química. (Ver Paso 4).

e. Separación del cultivo 10 metros del ecosistema ecosistema[18].

Esta práctica está dirigida a disminuir la deriva y escorrentía de plaguicidas hacia los diferentes ecosistemas, manteniendo un área despejada o cordón sanitario entre el cultivo y la zona de protección del ecosistema, la cual a su vez funcionaría como zona de amortiguamiento durante las aplicaciones, realizadas vía aérea o terrestre (Ver figura 2).

Figura 2. Zona de amortiguamiento sin cultivo.
Foto: Finca Earth- Bloque #4, 2021

f. Manejo de una zona de no aplicación química.

En caso de que no sea factible manejar un área de separación entre el ecosistema y el cultivo, una medida alternativa es definir una zona de no aplicación, a lo interno de la plantación y de forma paralela al ecosistema, en donde se utilicen alternativas no químicas de control de plagas y enfermedades (mecánicas o manuales).

En este sentido es importante colocar señalización en el límite de esta franja de manejo diferenciado y capacitar al personal al respecto. El ancho sugerido de la zona estaría acorde al método de aplicación utilizado: 5 metros, en aplicación mecánica, manual o focalizada y 10 metros, en aplicaciones presurizadas (motobomba, spray boom, otras).

g. Desarrollo de vegetación natural en canales primarios y secundarios.

Utilizando plantas herbáceas o arbustivas, de follaje denso pero poroso y perenne, que permitan con el tiempo la formación de un domo “efecto sombrilla” que recubre los taludes a lo largo de los canales. Estructura que ayudará a disminuir la deriva química y la contaminación de ecosistemas acuáticos cercanos. En la figura 3 se puede observar las gotas de fungicida, retenidas en el haz de la hoja durante el último ciclo de control de sigatoka *“Mycosphaerella fijiensis”* vía aérea.

Se puede priorizar la siembra, en aquellos canales que descarguen el agua de forma natural o por medio de estaciones de drenaje a ecosistemas acuáticos naturales o artificiales (reservorios)”.

15 Ver ficha #11 “Barreras Naturales en áreas de actividad humana”.
16 Ver ficha #19 “Zonas de protección de recurso hídrico”
17 Ver ficha #24 “Protección de polinizadores”
18 Una vez la zona de protección cumpla con los requisitos legales de distanciamiento y estructura vegetal

Figura 3. Barrera Vegetal en Canal Primario/ junto a la zona de protección de la Quebrada

h. Colocación de protectores en aspersores para fincas que manejan fertirriego.

La práctica busca evitar que, durante la labor de irrigación, las gotas cargadas con fertilizantes nitrogenados y fosfatados lleguen a los canales de drenaje, generando un riesgo de contaminación en el agua de ecosistemas cercanos, favoreciendo la proliferación de especies invasivas y reduciendo el oxígeno disuelto en el medio. Por otro lado, de manera preventiva, se debe eliminar las aplicaciones de fertilizantes (edáficos o por fertirriego) cerca de pozos (distancia según ley) para evitar infiltración química a mantos acuíferos.

Paso 4. Uso de nuevas tecnologías de aplicación

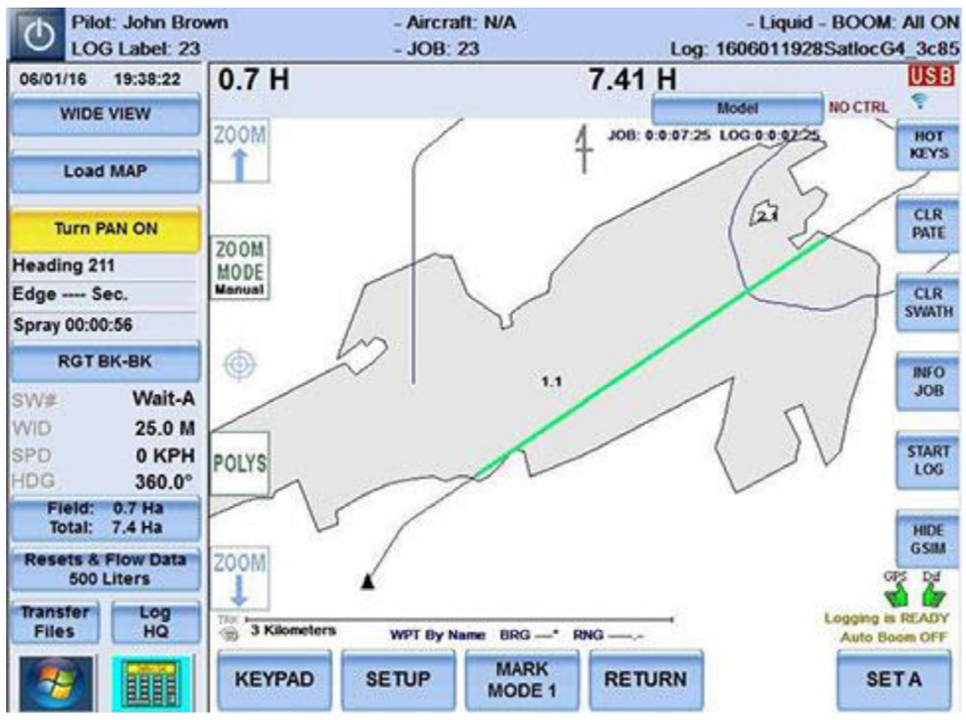
En áreas de producción de banano y piña, en donde se realicen aplicaciones de agroquímicos con equipos tecnificados[19], es de especial interés la implementación de actividades de prevención y contención de la deriva química[20], siendo necesario considerar las variables que contribuyen a generarla; las cuales están principalmente relacionadas con la irregularidad del área objetivo, el sistema del equipo de pulverización[21] y los factores meteorológicos presentes durante la aplicación.

A continuación, una descripción de las variables:

a. Verificación y actualización de las áreas objetivo de aplicación.

Cuando se utilizan sistemas tecnificados de aplicación, la primera acción que debe realizarse es la actualización del área de cultivo que será sometida a controles químicos. En este sentido, las herramientas de medición a ser utilizadas (GPS) deben ser muy precisas para asegurar que los mapas o polígonos elaborados de las áreas de trabajo, sean incluidos sin errores en los sistemas informáticos de los equipos de aplicación (aviones, tractores), disminuyendo al máximo el riesgo de deriva o descarga directa de plaguicidas fuera del perímetro del cultivo (hacia áreas de uso público y en ecosistemas).

Una buena práctica es realizar una actualización de la información (superficie, perímetros y geometría de finca), cada vez que se aumente o adicionen nuevas áreas de cultivo, o bien cuando se cambia de proveedor del servicio de fumigación.



Fuente: ccmsystems, 2016

Fuente: ccmsystems, 2016
Ejemplo de job de fumigación/ Sistema Satloc G4 visto en la pantalla de la aeronave.

b. Consideraciones del sistema del equipo de pulverización y factores mete orológicos.

Para evitar la deriva química durante las actividades de aplicación, es necesario conocer de los factores que la generan y acciones que pueden ser implementadas para lograr un balance entre la aplicación exitosa del producto y la protección del medio ambiente:

- Tamaño de la gota. Este es el factor de mayor relevancia en relación con la deriva. Cuando una solución líquida se pulveriza a presión, se atomiza en gotas de diversos tamaños; de esta forma, entre más pequeño el tamaño de la boquilla y mayor la presión de pulverización, más pequeñas las gotas y, por ende mayor tendencia a derivarse. Una alternativa es utilizar boquillas antideriva que produzcan gotas con mayor diámetro volumétrico medio (DVM), respetando al mismo tiempo los rangos de presión óptimos especificados para cada tipo de boquilla. De esta forma también se asegura una cobertura uniforme de la aplicación.
- Altura de pulverización: A medida que la distancia entre la boquilla y el objetivo de aplicación aumenta, mayor es el impacto que la velocidad del viento puede tener en la deriva. La influencia del viento puede aumentar la proporción de gotas más pequeñas desviadas del objetivo; razón por la cual no se debe pulverizar a alturas mayores que aquellas recomendadas por el fabricante de las puntas de pulverización.
- Velocidad de trabajo: El aumento de las velocidades puede hacer que el producto pulverizado se desvíe hacia las corrientes de viento ascendentes y los vórtices detrás del pulverizador, lo cual atrapa las gotas finas y puede contribuir a la deriva.

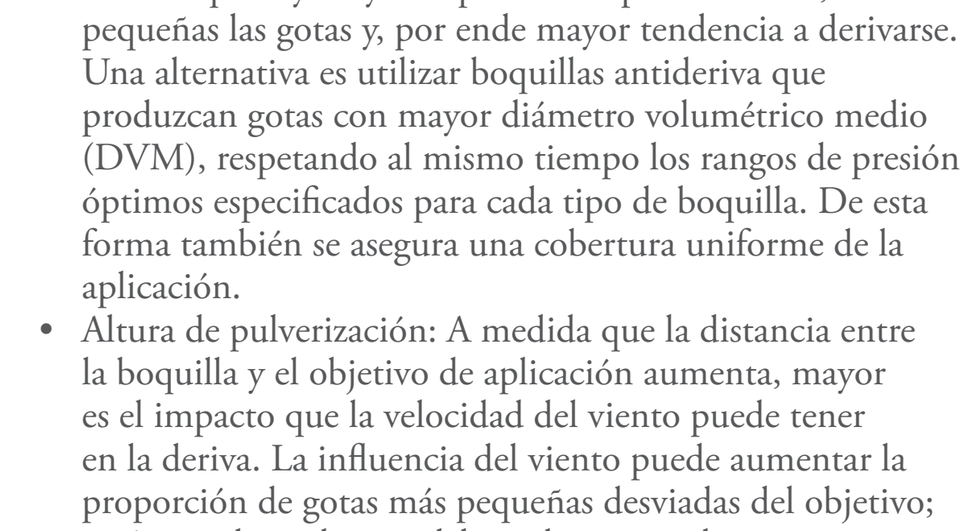


Imagen ilustrativa de fumigación aérea en cultivo de banano

19 Banano: uso de aeronaves para el control Sigatoka Negra "Myscopherella fijiensis"/ Piña: uso de spray boom en diversas aplicaciones de control.
20 Deriva es un término empleado para aquellas gotas que contienen los ingredientes activos que no se depositan en el objetivo. Las gotas más propensas a la deriva son, por lo general, las gotas pequeñas, inferiores a 200 micras de diámetro y son fácilmente desviadas del objetivo por el viento u otras condiciones climáticas. TeeJet Technologies, 2022.
21 Pulverizar: fraccionar una masa sólida o líquida en partículas o gotas. Es el proceso que realiza un equipo pulverizador: fracciona la masa líquida contenida en el tanque, mediante un chorro proyectado por cañerías que se "rompe" en las boquillas hidráulicas o pastillas generando gotas de diferentes tamaños. INTA, 2013.

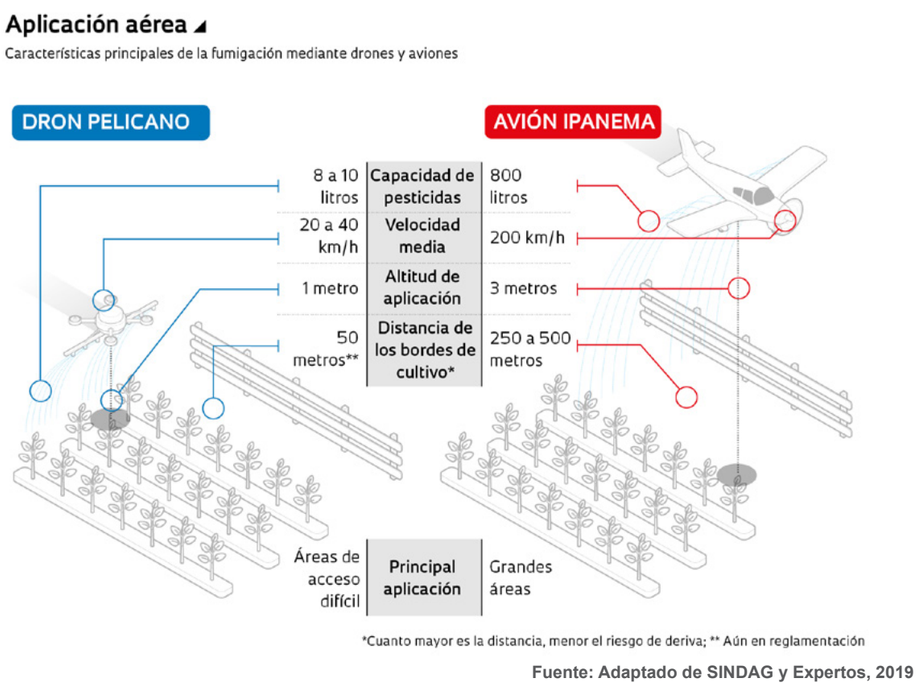
- Velocidad del viento: Entre los factores meteorológicos que tienen mayor impacto en la deriva, se encuentra la velocidad del viento. Por lo tanto, es importante efectuar los trabajos de aplicación durante las horas del día relativamente calmas. Generalmente, temprano por la mañana y al atardecer.
- Temperatura y humedad ambiental: Son variables importantes para considerar según el método de aplicación[22]. Las gotas pequeñas son especialmente propensas a la deriva debido a los efectos de la evaporación.

En general, es necesario seguir las recomendaciones técnicas relacionadas con los tipos y tamaños de las boquillas, las metodologías y tiempos de calibración, así como de los volúmenes de los productos a ser aplicados, evitando favorecer que la actividad genere deriva[23].

En fincas de piña un ajuste recomendado para el spray boom, es la segmentación del brazo de aplicación en diferentes secciones que permitan una aplicación controlada mediante la apertura o cierre de válvulas según se requiera, ya sea por condiciones topográficas o irregularidades presentes en los bordes de los bloques de cultivo. De esta forma, un operario que maneje un tractor con sistemas tecnificados de aplicación, puede decidir extender o acortar el brazo o bien cerrar secciones para evitar afectar áreas no objetivo de aplicación, disminuyendo impactos, a la vez que se promueve una práctica de ahorro.

c. Métodos alternativos de aplicación

En áreas sensibles (cerca de vías públicas, ecosistemas y edificaciones), identificadas en el Paso 1, se deben promover métodos alternativos de aplicación con un menor impacto por deriva, como el uso de aviones ultraligeros o drones[24], siempre y cuando esta actividad esté permitida por ley y se demuestre cumplimiento con los requisitos técnicos aplicables.
En fincas productoras de banano en donde se utilicen drones, es importante establecer zonas de exclusión de fumigación aérea, en donde se puede distinguir claramente el área aplicada con el avión y la sección o franja sensible tratada con el dron. Actualizando así, el trabajo de vuelo y definiendo un nuevo perímetro objetivo para las aplicaciones con aeronaves.



d. Otras consideraciones aplicables a la fumigación aérea

• Para la fumigación aérea, las aeronaves utilizadas deben estar equipadas con sistemas de posicionamiento geográfico (GPS) y contar con válvulas de cierre automáticas (spray off/on) conectadas al GPS.

Después de cada aplicación, el equipo técnico de finca, puede verificar la efectividad del cierre de las válvulas en los plots o mapas de vuelo. En caso de evidenciarse pases con pulverización fuera del perímetro de finca afectando áreas sensibles (vías públicas, ecosistemas y edificaciones), se deben buscar soluciones conjuntas con el proveedor dirigidas a realizar ajustes a los sistemas, disminuir los márgenes de error[25], actualizar los trabajos de fumigación (perímetros del área de cultivo) o realizar capacitaciones con los pilotos según aplique.

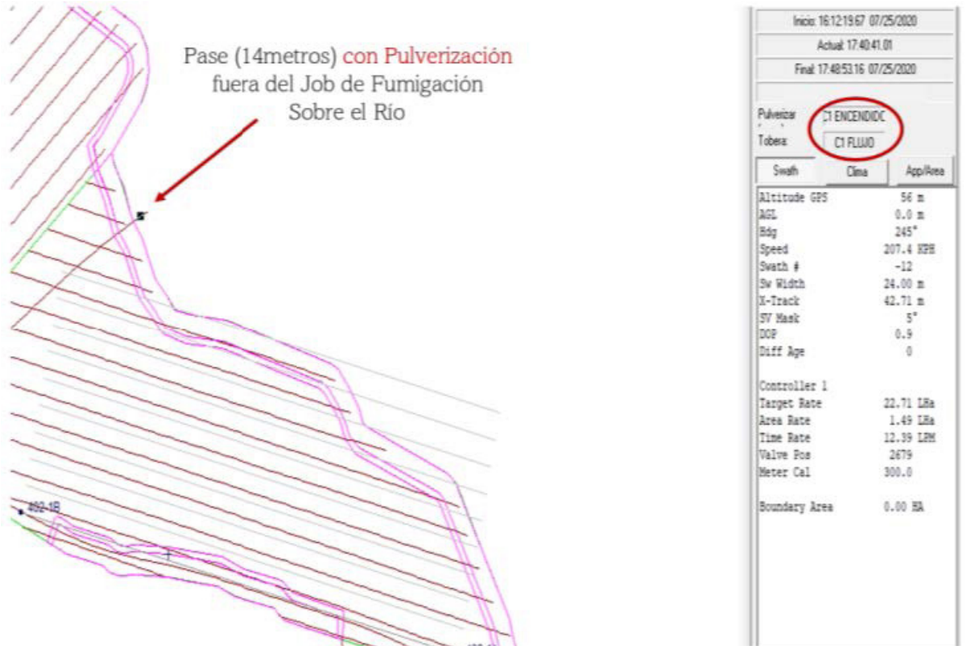


Imagen ilustrativa de fumigación aérea fuera del perímetro de finca

El sistema de cierre automático, debe utilizarse en todo momento, incluyendo las labores de repasos en áreas denominadas calientes o de mayor afectación por Sigatoka.

- Finalmente, es importante contar con medidas de respuesta a emergencias, definidas entre las partes (proveedor de fumigación y finca), en donde se puedan detallar las acciones a seguir en caso de presentarse accidentes que generen contaminación en cauces naturales o áreas públicas. Considerando también sitio de descarga de emergencia en caso de necesitarse.

Paso 5. Medición y seguimiento de funcionalidad de las medidas implementadas.

El último paso es establecer un plan de monitoreo y medición de efectividad de las actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos implementadas por la finca. Entre las medidas, se pueden citar:

- Uso de papel hidrosensible u olesensible, para medir si la deriva química está llegando a áreas claves (canales, ecosistemas, caminos, otros) posterior a realizarse un ciclo de aplicación. Lo cual permite evidenciar si se presenta deriva química a pesar de las acciones implementadas. (ver figura 4).
- Análisis de pesticidas en agua superficiales (realizado por un laboratorio acreditado), en sitios de descarga de canales a ecosistemas naturales, considerando plaguicidas y fertilizantes (cuya composición incluya Nitrógeno y Fósforo) utilizados en la finca y dentro del lapso de 24 horas posterior de haberse realizado una aplicación, aérea o terrestre.
- Verificación de mapas de aplicación cerca de áreas sensibles, para asegurar el cierre efectivo de boquillas.
- Consulta con terceros (vecinos) de posibles afectaciones posterior a cada aplicación.
- Verificación visual (en campo) de la efectividad de las

22 Fumigación aérea: Aplicaciones temprano en las mañanas o al final de la tarde, y condiciones meteorológicas deseables para una buena pulverización, como temperaturas bajas, velocidad del viento ideal (entre 5 y 8 km/h) y alta humedad relativa (mayor a 70% HR). INTA, 2010.
23 Prácticas que también deben seguirse cuando se usan métodos de aplicación terrestre: con motobomba y mochila/ bomba de espalda
24 Estudios realizados en Finca San pablo en Costa Rica, demuestran que la deriva en aplicaciones aéreas con RPAS-Dron es prácticamente nula después de los 5m del borde del cultivo debido a la baja turbulencia que genera el equipo; siempre y cuando se respeten las condiciones agrometeorológicas y el tamaño de gota (200-300µm) recomendadas para este tipo de actividad agrícola. CORBANA, 2021
25 De la cobertura del sistema de GPS (según cobertura de satélites- normalmente de 1 a 5 mt) y el Sprayoff (según consulta técnica, puede variar entre 0.1 a 0.2 segundos, lo cual en metros lineales representa entre 6 a 12 metros/ según tipo y velocidad de la aeronave). Consulta: AIFA.

aplicaciones realizadas por trabajadores o proveedores, evitando sobredosificaciones, desperdicios de productos, al tiempo que se controla la deriva, lixiviación, escorrentia e infiltración de residuos químicos en el medio ambiente.

- Uso de herramientas de evaluación de riesgo de deriva, como por ejemplo: TOPPS- PROWADIS.

Figura 4. Papel hidrosensible.

Indicadores de desempeño

- Metros lineales de vías públicas con barreras naturales funcionales[26]
- Número de canales primarios y secundarios con cobertura vegetal funcional[27]
- # de pases con pulverización fuera del trabajo de vuelo, sobre áreas sensibles.
- % de hectáreas fumigadas con drones
- # de quejas por deriva química, presentadas por vecinos de la comunidad en el año
- # de plaguicidas sustituidos por otros de menor impacto ambiental
- Ahorro anual en $ resultante de la optimización de los equipos de aplicación

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, y el seguimiento a las actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos
- *Externo:* Profesional especialista en sistemas tecnificados de aplicación.

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa de áreas sensibles ($100 a $300)
- Consulta técnica para el desarrollo de planes de siembra de especies vegetales, por parte de un profesional ($225 por día).
- Desarrollo de viveros o compra de plántulas ($4-$8 por árbol)
- Actividad de siembra y reposición de especies vegetales en áreas sensibles, realizado por personal de la finca. Valor base del salario mínimo legal por hora según país.
- Área de cultivo retirada para dar lugar a barreras naturales, el costo por área depende de la productividad de cada finca.
- Compra de equipo tecnificado de aplicación. Costo variable desde $2.500 (Sistema Automático de Control de Dosis y Tramos Field-IQ) a “20.000 (Sistema Satloc G4)
- Análisis de pesticidas en el punto de descarga de aguas residuales a ecosistemas, Variable según el número de moléculas y el número de muestras.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Las actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos deben ser parte integral de la gestión de la finca, con el objetivo de disminuir impactos en la salud de sus trabajadores, las comunidades vecinas y el medio ambiente en general.

Una persona productora que implemente la medida, no solo contribuye a mantener la calidad del agua disponible, recurso utilizado en actividades de riego, procesamiento y consumo humano, sino también optimiza el uso de insumos químicos aplicados en el cultivo. Reduciendo así costos y emisiones de gases efecto invernadero. Prácticas que favorecen su imagen a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de la fruta en mercados internacionales, que demandan productos de calidad que respeten el medio ambiente.

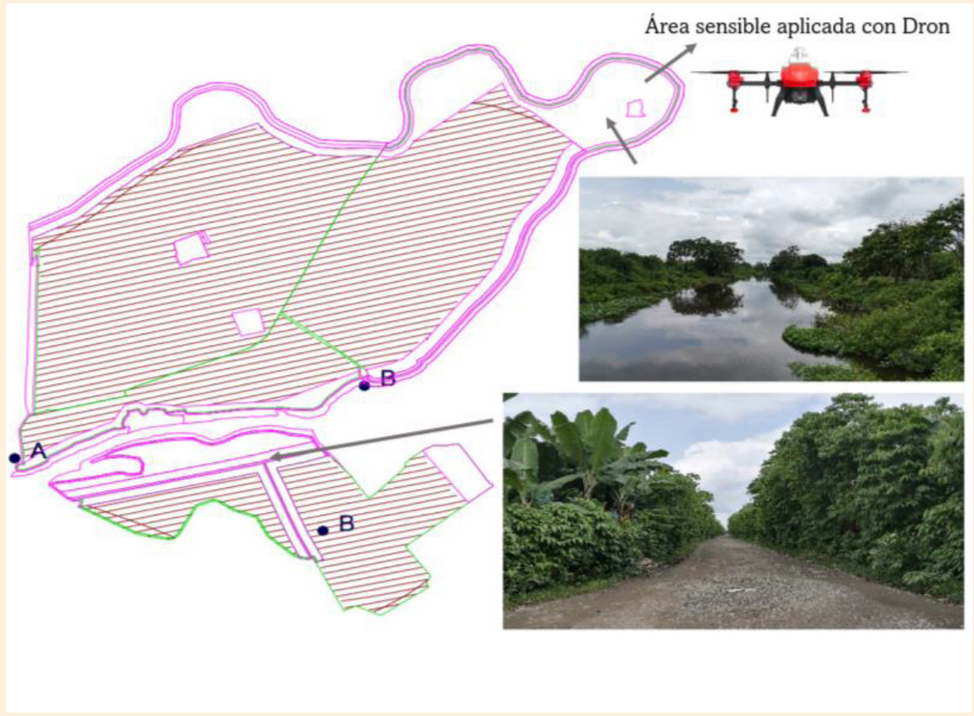
26 Barrera compacta con una altura igual o mayor al cultivo (banano) o una altura dos veces superior a las válvulas de aspersión (piña).
27 Formación tipo domo que retenga la deriva.

Casos de éxito

La finca Lola es una unidad de producción de banano de 209 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la provincia de Los Ríos, en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Desde el 2015, se han realizado diversos esfuerzos no solo dirigidos a asegurar la efectividad del control de la Sigatoka en las plantaciones de banano, sino también a disminuir el impacto sobre el medio ambiente y las comunidades:

- Restauración de zonas de protección natural aledañas a los dos principales cauces naturales, área que actualmente representa 9,28 hectáreas.
- Eliminación de uso de herbicida para control de arvenses.
- Formación de barreras alrededor de la vía pública (2.779 metros lineales).
- Trabajo conjunto con el proveedor de fumigación aérea (empresa AIFA) para la mejora de los sistemas de aplicación, incluyendo actualización del software Satloc G4 Mapstar, mejoras en los sistemas de Spray off/on, reduciendo el margen de error a 0,1 segundos, revisión y seguimiento de los resultados de cada fumigación.
- Uso de drones en áreas sensibles (49,3 hect), cerca de vías públicas y ecosistemas.



Actividades implementadas para el control de la deriva
Imagen: Finca Lola, Dole Ecuador 2022

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente, se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como parte de su compromiso de producción responsable y sostenible, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

Para las aplicaciones de productos fitosanitarios y fertilizantes foliareas, la finca cuenta con un grupo de 8 tractores con spray boom, dos de los cuales (106 y 112) tienen instalados sistemas Trimble Field IQ, el cual permite controlar el avance de las secciones que son aplicadas diariamente, así como las dosis utilizadas, la altura de los brazos de aplicación y la apertura de los segmentos o secciones que integran cada brazo, permitiendo evitar sobredosificaciones y afectaciones por deriva en áreas sensibles como canales principales, cauces naturales, vías públicas, entre otros.

El sistema Field-IQ utiliza una pantalla CFX-750, la cual permite elegir la opción de interfaz que mejor se adapte a las necesidades y según la actividad que se realice. Esta tecnología va de la mano con las prácticas de agricultura de precisión que implementa la finca desde el 2016, en donde los mapas de cada lote fueron previamente rectificados y medidos con drones, antes de incorporarlos al sistema; lo cual ha generado múltiples beneficios, entre ellos la optimización del volumen de las mezclas aplicadas, con un ahorro estimado cercano a 1.000 litros por hectárea.

Por otro lado, la finca también ha trabajado otras prácticas para control deriva, asociadas a la incorporación de boquillas antideriva en los equipos de aplicación, la implementación de barreras naturales, el no uso de herbicidas en el manejo de rastrojo y para el control de coberturas en caminos internos; así como el manejo de zonas de separación entre el cultivo y los ecosistemas naturales (cordones sanitarios), entre otros.

Referencias

[1] More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. https://www.fao.org/3/CA0146EN/ca0146en.pdf
[2] Concepto de plaguicida. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/glossary/es/#:~:text=Un%20%22plaguicida%22%20es%20cualquier%20sustancia,piensos%2C%20o%20que%20pueda%20administrarse
[4] Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2647412/pdf/08-041814.pdf
[5] Ríos hormonados Amplia presencia de plaguicidas disruptores endocrinos en los ríos españoles. https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/informe-rios-hormonados.pdf
[6] Cadena trófica. https://sites.google.com/site/biotasite/home/cadenas-troficas
[7] Definición de eutrofización. https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/eutrofizacion.htm
[8] Concepto de lixiviación. https://definicion.de/lixiviacion/
[13] Manual de manejo integrado de cultivos. http://www.unicoop.com.py/admin/archivos/manual-integrado-de-cultivos.pdf
[20] Pulverización- Información Técnica. https://www.teejet.com/-/media/dam/agricultural/usa/sales-material/catalog/technical_information.pdf
[21] Aplicación terrestre de plaguicidas: ¡hay que cambiar la forma de trabajar! Los barbechos químicos ofrecen una gran oportunidad. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-otra-forma-de-pulverizar.pdf
[22] Inversión Térmica, meso meteorología aplicada a la reducción de deriva en pulverizaciones aéreas https://www.engormix.com/agricultura/articulos/pulverizacion-aerea-inversion-termica-t28556.htm
[23] Medición de la deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas para el combate de la sigatoka negra con sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS-drones) en el cultivo de banano. (pdf) medición de la deriva en aplicaciones aéreas de fungicidas para el combate de la sigatoka negra con sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS-drones) en el cultivo de banano. (researchgate.net)

Otras consultas:

- 10 maneras de reducir la lixiviación del nitrógeno. https://www.yara.es/agricultores-para-el-futuro/agricultura-eficiente/lixiviacion-nitrogeno/
- Aplicación aérea para el control de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en el cultivo de banano (Musa Acuminata). https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DUARTE%20FUENTES%20DANIEL%20FERNANDO.pdf
- El agua para la agricultura de las Américas. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.
- Fabricación de spray booms, e implementos agrícolas. https://www.spraycocr.com/fabricacion-de-spray-booms-e-implementos-agricolas/
- Fumigación Aérea: La aviación al centímetro. https://www.aeromundomagazine.com/2017/06/07/fumigacion-aerea-la-aviacion-al-centimetro/
- Fumigación con drones. https://revistapesquisa.fapesp.br/es/fumigacion-por-drones/
- Manual de Plaguicidas de Centroamérica. http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/
- Satloc G4- Guía de Instalación. https://satloc.com/wp-content/uploads/2020/03/Satloc-G4-Install-Guide-spanish-875-9307-000_RevA1.pdf

Control biológico de plagas

10

Categoría B

Nicoverde, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

7 Labranza de bajo impacto
8 Optimización del uso de plaguicidas sintéticos
18 Recuperación de hábitats naturales degradados
20 Reservorios de biodiversidad
24 Protección de Polinizadores
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.5.3

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Criterio: 4.1.2 (Indicador 4.1.2.6)

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores, 2019, V2.5
Requisito: 3.2.2, 3.2.19

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB/6.4

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 10

Control biológico de plagas

Descripción de la medida

El concepto de control biológico busca la reducción de la densidad de las poblaciones de agentes no deseados, como son las malezas, los patógenos y las plagas, hasta alcanzar niveles que no sean perjudiciales económicamente para el cultivo[1]. Esto se realiza mediante la incorporación de enemigos naturales, también llamados organismos benéficos, que pueden ser microorganismos, extractos de plantas, minerales o invertebrados[2]. En el caso de las malezas, estos actúan eliminando partes vitales de las plantas o creando ambientes adecuados para que los enemigos naturales puedan establecerse[3]; mientras que a las plagas y enfermedades las atacan directamente.

Sin embargo, el control biológico no solo consiste en el ataque a las malezas, plagas o enfermedades de una manera directa, sino que también incluye la alteración del medio ambiente en el que estas se desarrollan[2]. Un ejemplo es cuando se incluyen microorganismos descomponedores para el manejo del rastrojo de la piña[4], reduciendo los ciclos de la mosca del establo "Stomoxys calcitrans", o cuando se eliminan malezas hospederas de ciertas plagas y enfermedades.

No obstante, el control biológico no busca sustituir al control químico, sino servir de alternativa para reducir el uso de agroquímicos[5] (carga química y tóxica) en la agricultura; esto mediante la aplicación de mecanismos más amigables con el medio ambiente que incluya un enfoque de manejo integrado de plagas y enfermedades, donde se prioriza la prevención y la utilización de diferentes métodos de control para la reducción de poblaciones en vez de la aplicación inmediata de plaguicidas químicos[6].

Control biológico de plagas

1 Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa sp.): medidas para la temporada invernal. ICA, 2012.
2 Control de plagas y malezas por enemigos naturales. FHTET, 2007
3 Efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano. Universidad Earth, 2003
4 Manejo de Plagas y Enfermedades. EARTH-Proyecto Promes. 2010.
5 Ver ficha #8 "Optimización del uso de plaguicidas sintéticos"
6 Oferta de biocontroladores de origen costarricense. PROCOMER, 2017.

En la actualidad, el control biológico ha tomado auge nuevamente, debido a una mayor conciencia ambiental del consumidor y a las rigurosas regulaciones impuestas por algunos gobiernos relacionadas con el uso de plaguicidas químicos6. A nivel mundial se comercializan alrededor de 1.400 tipos de bioplaguicidas, en presentaciones líquidas, polvos humectables, granulados y polvos. Destacan los elaborados a partir de bacterias como el *Bacillus Thuringiensis* (Bt)[6].

Por otro lado, la Unión Europea y organismos internacionales como la FAO promueven este tipo de control de plagas y enfermedades como un mecanismo para la reducción del uso de algunos plaguicidas químicos que han sido considerados desfavorables para el medio ambiente y el ser humano. Por lo cual este tipo de estrategias, adquieren mayor relevancia y exigen una atención mayor en todos los ámbitos, especialmente en la investigación, la educación, la financiación y la formulación de políticas[7].

Los bioplaguicidas[8] o plaguicidas naturales derivados de extractos naturales, microorganismos o sustancias que los liberan se distinguen por ser selectivos, es decir, que solo afectan a la plaga, maleza o enfermedad al que está dirigido. Estos se pueden clasificar según su ingrediente activo:

Grupo 1: a base de microorganismos (bacterias, hongos, virus, protozoarios).
Grupo 2: a base de macroorganismos (insectos entomófagos[9] y nematodos entomopatógenos[10])
Grupo 3: a base de sustancias bioactivas (extractos botánicos, minerales, otras derivadas de organismos)
Grupo 4: sustancias afines (atrayentes, feromonas, adherentes para trampas, protectores solares, pegamentos o gomas).

Si bien el uso de los bioplaguicidas tiene muchos beneficios asociados como la preservación de la biodiversidad gracias a su acción inofensiva hacia otros organismos benéficos, la reducción del uso indiscriminado de los plaguicidas y la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) asociados a la producción y distribución de dichos productos químicos; su uso también presenta algunas limitaciones[8] que deben ser consideradas al momento de incluirlos en los planes de manejo de finca agrícolas:

- Su acción biocida no es inmediata, ya que requiere de tiempo para atacar y reducir las poblaciones del agente no deseado. Tienen un enfoque más preventivo que curativo
- Normalmente, son de carácter específico, es decir, que atacan a un organismo directamente, lo que puede ser una limitante si existe más de una plaga o enfermedad activa. - Tienen requerimientos específicos para su almacenamiento, preparación y aplicación que pueden afectar su efectividad en campo si no se acatan de manera adecuada. Asimismo, un producto con baja concentración de microorganismos puede afectar la eficacia en el control de las plagas.
- No cualquier organismo puede ser un controlador biológico, ya que debe de seguir ciertos requisitos (especificidad, alta capacidad de reproducción, adaptación al ambiente, alta habilidad de dispersión y facilidad de reproducción en laboratorio)[11].

En todo caso, el control biológico es un complemento importante y necesario que debe estar vigente en los planes de manejo integrados de plagas y enfermedades, para lo cual es indispensable profundizar en la ecología, biología y comportamiento de los enemigos naturales de la plaga y de la plaga misma, además de aquellos factores que podrían ser causantes de cambios poblacionales, buscando lograr la efectividad deseada al utilizarse en el momento preciso y de manera correcta.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Reduce efectos colaterales sobre otros enemigos naturales de la plaga, manteniendo el equilibrio en el ecosistema.
- Disminuye significativamente el uso de insecticidas químicos, reduciendo los efectos contaminantes en el medio ambiente y la presencia de residuos en la fruta de exportación.
- Ayuda a disminuir las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero. Los plaguicidas químicos son responsables del 1-4% de las emisiones de GEI, las cuales empeoran el cambio climático. Por lo que es de suma importancia la utilización de control biológico donde se minimiza la utilización de estos productos[12].

Beneficios para la persona productora

- Reduce costos operativos, relacionados con la compra de insumos químicos para el control de plagas y enfermedades.
- Evita los riesgos de presencia de plagas secundarias que generalmente se presentan o resurgen cuando se aplican plaguicidas químicos que eliminan tanto plagas como organismos benéficos.
- Mejora la imagen de la persona productora y de la finca, al reducir la carga química y tóxica[13].
- Reduce los riesgos laborales asociados al manejo de plaguicidas.

Metodología de implementación de la medida

Al implementar el control biológico es importante tomar en cuenta que esta práctica forma parte de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) en finca, el cual busca combinar diferentes técnicas para el control de las enfermedades, plagas y malezas, en donde el uso de bioplaguicidas es una de ellas. Asimismo, se deben considerar otras prácticas que van de la mano con la agricultura de precisión, determinando necesidades de control en zonas afectadas por enfermedades o plagas, evitando de esta forma generalizar tratamientos en todo el área de cultivo; incluyendo el uso de recursos tecnológicos en las actividades de monitoreo, llevando registros y mapeos que permitan comparar el antes y después de la aplicación del control biológico, optimizando así el recurso utilizado.

7 Utilización sostenible y conservación de los agentes de control biológico microbianos e invertebrados y de los bioestimulantes. FAO, 2021.
8 Oferta de biocontroladores de origen costarricense. PROCOMER, 2017.
9 Un insecto entomófago es cualquiera que se alimenta de otro, algunos buscan y se alimentan libre y activamente de varias presas durante su vida (depredadores, ejemplo: catarinas y crisopas), otros se desarrollan dentro o sobre su huésped hasta matarlos (parasitoides, ejemplo: avispitas y moscas). SENASICA, 2020.
10 Doce familias de nemátodos se asocian con los insectos, algunas utilizan a estos artrópodos como un medio de transporte sin causar daños, otros pueden producir parasitismo y otros pueden transmitir enfermedades; estos últimos se les denomina entomopatógenos. Dos familias destacan como NEP: Steinernematidae y Heterorhabditidae, ambas con ejemplos notables de asociación simbiótica y control de insectos. INIA, 2021.
11 Historia, ¿Qué es el Control Biológico? INA, 2020.
12 Las plagas y el cambio climático: utilizar soluciones basadas en la naturaleza para disminuir los riesgos. CABI, 2021.
13 Importancia del Control Biológico de plagas en la agricultura peruana. SENASA, 2016.

Paso 1. Control biológico como parte del plan de manejo integrado de plagas y enfermedades.

La estrategia debe incluir elementos como la correcta nutrición del cultivo[14], labores de establecimiento apropiadas, identificación y monitoreo de plagas y enfermedades; así como distintas técnicas del MIPE15 que permiten un adecuado control de los organismos antagónicos, en donde como ya se comentó el biocontrol es un complemento clave para el éxito del plan.

a. Elementos generales.

La persona productora debe considerar diversos elementos16 que se enlistan a continuación y que serán ampliados en las siguientes secciones:

- Identificación del problema (plaga o enfermedad).
- Determinación de los umbrales de daño económico[17] a partir de los cuales se requiere realizar el control.
- Monitoreo de la plaga y enfermedad, así como la temperatura y humedad, lo que permite determinar con exactitud los niveles de infestación, la presencia de enemigos naturales y el efecto de las condiciones ambientales sobre estas.
- Decisiones de manejo según los resultados obtenidos en el monitoreo, incluyendo el control preventivo.
- Implementación de diversas estrategias de control, considerando los niveles de infestación: biológico, cultural, etológico, mecánico y químico (mediante el uso de pesticidas selectivos si es necesario).
- Análisis de resultados con asesores técnicos, para realizar adecuaciones o cambios en las estrategias ejecutadas.

Fuente: Agroservicios del Sudeste,2018

b. Identificación y monitoreo de principales plagas, enfermedades y malezas

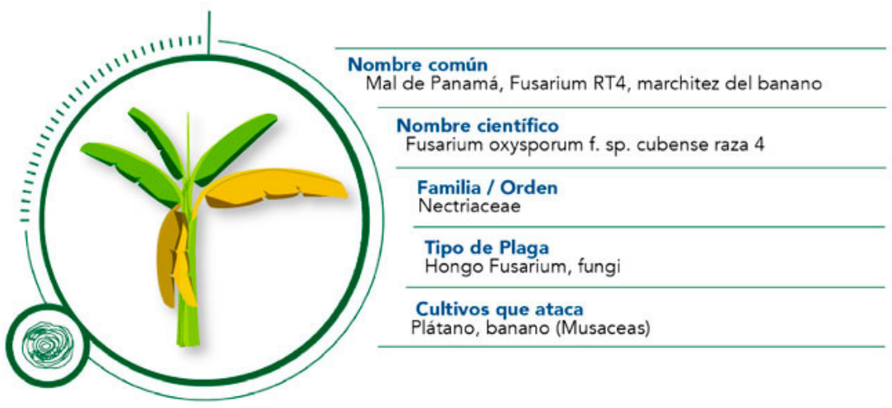
Para reducir los riesgos de afectación del cultivo, es importante realizar un proceso de monitoreo e identificación de las plagas, enfermedades y malezas. Este permite conocer los periodos de mayor susceptibilidad, la severidad o frecuencia con que se presenta el problema y las prácticas que han sido eficaces para su control. Por lo tanto, algunos pasos que la persona productora debe de seguir son los siguientes:

- Conocer el historial de la finca[18]: Determinando las plagas, enfermedades o malezas más habituales o recurrentes, así como las zonas de mayor incidencia para cada agente nocivo. Se puede hacer una tabla resumiendo esta información, incluyendo también el método(s) de control que mejor ha funcionado.
- Conocer las principales plagas/enfermedades/malezas de la región[18]. Permitiendo a la persona productora mantener una alerta por riesgo de aparición en la finca y capacitar previamente a su personal en métodos de identificación temprana. Por otro lado, también facilita valorar umbrales de acción que permitan determinar la necesidad de control previo a que la plaga o enfermedad ocasione daños económicos en el cultivo, lo cual resulta ser una guía importante para el proceso de monitoreo.
- Monitoreo[19]: Luego de tener conocimiento sobre las plagas potenciales, se debe realizar un monitoreo en sitio, con el fin de detectarlas lo antes posible y así evitar brotes importantes y afectación económica. Este paso se hace a través de un muestreo, el cual debe incorporar la información histórica de la finca sobre áreas afectadas y su recurrencia por lotes para intensificar los puntos de monitoreo en las zonas con una mayor afectación histórica. Además, para definir el número de puntos de muestreo por área, también se deben de considerar otros factores que afectan la probabilidad de ocurrencia de cualquier tipo de agente nocivo, por ejemplo, la humedad del suelo puede potenciar la aparición de hongos, mientras la cercanía con fincas vecinas que muestran deficiencias fitosanitarias puede aumentar el riesgo de aparición de plagas.

Los métodos de monitoreo dependerán del tipo de plaga o enfermedad, razón por la cual la experiencia y asistencia técnica son indispensables. Es recomendable que los métodos estén claramente descritos en el Plan MIPE, así como los umbrales de acción y daño económico. De manera general, se pueden citar los siguientes[20]:

- *Monitoreo en estaciones o grupos de plantas.* Se toma un grupo de plantas distribuidas homogéneamente en el terreno (por lo general de 2 a 4 hectáreas) y se marcan, permitiendo realizar un seguimiento en la fluctuación de las plagas y/o enfermedades a través del tiempo y detectar la respuesta a un determinado manejo, enemigos naturales, evento climático y/o fenología de la planta.
- *Monitoreo al azar.* Se realiza para detectar tempranamente la presencia de una nueva zona de ataque (foco) dentro de la unidad productiva. En caso de localizar un foco de plaga y/o enfermedad, se debe monitorear por separado y analizar los datos en forma independiente.

Para el monitoreo de enfermedades, basta con observar constantemente las plantas (hojas, frutos, tallo, raíces) previamente seleccionadas para identificar sintomatología y reportar en una bitácora cualquier anomalía. En cuanto a plagas, con fines prácticos, se utilizan algunos tipos de trampas, lo que permite valorar la densidad de la plaga en el cultivo. Asimismo, estas trampas también sirven para controlar poblaciones, ya que reducen la dispersión y reproducción de los insectos plaga que son atraídos a ellas. La colocación y cantidad de estas trampas pueden ser aleatorias o considerando las zonas donde históricamente ha habido más afectación de la plaga[21].



Fuente: Croplife 2022

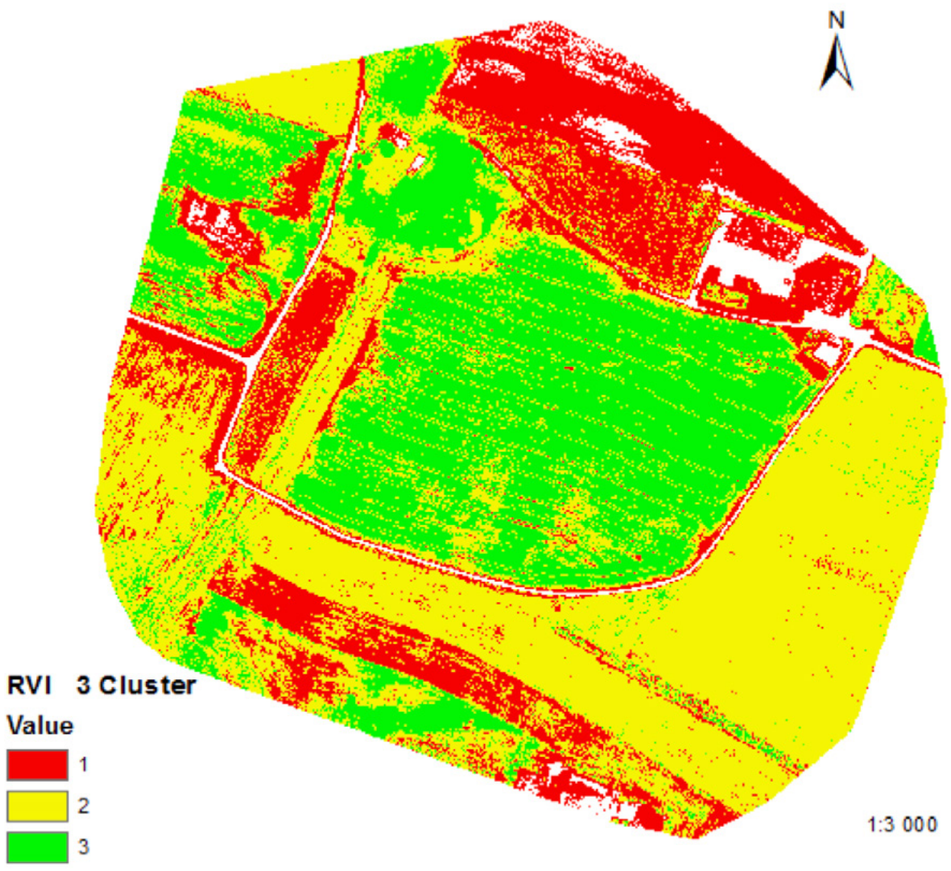
14 Ver "ficha #1" Fertilización según análisis de suelo" y ficha #2 "Abonos orgánicos líquidos y sólidos"
15 La FAO destaca el uso de un enfoque ecosistémico para prevenir o suprimir organismos nocivos y prever posibles problemas de plagas, aprovechando las especies beneficiosas de depredadores, parásitos y competidores de las plagas, presentes en el cultivo y áreas aledañas. FAO, 2023.
16 Cómo desarrollar un plan de manejo integrado de plagas (MIP). INIA 2022.
17 Umbral de Daño Económico (UDE): Refiere a la densidad poblacional en la que los costos de incurrir en un tratamiento igualan a los beneficios de controlar la plaga. CASAFE, 2022
18 Guía de gestión integrada de plagas: platanera. MAPAMA, 2016.
19 Aplicación eficiente de fitosanitarios: Monitoreo de plagas. INTA, 2014
20 El monitoreo herramienta básica en los programas de MIP y MIE. INTAGRI, 2016
21 Métodos de control de plagas. Universidad Nacional Agraria, 2009

Una vez se tengan las muestras, el siguiente paso es la identificación comparando lo encontrado en el campo con las guías de plagas y enfermedades o malezas asociadas al cultivo y la zona. Es importante tener una correcta identificación, ya que el uso del método de control biológico puede variar entre especies[19]. Razón por la cual, se aconseja que tanto para el proceso de identificación como para su monitoreo se cuente con el asesoramiento de un profesional.

c. Mapeo de estado fitosanitario de la finca

Una vez se hace el muestreo y la identificación de todas las plagas, enfermedades y malezas en la finca, se puede conocer las zonas afectadas y la densidad del problema, información que puede ser incorporada en un mapa. Estos mapas pueden construirse a partir de los resultados de los muestreos en fincas pequeñas y medianas o mediante sistemas de teledetección en caso de grandes fincas, cuando la valoración de costo beneficio demuestre rentabilidad:

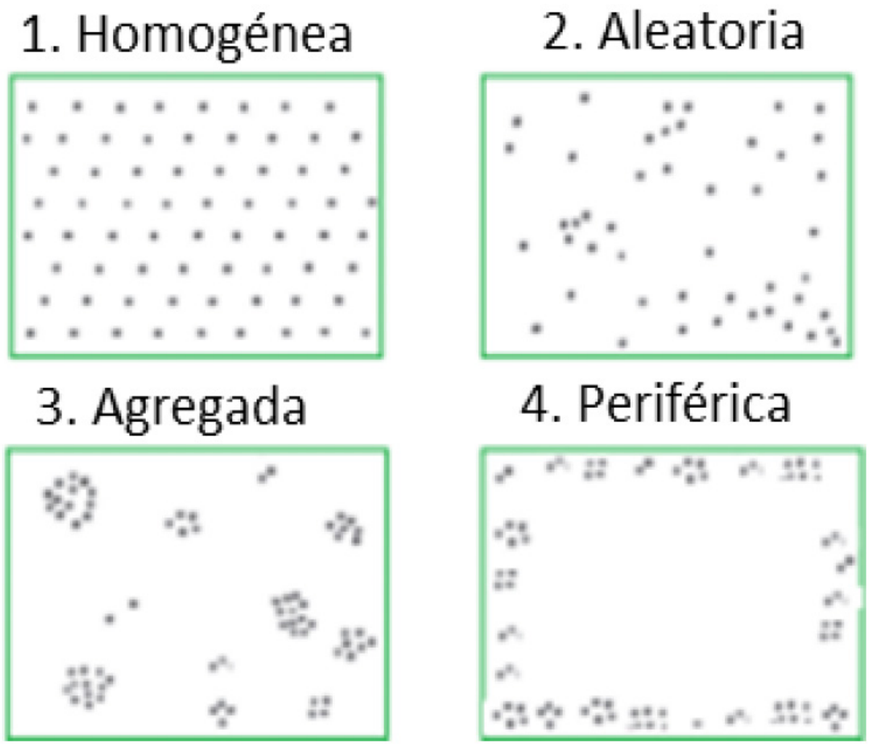
- Teledetección: se usan sensores de temperatura o luz que se instalan en avionetas o drones y que permiten tomar datos sobre el vigor del cultivo y la localización de especies invasoras[22]. Con los datos tomados por estas aeronaves es posible calcular índices de vegetación que permiten demostrar por la tonalidad de la planta o su temperatura si está sana o enferma y de esta manera visualizar o validar en la finca la existencia de focos de infección.



Índices de vigorosidad de vegetación. U Complutense Madrid, 2015

- Información de muestreo: utilizando la información sobre la densidad de las enfermedades o plagas en los diferentes puntos de muestreo dentro de la finca, se pueden elaborar mapas de distribución. Estos permiten saber en qué zonas hay plagas o enfermedades y cómo se agregan en el espacio[23]. Además, si se utilizan los datos de densidad y no sólo de presencia/ ausencia de una plaga, se puede categorizar la finca según el grado de infestación.

Los mapas de densidad de plaga/enfermedad dan información a la persona productora del grado de afectación. Estos se leen por color o agregación, donde cada color representa un grado de infestación diferente que se puede manejar utilizando diferentes herramientas del MIPE. Para planificar el tipo de manejo, las acciones a tomar deben enfocarse en tres aspectos: (1) Prevención, (2) Supresión y (3) Erradicación; donde para cada caso pueden aplicarse desde técnicas culturales hasta control biológico o químico según el grado de infección del cultivo[24].



Tipos de distribución de plagas y enfermedades. INTA, 2014

No obstante, cuando sea necesario utilizar agroquímicos debe de considerarse su afectación a los controladores biológicos naturales o que se están liberando, ya que en algunas ocasiones pueden ser contraproducentes tanto para el controlador como para la plaga. Por lo tanto, cuando se establece la estrategia de aplicación o control de las plagas, es crucial tomar en cuenta todas las prácticas que se realizan en cada zona de infección y valorar cuáles acciones pueden mezclarse y cuáles no[25].

d. Estrategia de control biológico

Conociendo las plagas/enfermedades y malezas que más afectan la plantación, la persona productora puede entonces diseñar una estrategia que incluya control biológico, basada en tres diferentes categorías:

Control biológico por conservación. Consiste en conservar (promover la actividad, supervivencia y reproducción) a los enemigos naturales nativos (o ya presentes en un cultivo), a fin de incrementar su impacto sobre las plagas[26]. Para esto, es importante identificar cuáles son los factores que limitan o influyen de manera negativa su acción reguladora y de este modo manipular el hábitat en consecuencia. Por lo cual es crítico conocer la biología, la ecología y el comportamiento tanto de los enemigos naturales como de la especie plaga, así como conservar los ecosistemas naturales circundantes[27].

Algunas de las maneras en que la persona productora puede aplicar la estrategia por conservación[26] en su finca son:

- Reducir o eliminar el uso de insecticidas de amplio espectro, ya que afectan las poblaciones de estos controladores.
- Reducir la intensidad y frecuencia de los disturbios en la finca (ej. Labranza convencional), ya que pueden afectar los sitios de reproducción, refugio y crecimiento de los controladores.
- Introducción y manejo de las coberturas[28] ya presentes, ayudando al establecimiento de controladores que están en los hábitats circundantes a la finca.

22 Agricultura de precisión y protección de cultivos. Universidad de los Andes, 2018
23 Aplicación eficiente de fitosanitarios: Monitoreo de plagas. INTA, 2014
24 Métodos de control de plagas. Universidad Nacional Agraria, 2009
25 Romero, R. Entrevista personal a investigador, 2023.
26 Estrategias de control biológico. ControlBio, 2022.
27 Introducción a la teoría del control biológico de plagas. INTA, 2012.
28 Ver ficha #6 " Cobertura vegetal viva".

Control biológico clásico o por introducción[29]. Si no hay enemigos naturales que efectivamente controlen a la plaga, entonces se puede considerar la introducción y establecimiento permanente de nuevas especies. Esta forma de control es usada más frecuentemente en el combate de plagas exóticas, las cuales comúnmente llegan a un área nueva sin factores naturales de control[26]. Los tipos de enemigos naturales más utilizados en este caso son los depredadores y los parasitoides, y los insectos plaga suelen ser pulgones, cochinillas, orugas, escarabajos, moscas y avispas que atacan plantas[27].

En este caso, la persona productora debe asesorarse en relación con la especie que se vaya a introducir, valorando si esta representa un riesgo para otros organismos del sistema y si existe algún tipo de restricción legal.

MNHN 2018

Control biológico por incremento[30]. Cuando los enemigos naturales son biológicamente efectivos, pero a pesar de los esfuerzos de conservación no se llega a controlar la plaga, se puede recurrir al incremento o aumento de su población a través de cría masiva y liberación inoculativa (busca criar y liberar el insecto benéfico esperando que el insecto logre adaptarse al ambiente) o inundativa (consiste solo en liberar el insecto benéfico, ya sea que se adapte o no al ambiente). Esta práctica produce una reducción rápida del daño de la plaga o incluso una extinción local de la misma, sin embargo, es por lo general más costosa ya que, requiere de compra de controladores o implementación de proyectos de generación en finca (ver paso 4).

En el caso de parasitoides, durante la liberación es importante considerar[31]:

- Localizar previamente el lote en el que se realizará la liberación de los adultos.
- Es recomendable que en el lugar donde se realice la liberación no se haya aplicado insecticida al menos 15 días antes.
- Si se compran es recomendable realizar la liberación al momento de recibirlo (si las condiciones son propicias) o un día después de recibirlas siempre y cuando el material se pueda conservar a la misma temperatura.
- Es importante no dejar el material biológico sin refrigeración (en caso de ser requerido), directamente al sol, dentro de un vehículo o sin la supervisión de personal capacitado.
- La liberación se debe de realizar en horas que la radiación solar no sea intensa.

e. Aseguramiento de la legislación aplicable.

Los productos de control biológico deben cumplir con la legislación nacional respectiva, evitando la introducción de especies exóticas invasivas que generan un desbalance en el agroecosistema o que afecten otros organismos benéficos. En caso de la implementación de proyectos de elaboración de bioinsumos, incluyendo cría, reproducción y liberación de parasitoides, la persona productora debe verificar los requisitos para consumo interno, venta y exportación, esto si el alcance es la comercialización.

A continuación (pasos 2 y 3), se amplían las opciones de control biológico para cultivo como piña y banano, incluyendo algunos ejemplos relevantes según las principales plagas y enfermedades conocidas.

Paso 2. Control biológico aplicado al cultivo de piña

Las plagas y enfermedades pueden causar daños al cultivo en diferentes etapas de crecimiento, por lo que es de suma importancia el monitoreo y las actividades de control (como se determinó en el paso 1), aplicando prácticas que minimicen los daños que puedan ocasionar a la producción. En la piña existen varias plagas y enfermedades que van desde hongos hasta caracoles e insectos; algunas de las que tienen control biológico se citan en la tabla 1.

Plaga o Enfermedad	Controlador biológico/ incluye la fuente de referencia
Cochinilla (Dysmicoccus brevipes)	Escarabajo: Cryptolaemus montrouzieri- Ref. MAG 2002
Tecla (Strymon basilides)	Bacteria Bacillus thuringiensis- Ref. UCR 2018
Gusano soldado (Elaphria nucicolora)	Bacteria Bacillus thuringiensis- Ref. UCR 2018
Picudo (Metamasius dimidiatipennis)	Hongo: Beauveria bassiana- Ref. UCR 2018
Sinfílidos (Hanseniella spp, Scutigerella spp, Symphylella spp)	Bioplaguicidas de ajo, chile y mostaza- Ref. Earth, 2010
Caracoles (Opeas pumilum y Ceciliodes spp)	Hongos: Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae- Ref. Earth, 2010
Mosca de establo (Stomoxys calcitrans)	Parasitoide: Sphalangia endius, (pupas)- Ref. UNA, 2018
Pudrición (Erwinia carotovora y Erwinia chrysanthemi)	Bacteria: Streptomyces spp y Hongo: Trichoderma spp- Ref. Earth, 2010
Pudrición fúngica: (Phytophthora spp).	Bacteria: Streptomyces spp y Hongo: Trichoderma spp- Ref. Earth, 2010
Nemátodos (Meloidogyne spp, Pratylenchus brachyurus, Rotylenchulus reniformis y Helicotylenchis dihystera).	Micorrizas: Pseudomonas cepacea, Paecilomyces spp, Repelentes a base de chile, ajo y mostaza. - Ref. Earth, 2010
Fusariosis (Fusarium oxysporum)	Hongo: Trichoderma spp- Ref. UCR 2018

Tabla 1. Plagas o enfermedades de la piña que tienen un controlador biológico

Cochinilla ***"Dysmicoccus brevipes":*** provocan amarillamiento en la planta y retardan su crecimiento, debido a que se alimentan de la savia de raíces, tallos y frutos. Son vectores del virus de marchitez "Wilt". Mantienen una simbiosis con hormigas (*Pheidole sp y Solenopsis geminata*), las cuales las protegen para poder consumir las sustancias azucaradas que estas sueltan. Es una plaga de importancia cuarentenaria[32].

29 Hay que tener en cuenta que para evaluar el éxito de un programa de control biológico clásico es necesario esperar varios años. Se estima que deben ocurrir de 6 a 10 generaciones de la plaga antes de evaluar el éxito. INTA, 2012.
30 Estrategias de control biológico. ControlBio, 2022.
31 Metodología de Liberación. CESVBC, 2022
32 Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña. UCR, 2028

Controlador Biológico. Mariquita *"Cryptolaemus montrouzieri".* Es un coleóptero de 4mm, que controla cochinilla, áfidos, ácaros y pulgones. Ponen sus huevos en la masa algodonosa de las cochinillas y se alimentan tanto de los huevos como de los individuos adultos[33].

Buenas prácticas. Planificar liberaciones en sitios afectados (aunque la mariquita puede desplazarse grandes distancias) y verificar las condiciones óptimas para la ovispotura: entre 22 y 25°C y HR de 70 y 80%[34].

Otras prácticas complementarias: Controlar las malezas y promover una adecuada fertilización.

Tecla ***"Strymon basilides"***. Mariposa diurna que mide alrededor de 2cm. La larva de tecla perfora el fruto y hace galerías internas en la pulpa, con lo cual produce un exudado de color ámbar en la parte externa de la fruta conocido, como "gomosis". Al salir la larva, deja en el fruto un orificio, que puede servir de entrada a hongos o bacterias[35].

Gusano Soldado ***"Elaphria nucicolora".*** Es una mariposa de hábitos nocturnos. Las larvas son muy activas en la noche, pero también atacan en el día, raspando y comiendo superficialmente la cáscara de la fruta, generando lesiones que producen una gelatina o goma, cuyo color puede variar entre transparente y marrón oscuro[35].

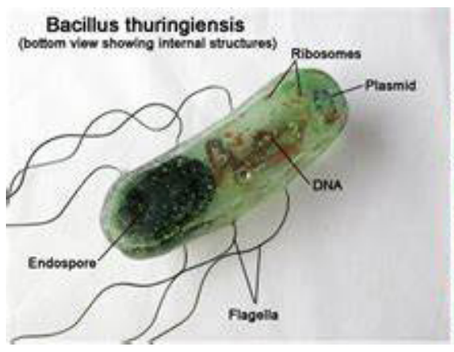
Controlador Biológico. Avispa. *"Trichogramma pretiosum"*. Es una avispa que destruye los huevos de las plagas evitando que se formen los gusanos que se comen los cultivos[35].

Buenas prácticas[36]: Realizar liberaciones al momento de la eclosión de los huevos durante las horas de la mañana o la tarde, estas pueden ser inundativas o inoculativas, buscando disminuir el uso de insecticidas. Por otro lado, se debe colocar el recipiente con las avispas en un lugar protegido del sol y la lluvia en el cultivo, considerando un rango de separación entre estos de 5 a 9 metros, el cual es el rango vuelo de la avispa.

Controlador Biológico. Bacteria. *"Bacillus thuringiensis"*. Es una bacteria entomopatógena que ayuda al control de las larvas de la Tecla y Gusano Soldado.

Buenas prácticas. La aplicación de la bacteria debe ser en el momento correcto ya que esta actúa sobre la larva por contacto e ingestión, por tanto, lo recomendable es al final del día o la noche, ya que necesita tener al menos 12 h sin radiación directa del sol. Se aplica en una solución con agua que debe de tener un pH de entre 5 y 6. La dosis por hectárea más común cuando existe la plaga es de 1,5kg/ha y el periodo de aplicación varía según la plaga, por ejemplo, para la tecla es a partir del día 45 post-forzamiento cuando empiezan a salir las primeras flores del fruto. Mientras que, en el caso del gusano soldado, esta se debe de aplicar cada 22 días, pero puede variar si hay menos o más plaga[37].

Otras prácticas complementarias: En cultivos con áreas de bosque, mantener una distancia de separación de15 metros y colocar trampas de plástico rojo con adherente para la captura de adultos de ambas especies.



Pudre bacterial ***"Erwinia carotovora y Erwinia chrysanthemi":*** Es una bacteria que produce una pudrición maloliente de color café claro. Comienza en la base de las hojas centrales, y estas se desprenden con facilidad al tirar de ellas. Tiene gran movilidad en el agua, por eso, se transmite muy fácilmente por el agua, suelo, rocío, insectos, o por medio de los trabajadores. Se desarrolla con más frecuencia en cultivos con malos sistemas de drenaje o en periodos de temporadas de

33 Programa de control biológico: mariquitas. MAG, 2002.
34 Ficha técnica de "Cryptolaemus montrouzieri". Xilema, 2012.
35 Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña. UCR, 2028
36 Hoja técnica del parasitoide Trichogramma Pretiosum. CESAVEG, 2018.
37 Manejo de Plagas y Enfermedades. EARTH-Proyecto Promes, 2010.

lluvia y en los de crecimiento más activo de la planta (antes del forzamiento)[35].

Controlador Biológico. Hongo "*Trichoderma spp*". Es un hongo filamentoso que se encuentra comúnmente en la naturaleza, teniendo un papel fundamental en el ciclo nutritivo de las plantas. Estas características asociadas a su capacidad para colonizar eficientemente el sistema radicular y proteger a las plantas frente a diversos patógenos, le han permitido convertirse en una de las principales estrategias actualmente para el manejo de enfermedades de diferentes cultivos económicamente importantes[38].

Buenas prácticas. El hongo se puede aplicar en las primeras etapas del cultivo para prevenir la enfermedad y se recomiendan dosis de 1 a 2 kg/ha, mientras que la bacteria de 4 a 6 l/ha[39].No hay restricciones de clima o altitud para su uso exitoso, aunque pueden ser más efectivos cuando hay humedad en el suelo. Como regla general, se recomienda no aplicar los productos cuando esté lloviendo[40].

Otras prácticas complementarias: Mantenimiento en los drenajes y altura de las camas de siembra, se debe tener cuidado al manipular las plantas, porque, si se les ocasiona heridas, la bacteria puede ingresar con mayor facilidad.

Paso 3. Control biológico aplicado al cultivo de banano

Asimismo, existen gran variedad de plagas y enfermedades que afectan el banano, las principales que tienen control biológico se pueden ver en la tabla 2.

Plaga o Enfermedad	Controlador biológico/ incluye la fuente de referencia
Gusano peludo de la hoja del banano (Ceramidia sp) Gusanos cabritos del banano (Opsiphanes spp)	Parasitoides: Telenomus spp , Trichogramma spp, que parasitan los huevos. Elachertus spp y Apanteles spp, que parasitan larvas. Brachymeria spp y Spilochalsis spp, que parasitan pupas. Forcipomya spp, que son ectoparásitos de larvas. Artichoris spp, que se alimentan de huevos y larvas pequeñas - Ref. Augura 2009
Gusano Monturita (Sibine spp)	Parasitoides: Apanteles spp parásito de Larvas, Braconidae spp - Ref. Augura 2009
Escama (Diapsis boisduvallii)	Parasitoides: Apytis/ Depredadores (Pentilia sp., Delphatus sp) y Crisopas Ceraeochrysa sp. - Ref. CATIE 2017
Gusano canasta (Oiketicus Kyrbi Güildihg)	Bacteria: Bacillus thuringiensis- Ref. Augura 2009
Colaspis (Colaspis sp)	Hongos: Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae - Ref. Augura 2009 Chinche: Castollus plagiaticollis- Ref. SENASICA 2019
Mosca Guarera (Hermetia Illucens)	Parasitoide: Sphalangia endius (pupas). Romero, R. Entrevista personal a investigador.
Cochinilla Arinosa (Pseudococcus elisea)	Crytolaemus montrouzieri y Chrysoperla spp - Ref. CATIE 2017
Picudo negro (Cosmopolites sordidus) y picudo rayado (Metamasius hemípterus)	Hongos: Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae. - Ref. Augura 2009
Nemátodos (Radopholus similis	Hongos Entomopatógenos: Paecilomyces lilacinus, Trichoderma, Arthrobotrys cladode, Aspergillus niger. Bacterias: Burkholderia cepacia, Bacillus thuringiensis y Pasteuria penetrans - Ref. CATIE 2017
Trips de la mancha roja (Chaetanaphothrips signipennis)	Hongo Beauveria bassiana - Ref. INIAP 2018
Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis)	Hongos quitinolíticos. Bacterias antagónicas como Bacillus subtilis- Ref. CATIE 2017
Marchitez (Fusarium oxysporum)	Hongo: Trichoderma spp Bacteria: Bacillus spp y Pseudomonas- Ref. CATIE 2017

Tabla 2. Plagas o enfermedades del banano que tienen un controlador biológico

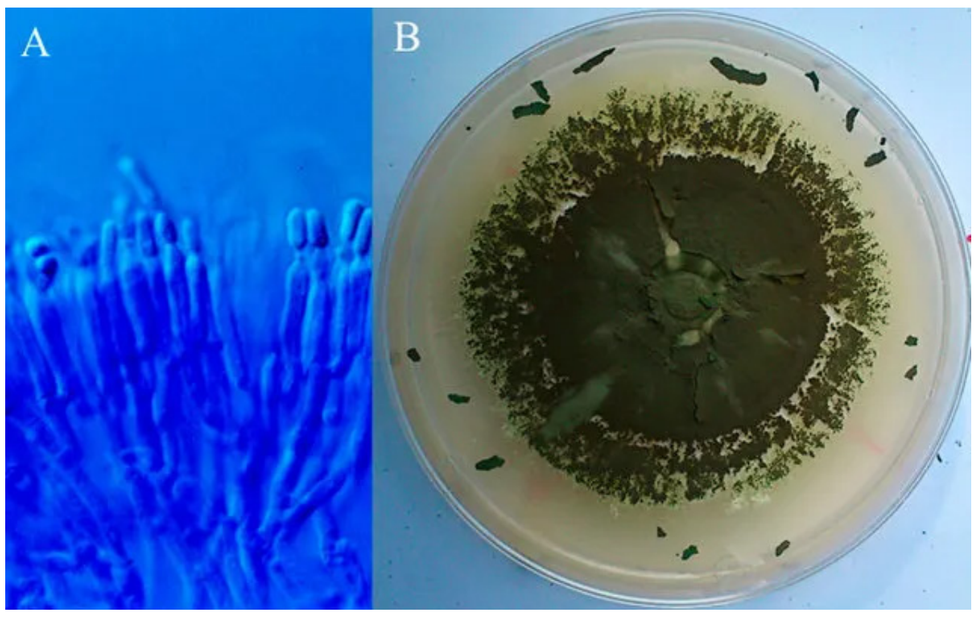
Picudo negro *"Cosmopolites sordidus":* es un coleóptero, que miden 1,5 a 2,0cm de largo, la cabeza presenta un pico largo y encorvado, posee dos antenas grandes, el color varía de café oscuro cuando están recién nacidos, a negro cuando están desarrollados. Ataca el cormo donde hace galerías que reducen la productividad y ocasionan el volcamiento de la planta. Los síntomas se manifiestan con amarillamiento de las hojas, debilidad, poco desarrollo y formación de racimos defectuosos[41].

Colaspis *"Colaspis sp":* Se le considera la principal plaga del fruto en las zonas de exportación del plátano y banano. Al emerger los adultos del suelo, vuelan directamente al fruto, en donde al alimentarse dejan marcados los dedos con cicatrices o perforaciones en las hojas[41].

Controlador Biológico. Hongo. *"Metarhizium anisopliae"*. Es un hongo cosmopolita y pertenece a la Clase Sordariomycetes. Se le conoce generalmente por su capacidad entomopatogénica, este hongo también es capaz de mantener relaciones simbióticas con plantas al asociarse a sus raíces Posee un muy amplio rango de hospedador, es seguro y amigable con el ambiente[42]

Buenas prácticas. Es necesario utilizarlo dentro del plan preventivo, para reducir las poblaciones antes de que haya un brote mayor. Su aplicación debe de darse previo a la proliferación de la plaga y en zonas de la finca con poblaciones aceptables.

38 Trichoderma harzianum, agente de control biológico y biofertilizante. Tecnologiahorticola, 2022
39 Manejo de Plagas y Enfermedades. EARTH-Proyecto Promes. 2010.
40 Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades. IICA. 2015
41 Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano en Magdalena y Urabá Colombia. Augura 2009
42 Metarhizium spp: Hongo endófito y patógeno de insectos plaga. Tecnovita, 2021.



Controlador Biológico. Hongo. ***"Beauveria bassiana"***. Es un hongo entomopatógeno, imperfecto, perteneciente a la clase Deuteromycetes, es saprófito facultativo[43] y se encuentra en el suelo en muchas partes del mundo[44].
Buenas prácticas. La cantidad aplicada depende del grado de infestación por lo que el monitoreo y mapeo de la plaga en finca es importante. El hongo puede ser aplicado en campo en arroz infectado, pero siempre en la época húmeda ya que existe el peligro que no se desarrollen y pierdan toda su eficacia[44]. Se recomienda hacer un tratamiento de dos aplicaciones cada 3 días utilizando 20 gr/litro de agua, con una con una aplicación orientativa de 168 gr de hongo por manzana (0,70hect)[45].

Otras prácticas complementarias: Fertilización adecuada, utilizar semillas provenientes de plantaciones sanas y construir trampas con residuos de cepas y pseudotallos para la captura de adultos de picudo.

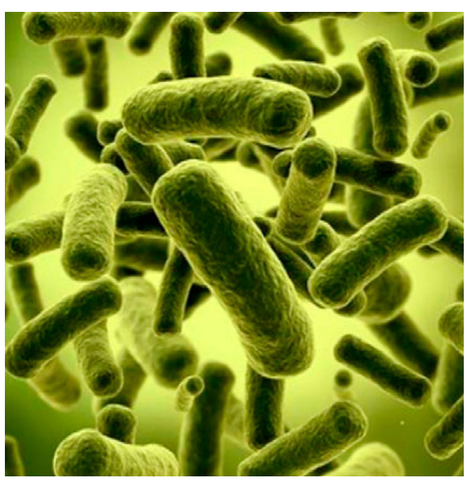
Picudo infectado con B. bassina y con el micelio desarrollado

Sigatoka negra ***"Mycosphaerella fijiensis":*** en la actualidad es la enfermedad de follaje más importante que ataca el cultivo de banano; el patógeno es un hongo ascomicete que se reproduce de forma asexual[46]. La alta temperatura, humedad relativa y lluvias favorecen el desarrollo de la enfermedad, incrementando la severidad en las plantaciones. Corrientes de viento, especialmente durante períodos de tormentas, contribuyen en la propagación a largas distancias[47].

Controlador Biológico. ***Bacillus subtilis*** + ***Trichoderma sp.*** El Bacillus es una bacteria que por sí sola se ha encontrado como controladora de la sigatoka, sin embargo, si se combina con el hongo Trichoderma pueden generar un mejor control de la enfermedad. Se ha probado que la combinación de ambas a 250g/hectárea permite el mejor control de la enfermedad[48].

Buenas prácticas. Es importante realizar la aplicación cuando la enfermedad está en desarrollo, ya que al igual que todos los métodos biológicos, funcionan mejor cuando hay mejor grado de infección. Es importante contar con un adecuado monitoreo de la enfermedad y un mapeo de los sitios con mayor cantidad de brotes.

Otras prácticas complementarias: Realizar prácticas culturales como eliminación de plantas muy enfermas, deshije y cirugía; así como controlar la densidad de siembra y mantener una buena fertilización.



Paso 4. Desarrollo de proyectos de bioinsumos en finca

En caso de que la persona productora quiera incursionar en el negocio de los bioplaguicidas es importante considerar que, si bien este mercado se ha extendido en los últimos años, mostrando un gran auge y crecimiento proyectado, especialmente para América Latina (18%)[49], existen muchas empresas establecidas que proveen estos recursos, por lo que se recomienda valorar previamente el mercado potencial o bien la capacidad de inversión para desarrollar proyectos de autoconsumo[50].
Los bioinsumos que se pueden producir en la finca van desde la cría de parasitoides hasta la producción de hongos y bacterias, por lo que se debe elegir qué reproducir. Para esto es recomendable mirar los registros históricos de la finca y los monitoreos previos para identificar las principales plagas y enfermedades que la afectan, de esta forma se puede elegir el biocontrolador que a la vez que ayuda a reducir la carga química de la finca (atacando al principal agente nocivo), promueve la recuperación de la inversión del proyecto a un menor plazo.

Una vez se decide el tipo de patógeno o parasitoide que se va a reproducir, es necesario que la persona productora tenga en consideración tres aspectos fundamentales antes de empezar el proyecto[50]:

a. Capacitación técnica

Se debe contar con una asesoría técnica de un profesional en microbiología o biotecnología que conozca las técnicas de reproducción para tomar las mejores decisiones, ya que hay diferentes métodos aplicables a controladores, así como protocolos técnicos a seguir.

43 Cuando un organismo de vida libre, frente a condiciones adversas, se adapta a la vida parasitaria. UBA, 2020
44 Buenas Prácticas para el Control del picudo del Plátano, Cosmopolites sordidus, en Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas, 2014
45 Cómo usar Beauveria bassiana para el control biológico de plagas. EstoEsAgricultura, 2021. 43 Cuando un organismo de vida libre, frente a condiciones adversas, se adapta a la vida parasitaria. UBA, 2020
46 Ficha técnica del Cultivo de Banano. CATIE, 2017.
47 Sigatoka Negra (Mycosphaerella Fijiensis). CropLife, 2022
48 Estrategias biológicas para el manejo de la sigatoka en el cultivo de plátano AAB en Rivas, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, 2022
49 Oferta de biocontroladores de origen costarricense. PROCOMER, 2017.
50 Gestor Ambiental Cesar Barrantes Jara. Entrevista personal.

b. Área del proyecto

Dependiendo de la cantidad de controladores que se quieren reproducir y el alcance del proyecto (consumo interno o venta), el área del edificio o laboratorio será mayor y con diversidad de equipos según se trabaje la reproducción de hongos y bacterias o insectos:

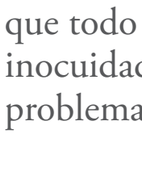
- **Hongos y bacterias.** El sitio debe de contar con tres áreas o cuartos destinados para la ubicación de una cámara estéril, artículos de cristalería/limpieza y una autoclave. Así como una sección de reproducción para cada especie, ya que no se pueden reproducir varios hongos/baterías juntos debido al riesgo de contaminación entre estos, que puede dar como resultado la pérdida de funcionalidad al final del proceso[51].
- **Insectos parasitoides o depredadores.** En el caso de parasitoides se deben de considerar módulos de recolección, cuartos de cría y equipos de cría. El laboratorio debe de contar con un área para los adultos, con sus comederos, que incluyan un sitio para la deposición de huevos y un área para el cuidado de estos en espera de eclosión[52]. Asimismo, dependiendo del insecto es necesario llevarlo a nivel de pupa, por lo que se deben de tomar medidas de alimentación de las larvas y evitar la depredación entre individuos[53].

Para ambos casos, es importante que esta área del proyecto sea inocua, es decir, que pueda cumplir con las condiciones de asepsia necesarias. Finalmente, la persona productora, debe tener en cuenta la importancia de coincidir la producción con el momento del uso del biocontrolador.

c. Obtención de Insumos

Se debe elegir si se realiza compra de materiales externos (controladores listos para poder reproducirse en el laboratorio) o si se colectarán de zonas cercanas. En ambos casos es importante que todo insumo y materia prima cumpla con los estándares de inocuidad para evitar contaminar la producción y generar un problema de sanidad en la finca[51].

- Externos: compra de hongos/bacterias o pupas listos para la reproducción. En algunos países existen convenios con instituciones que ayudan a la importación de algunas cepas o parasitoides y su venta a las personas productoras, como es el caso de INTA en Costa Rica o a través de convenios con empresas más grandes como se describe en la sección de casos de éxito de esta ficha.
- Internos o de fuentes locales: para esta actividad es necesario conocer si existen los controladores en el área del proyecto y junto con un profesional realizar un muestreo para capturar adultos de insectos y muestras de suelo para hongos/bacterias. En el caso de los hongos y las bacterias, se toman con trampas de arroz inocuo que se entierran en el bosque[54]. La muestra tomada debe de procesarse en un laboratorio donde se hace la extracción de la cepa deseada, aislándola de los demás microorganismos de la muestra de suelo para su reproducción[51].



Paso 5. Capacitación.

Para realizar una aplicación y uso correcto de los bioplaguicidas, finalmente es necesario que las personas que trabajan con ellos tengan una capacitación adecuada, por lo que se recomiendan los siguientes entrenamientos:

- Generalidades de los hongos antagonistas y entomopatógenos: descripción de qué son, cómo cultivarlos adecuadamente y las medidas necesarias para su aplicación.
- Producción de bioproductos: preparación, aplicación, conservación y control de calidad.
- Liberación de parásitoides: técnicas de cómo se realizan las liberaciones de parasitoides en el campo.

Indicadores de desempeño

- # de hectáreas bajo control biológico en la finca.
- Porcentaje de reducción en el uso de agroquímicos.
- Cantidad de personas capacitadas en control biológico.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca para realizar la identificación y monitoreo de problemas fitosanitarios, así como en la aplicación de controladores biológicos.
- *Externo:* Profesionales en botánica, plagas y enfermedades.

Referencia de Costos:

- Compra de catálogos o guías de identificación de herbáceas, plagas y enfermedades de la piña y el banano. Costo variable.
- Capacitación del personal de finca, brindado por un profesional (225$/día).
- 1 kg Trichoderma harzianum fungicida biológico (121$)
- 1 L de Insecticida biológico de Beauveria bassiana (63$)

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El control biológico es un complemento importante y necesario que debe estar vigente en los planes de manejo integrados de plagas y enfermedades en fincas agrícolas, para lo cual es indispensable profundizar en la ecología, biología y comportamiento de los enemigos naturales de la plaga y de la plaga misma, además de aquellos factores que podrían ser causantes de cambios poblacionales, buscando lograr la efectividad deseada al utilizarse en el momento preciso y de manera correcta. Los controladores biológicos deben trabajarse de la mano de un concepto de prevención, por lo que las fases de identificación y monitoreo de plagas, enfermedades y malezas son cruciales para evitar grandes brotes que sean complicados de controlar y que generen pérdidas económicas e impactos en la calidad de la fruta de exportación.

51 Gestor Ambiental Cesar Barrantes Jara. Entrevista personal.
52 Video de Reproducción de insectos para control biológico.
53 Video de Crianza de insectos benéficos
54 Video de Método de captura y reproducción de Trichodermas

Casos de éxito

Coopepiña es una cooperativa de la región norte de Costa Rica con más de 50 años de experiencia en la producción de piña, la cual está integrada actualmente por 33 pequeños productores con un área estimada de cultivo de 300 hectáreas. La Cooperativa en colaboración con el programa "Del campo al plato" de GIZ y el proyecto de "Fortaleciendo la cadena de valor a mano de pequeños productores" de la empresa NicoFrutta/Nicoverde, han logrado generar alianzas para desarrollar una fábrica de escalamiento de microorganismos; la cual es parte de la estrategia de reducción de carga química de sus fincas.

En esta fábrica se validan técnicas para la reproducción de microorganismos controladores de plagas de la piña; así como descomponedores de la materia orgánica (rastrojo).

La empresa Nicoverde, a través de su laboratorio, proporciona la materia prima bajo un convenio, mientras que la cooperativa se encarga de la reproducción en sus instalaciones y pruebas en el campo en donde se utilizan los microorganismos para el control biológico de plagas manteniendo así la sanidad del cultivo. Algunos de los productos que han logrado desarrollar son: bacterias benéficas (*Bacillus, Azotobacter, Pseudomonas, entre otras*), complejos de bacterias descomponedoras y lactofermentos. Para el 2022, se realizaron ensayos con biofermentos, los cuales se esperan que funcionen como complemento de la fertilización química. Los insumos que son desarrollados en la fábrica de escalamiento son donados a las personas productoras con el fin de fomentar el uso de productos más amigables con el ambiente y de bajo costo, permitiendo al mismo tiempo disminuir la carga química. Finalmente, además del control biológico, Coopepiña promueve también esfuerzos para reducir el impacto ambiental, con programas de conservación de suelos y la incorporación de barreras vivas para evitar la deriva de contaminantes químicos[55].

55 Buenas Prácticas Agrícolas – Coopepina R.L. Costa Rica

Casos de éxito

Nicoverde, es una empresa de producción y exportación de piña, ubicada en Pital de San Carlos, en Costa Rica. Desde hace 3 años, la empresa cuenta con un laboratorio de biotecnología que surgió como necesidad de generar proyectos de manejo amigables con el ambiente, que permitieran a la vez mantener una producción con altos estándares de calidad y sostenibilidad.

En el laboratorio se producen distintos microorganismos controladores de plagas y enfermedades de la piña, tales como: *Trichoderma sp., Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, Paecilomyces lilacinus, Bacillus subtilis, Bacillus thuringiensis, Streptomyces sp. y Pseudomonas sp*. Para los hongos utilizan arroz (80%) como medio inoculador, mientras que usan agua y melaza inocua para reproducir bacterias. Estos insumos se ofrecen a otras personas productoras de la zona y son aplicados también en sus fincas (caso de la finca Heart Green) donde han logrado reducir el uso de plaguicidas en un 80% al implementar controladores biológicos y utilizar el concepto del manejo preventivo.

También han logrado prescindir del uso de herbicidas para actividades de derriba al aplicar microorganismos descomponedores en el rastrojo, reduciendo así la problemática de la mosca del establo y eliminando las quemas físicas, práctica que a su vez genera una disminución en las emisiones de GEI.

El laboratorio, maneja altos estándares de calidad, haciendo constantemente verificaciones de concentración, viabilidad y pureza a todos los productos. Por otro lado, la empresa mantiene alianzas con personas productoras de la zona, organizadas en cooperativas, caso de Coopepiña, a los cuales se les capacita en el uso y el manejo de los bioinsumos; tecnología disponible también para fincas de aguacate, papaya, piña y banano en Costa Rica y en República Dominicana.

Referencias

[1] Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa pp.): medidas para la temporada invernal. 45172_61370.pdf (agrosavia.co)
[2] Control de plagas y malezas por enemigos naturales. http://www.avocadosource.com/books/vandriescherg2007/VanDriescheRG2007.pdf
[3] Efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano. (Download PDF) UNIVERSIDAD EARTH efecto de las prácticas … · universidad earth efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano (musa aaa) de la (dokumen.tips)
[4-37-39] Manejo de Plagas y Enfermedades. Pina7.pdf (earth.ac.cr)
[6-8-49] Oferta de biocontroladores de origen Costarricense. Presentación de PowerPoint (procomer.com)
[7] Utilización sostenible y conservación de los agentes de control biológico microbianos e invertebrados y de los bioestimulantes. Utilización sostenible y conservación de los agentes de control biológico microbianos e invertebrados y de los bioestimulantes (fao.org)
[9] Insectos entomófagos. https://www.gob.mx/senasica/documentos/insectos-entomofagos#:~:text=Un%20insecto%20entom%C3%B3fago%20es%20cualquiera,ejemplo%3A%20avispitas%20y%20moscas).
[10] Uso de nemátodos entomopatógenos para el control de insectos. https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7583/NR38793.pdf?sequence=8
[11] Historia, ¿Qué es el Control Biológico?. Microsoft Word - Documento10 (ina-pidte.ac.cr)
[12] Las plagas y el cambio climático: utilizar soluciones basadas en la naturaleza para disminuir los riesgos. https://bioprotectionportal.com/es/blog/2022/las-plagas-y-el-cambio-climatico#:~:text=Los%20plaguicidas%20qu%C3%ADmicos%20tambi%C3%A9n%20son,combustibles%20f%C3%B3siles%20de%20manera%20intensa.
[13] Importancia del Control Biológico de plagas en la agricultura peruana. Importancia del Control Biológico de plagas en la agricultura peruana - SENASA
[15] Manejo integrado de plagas y plaguicidas. https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/principles-and-practices/es/
[16] Como desarrollar un plan de manejo integrado de plagas (MIP). https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8744/NR27107.pdf?sequence=7&isAllowed=y
[17] Herramientas de decisión para el control de enfermedades y plagas. https://www.casafe.org/herramientas-de-decision-para-el-control-de-enfermedades-y-plagas/#:~:text=Umbral%20de%20Da%C3%B1o%20Econ%C3%B3mico%20(UDE,beneficios%20de%20controlar%20la%20plaga.
[18] Guía de gestión integrada de plagas: platanera. Guía de gestión integrada de plagas. PLATANERA; NIPO: 280-16-345-7;ISBN: 978-84-491-1462-5 (mapa.gob.es)
[19-23] Aplicación eficiente de fitosanitarios: Monitoreo de plagas. modulo 3 bis: monitoreo de plagas (manualfitosanitario.com)
[20] El monitoreo herramienta básica en los programas de MIP y MIE. https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-monitoreo-herramienta-basica-en-los-programas-mip-mie
[21-24] Métodos de control de plagas. Microsoft Word - MetodosControlPlagasultimo.doc (una.edu.ni)
[22] Agricultura de precisión y protección de cultivos. (pdf) agricultura de precisión y protección de cultivos (researchgate.net)
[22] Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión
[26-30] Estrategias de control biológico. controlbiologico.info - Estrategias y riesgos del control biológico
[27-29] Introducción a la teoría del control biológico de plagas.
[31] Metodología de Liberación. https://www.cesvbc.org/laboratorio-reproduccion-parasitoide
[32-35] Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña. https://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-plagas-Pi%C3%B1a-CICA-08-10-20191_compressed.pdf
[33] Programa de control biológico: mariquitas. AV-0910.pdf (mag.go.cr)
[34] Ficha técnica de "*Cryptolaemus montrouzier*i" Cryptolaemus montrouzieri (xilema.cl)
[36] Hoja técnica del parasitoide Trichogramma Pretiosum. http://www.cesaveg.org.mx/hojas_beneficos/hoja%20t%c3%89cnica%20cesaveg%20trichogramma%20pretiosum%2020180209.pdf
[38] Trichoderma harzianum, agente de control biológico y biofertilizante. https://www.tecnologiahorticola.com/trichoderma-harzianum-control-biologico-biofertilizante/
[40] Trichoderma spp. para el control biológico de enfermedades. BVE17038725e.pdf;jsessionid=61418F2571D92F8DD26070871F7904E7 (iica.int)
[41] Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano en Magdalena y Urabá Colombia. Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano en Magdalena y Urabá en Colombia (bananotecnia.com)
[42] Metarhizium spp: Hongo endófito y patógeno de insectos plaga. https://tecnovitaca.com/metarhizium-endofito-patogeno-insectos/
[43] Glosario Parasitología. https://www.fmed.uba.ar/sites/default/files/2020-08/GLOSARIO%20Parasitologia.pdf
[44] Buenas Prácticas para el Control del picudo del Plátano, Cosmopolites sordidus, en Ecuador. https://docplayer.es/55210499-Buenas-practicas-para-el-control-del-picudo-del-platano-cosmopolites-sordidus-en-ecuador-ignacio-armendariz-pablo-landazuri-santiago-ulloa.html
[45] Cómo usar Beauveria bassiana para el control biológico de plagas.Cómo Usar Beauveria Bassiana Control Biológico Plagas (estoesagricultura.com)
[46] Ficha Tecnica del Cultivo de Banano. F01-8205.pdf (mag.go.cr)
[47] Sigatoka Negra (Mycosphaerella Fijiensis). https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/sigatoka-negra
[48] Estrategias biológicas para el manejo de la sigatoka en el cultivo de plátano AAB en Rivas, Nicaragua. Estrategias biológicas para el manejo de la sigatoka (Mycosphaerella fijiensis m.) en cultivo de plátano (musa paradisiaca l.) AAB en Rivas, nicaragua (amelica.org)

Colaboración Experto:
Ing. Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín
Email: analucia.mendez@ctfc.cat
Ing. Agrón. William Vega
Email: vvwm05@gmail.com

Barreras naturales en áreas sensibles de actividad humana

11

Categoría A

BANELINO, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

A

Medidas Relacionadas

4 Análisis y control de erosión
9 Control de deriva
12 Estimación de huella de carbono
16 Identificación y control de especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.6.6, 6.2.3

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.7

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 5.7.2.3

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Barreras naturales en areas sensibles de actividad humana

FICHA 11

Descripción de la medida

El uso de plaguicidas[1] en agricultura implica riesgos para el ambiente y la salud humana, estos son sustancias químicas toxicas que son aplicadas en los campos agrícolas para prevenir, destruir, atraer, repeler, combatir o mitigar cualquier plaga o maleza.

Datos de la FAO[2], indican que cada año se aplica a nivel global 4,6 millones de toneladas de pesticidas químicos en el medio ambiente, de los cuales el 47.5% son herbicidas.

Estos compuestos pueden alcanzar y afectar zonas externas de la unidad de producción durante el ciclo de aplicación. Esta acción denominada exo-deriva consiste en el transporte de las gotas de pulverización por el viento presente en el ambiente, que provoca una deposición del plaguicida afuera de los límites de la zona objetivo.

Los plaguicidas que se depositan de esta forma, pueden volatilizarse en el aire (evaporación), escurrir o lixiviar en las aguas superficiales y profundas, ser adsorbidos por las plantas u organismos del suelo o permanecer en el suelo mismo, dependiendo de las propiedades del principio activo, las condiciones climáticas, el cultivo, el tipo de suelo y las características del lugar como pendiente, hidrología y cercanía a cursos de agua[3].

El impacto por deriva, fuera del área objetivo puede afectar a los ecosistemas y su biodiversidad, contaminar el suelo, agua y aire, y poner en riesgo la salud de los trabajadores y residentes de comunidades vecinas mediante exposición directa o bien al consumir alimentos o agua contaminada.

Barreras naturales-control de deriva química.

En este sentido, la expansión de la frontera agrícola hacia áreas urbanas genera preocupación por los riesgos de intoxicación directa cuando el plaguicida entra en contacto, a través de la piel o de las vías respiratorias, con personas que se encuentran en las cercanías; así como por las posibilidades de intoxicaciones agudas y por los efectos de largo plazo que pueden provocar fenómenos de bio-acumulación, con consecuencias negativas sobre la salud[4].

1 El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o inhibidores de la germinación, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte.. FAO. 2022.
2 More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. FAO and IWMI. 2018
3 Uso de barreras vegetativas para la reducción de la deriva de plaguicidas en Uruguay. MVOTMA, 2019
4 Exposure to pesticides and associated human health effects. Science of the Total Environment. Elsevier B.V., 2016.

Estudios realizados en países desarrollados estiman que las tasas de incidencia anual de intoxicación aguda por plaguicidas en trabajadores agrícolas son alrededor de 18,2 por cada cien mil. En los países en desarrollo, donde puede haber una regulación insuficiente, falta de sistemas de vigilancia, deficiencias en capacitación e inadecuado mantenimiento de equipos de protección personal, se espera que las incidencias sean más altas[5].

Como respuesta a este tipo de problemática, se han realizado diversos estudios relacionados con la deriva química y con el desarrollo de medidas de mitigación (reducción de riesgo) [6]; las cuales se pueden dividir en términos generales en tres categorías:

a. Uso de zonas amortiguamiento sin aplicación o sin cultivo.
b. Reducción de la exposición utilizando barreras cortaviento, artificiales o naturales.
c. Aplicación de tecnologías de reducción de deriva.

El objetivo de la ficha, es tratar el tema de exo-deriva en áreas sensibles de actividad humana *(poblaciones cercanas, caminos públicos aledaños al cultivo y área de infraestructura con presencia constante de personal de finca)*, siendo el uso de las barreras vegetativas una de las medidas de mitigación más utilizadas y efectivas[7] para la protección las personas, además de constituirse en una estructura natural contra vientos fuertes y un área de remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Disminuye los riesgos de contaminación en el suelo y en el recurso hídrico, en dónde canales cercanos a áreas de actividad humana, pueden arrastrar trazas químicas hasta ecosistemas cercanos, afectando la fauna y flora presente en estas áreas naturales.
- Favorece el establecimiento de áreas de remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que pueden ayudar a la finca a alcanzar la carbono neutralidad.

Beneficios para la persona productora:

- Ayuda a la estabilidad del suelo, evitando el socavamiento del terreno por erosión fluvial o eólica.
- Fomenta la implementación de medidas preventivas orientadas a minimizar riesgos por efectos de deriva química en áreas comunales cercanas, sitios de trabajo y zona de tránsito, generando así un ambiente más saludable y promoviendo buenas relaciones con los vecinos.
- Disminuye la contaminación sonora, producida por maquinaria en la finca.
- Provee una barrera visual, con fines estéticos y paisajísticos, que además actúa como cortavientos, disminuyendo la perdida de producción por caída de plantas durante eventos de vientos fuertes presentes en el área durante diferentes épocas del año.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de la fruta en mercados internacionales, que demandan productos de calidad que respeten el medio ambiente.
- Facilita la participación de las fincas en certificaciones de reconocimiento internacional como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

Metodología de implementación de la medida

Las actividades de prevención, mitigación y control de contaminación por agroquímicos, resultan ser un desafío complejo pero necesario en el sector productivo, considerando que la gestión eficaz de esta iniciativa requiere diversas respuestas, entre ellas la implementación de medidas de contención de deriva química a través del desarrollo de barreras naturales, ubicadas entre el cultivo y áreas sensibles de actividad humana, franja de manejo referida como zona de amortiguamiento[8], por diferentes estudios técnicos y normas nacionales.

En una finca una barrera natural cumple múltiples funciones, al constituirse en una línea cortaviento, que también tiene la capacidad de disminuir los efectos erosivos, la contaminación acústica y reducir la deriva química. Resultados que se logran con una correcta selección de las especies, la identificación de sitios relevantes de siembra y considerando variables claves en el diseño de la barrera.

A continuación, se amplían las acciones a seguir por parte de la persona productora:

Paso 1. Identificación de áreas sensibles

La primera actividad a realizar es la identificación y georreferenciación de las áreas de interés (social) dentro y fuera de la finca, que pudieran ser afectadas por efectos de deriva generada durante el manejo o aplicación (vía aérea o terrestre) de los agroquímicos que son utilizados en la unidad de producción. Por ejemplo: infraestructura en la finca (planta de empaque, bodegas, comedores, oficinas, dispensarios médicos, talleres, estaciones de riego y bombeo, entre otras) y zonas públicas externas (carreteras o caminos públicas, viviendas vecinales, centros educativos, acueductos locales, áreas deportivas y recreativas, entre otros).

Esta información permitirá a la persona productora elaborar un mapa que puede ser utilizado no sólo para visualizar estos sitios claves de forma gráfica, sino también para indicar la línea base de trabajo *(metros lineales con y sin barrera)* y las acciones a ser desarrolladas.

Figura 1. Barrera vegetal planificada.

5 Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. Boletín de OMS, 2008
6 Ver ficha #9 "Control deriva".
7 Estudios indican que las barreras cortaviento pueden reducir significativamente la deriva, hasta un 90% y 100.%. MVOTMA, 2019
8 Las zonas buffer (o de amortiguación) son áreas o franjas de tierra mantenida con vegetación permanente. Vienen utilizadas para el manejo del suelo, agua, nutrientes y plaguicidas en un enfoque sistémico, para mejorar la sustentabilidad de la producción agrícola y minimizar el impacto ambiental. USDA, 2000

Así, por ejemplo, si la finca se divide en dos grandes bloques de cultivos aledaños a la carretera principal de ingreso a la comunidad, la cual tiene 1.080 metros lineales; la persona productora debe entonces considerar que la longitud de la barrera a implementar deberá ser de 2.160 metros lineales, por la doble vía (ver figura 1).

Actualmente existe gran cantidad de fuentes de donde pueden obtenerse imágenes de alta resolución actualizadas, las cuales pueden servir como base para realizar la actividad de identificación. Entidades como ESRI, o plataformas Google Earth, ofrecen imágenes satelitales accesibles de manera gratuita y con herramientas amigables para el usuario.

Paso 2. Análisis de requisitos legales aplicables

Es importante verificar la normativa (nacional o internacional) relacionada con actividades de aplicación de agroquímicos (vía aérea y terrestre), considerando temas como barreras naturales, zonas de exclusión química y distancias mínimas entre el cultivo y áreas sensibles de actividad humana[9]. Valoración necesaria para direccionar las acciones a ser implementadas y que serán descritas en las secciones siguientes de esta ficha.

Paso 3. Selección de especies

La persona productora debe realizar una selección de las especies según los objetivos, los sitios de siembra y las cantidades requeridas[10] para cubrir las necesidades definidas en el Paso 1. Con apoyo técnico, la persona productora, puede asegurar que las especies de siembra presenten las características deseadas y no estén incluidas es listas de plantas exóticas invasivas[11].

Es importante utilizar especies nativas *(árboles, arbustos, herbáceas)* rústicas[12], resistentes y de rápido crecimiento, que a la vez no representen un riesgo como hospederas de plagas y enfermedades y que adicionalmente tengan la capacidad de desarrollarse con una altura suficiente para generar la protección deseada conservando también un follaje constante durante todo el año y evitando de esta forma el uso de especies caducifolias[13] en la formación de barreras. Otras variables para considerar en la selección es el espacio disponible para la siembra y las necesidades de mantenimiento, ya que dependiendo de las especies plantadas y tipo de barrera pueden ser necesarios equipos o herramientas especiales.

Barrera vegetal de especie nativa 100% funcional junto al camino público.

La persona productora puede orientar su selección al uso de plantas con follaje fino (hojas aciculares) y rugoso, ya que estas tienen mayor capacidad de intercepción de las gotas de deriva comparadas con especies de hojas ancha; por otro lado, la especie seleccionada debe ser tolerante a la sustancia química que se esté aplicando[14].
Una opción es la propagación de las especies seleccionadas en viveros[15], área que puede constituirse en una fuente productora de plantas nativas, que permita a la finca tener variedad de especies durante todo el año, no sólo para las actividades de siembra y constitución de las barrenas naturales, sino también para la reposición de plantas por perdidas no previstas.

Paso 4. Condiciones relevantes para el diseño de las barrera[16].

Previo a la actividad de siembra, es necesario considerar algunos aspectos importantes que aseguren que las barreras naturales a ser implementadas puedan retener de forma eficiente la deriva química, interceptando las gotas del plaguicida durante los ciclos de aplicación. Valoraciones que involucran características estructurales de las barreras, así como condiciones ambientales del sitio y variables técnicas de los equipos de aplicación, deben ser una guía para la persona productora:

a. Condiciones ambientales

Factores como el viento, la temperatura y la humedad presentes en la finca durante diferentes épocas del año, son condiciones a tomar en cuenta para el diseño de la barrera, ya que promueven el desarrollo de las especies seleccionadas o bien generan retrasos en el crecimiento o perdida de las mismas; sin dejar de lado que son variables que pueden orientar algunas actividades de manejo y mantenimiento de la barreras, tales como: irrigación, poda, fertilización y control de plagas o enfermedades, entre otros.

b. Variables técnicas

La persona productora también debe valorar aspectos técnicos relacionados con los métodos de aplicación (aérea o terrestre) y los equipos utilizados *(aviones, ultraligeros, drones, tractores encabinados, motobomba, bomba de espada, mechero, otros)* como, por ejemplo: altura de la aplicación, tipos de boquillas, tecnologías implementadas, entre otros[17]. Estas variables son relevantes para determinar algunas de las características estructurales de las barreras, las cuales serán ampliadas a continuación.

c. Características de la barrera

- **Altura.** El efecto de protección de una barrera es medido como la distancia *(detrás de la barrera)* en la cual ocurre una reducción significativa del viento y la deriva; condición que está ampliamente relacionada con la altura.
La persona productora debe considerar la altura acorde al tipo de cultivo y los métodos de aplicación:

Plantaciones de banano; la altura objetivo de la barrera natural debe ser igual o superior al cultivo, teniendo en cuenta la fumigación aérea.

Plantaciones de piña; la altura objetivo de la barrera natural debe ser dos veces superior a las válvulas de aplicación del equipo de aspersión[18]. (ver figura 2).

9 Legislación: Costa Rica (art 70a) , Ecuador (Zona de Amortiguamiento).
10 Determinadas en el análisis de línea base (metros lineales con y sin barreras)
11 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras". Consulta: Base de Datos de Especies Invasoras Globales (GISD)
12 La rusticidad refiere a plantas que tiene la capacidad de sobrevivir a condiciones adversas de crecimiento.
13 Los árboles de hoja caduca, o caducifolios, son aquellos que pierden las hojas durante una época del año, generalmente durante los períodos secos o durante los períodos fríos. El término caducifolio incluye algunos arbustos que también pierden las hojas de forma estacional. EcuRed, 2022
14 Zonas de amortiguamiento para conservación: lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación de Investigación Sur, 2008.
15 Ver Ficha #17 "Vivero con especies locales adaptadas".
16 Uso de barreras vegetativas para la reducción de la deriva de plaguicidas en Uruguay. MVOTMA, 2019
17 Ver ficha #9 "Control deriva".
18 Role of hedgerows in intercepting spray drift: evaluation and modelling of the effects. University of Padova, 2008.

Figura 2. Ejemplo de barrera natural con altura dos veces superior a las válvulas de aplicación del spray boom.

- **Longitud.** La longitud de una barrera determina, junto con la altura, el área total que recibe protección. Para lograr eficiencias máximas de protección, la longitud ininterrumpida de una barrera tendría que exceder la altura en una relación de 10:1 (**por ejemplo,** con 3m de altura, 30m de longitud). En la finca, la barrera natural debe establecerse a largo de la zona de aplicación.

- **Densidad.** La densidad es la proporción de la sección sólida de la barrera sobre el área total. La persona productora puede ajustar la densidad a través de la elección de las plantas y su disposición espacial, por ejemplo, intercalando especies arbóreas y arbustivas o bien utilizando plantas siempre verdes, las cuales tienen la ventaja de proveer protección constante durante todo el año. La densidad de una barrera natural es una característica inversa a la porosidad, por lo cual una barrera con densidad del 70%, presenta una porosidad del 30%.

- **Porosidad.** Es una característica estructural de la barrera, que refiere a la cantidad de espacios abiertos, su distribución y forma. En términos prácticas son los "cavidades" o 'áreas abiertas' que se observan a lo interno de la barrera y por donde fluye el viento. Si bien la porosidad es una variable compleja de analizar al ser un concepto tridimensional, ya que ninguna barrera natural mantiene una superficie completamente plana, la evaluación óptica (% área abierta) que pueda realizar la persona productora se considera una guía útil para valorar el funcionamiento de la barrera en términos de retención de la deriva y así establecer medidas para aumentar la densidad de la barrera, como, por ejemplo, la incorporación de plantas de refuerzo. En este sentido, si bien una menor porosidad corresponde una mayor intercepción de gotas, también debe haber una compensación, en donde la barrera sea lo suficientemente densa pero también los suficientemente dispersa, permitiendo de esta manera que el aire fluya a través de ella y se logre el efecto de filtración.

De esta forma, cuando una corriente de aire que transporta partículas encuentra una barrera, parte del aire pasa por encima, mientras otra parte fluye a través de ella, permitiendo que las gotas sean filtradas por la deposición sobre los elementos vegetativos. (Ver figura 3).
La barrera objetivo debe ser permeable, mostrando una porosidad óptica del 40% y una densidad del 60%.

Figura 3. Corriente de aire pasando a través de una barrera

- **Orientación.** La eficiencia máxima de una barrera se obtiene con una orientación perpendicular a la dirección del viento, así que, cuando es posible, es aconsejable que la persona productora diseñe las barreras con respeto a los vientos prevalentes del lugar. Aunque es claro que normalmente la barrera sigue el contorno entre el cultivo y el área sensible a lo largo de los linderos de la propiedad.
Para cultivos en donde se realicen sólo aplicaciones terrestres de plaguicidas, como la piña, es aconsejable que las barreras se posicionen cerca del punto de emisión del plaguicida o adyacente al cultivo, de esta forma se maximiza la acción de filtro (Ver figura 4).

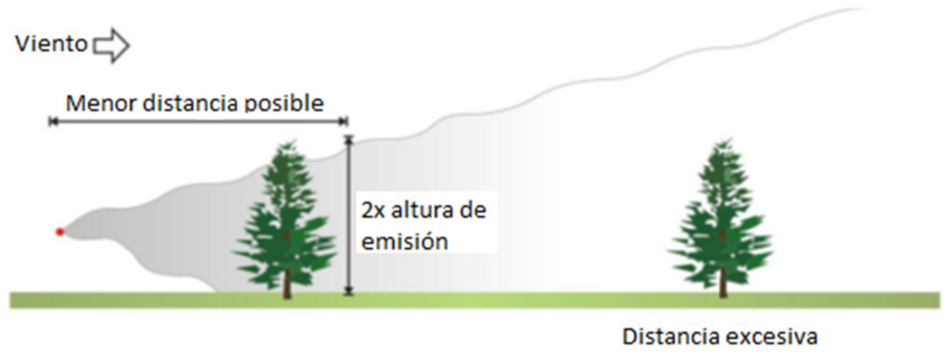


Figura 4. Distancia recomendable para maximizar la acción de filtro

- **Ancho.** El ancho de la barrera sirve como medio para obtener la densidad deseada, de esta forma al aumentar el número de filas o disminuir la distancia entre árboles se incrementa la densidad y se forma una barrera más sólida. Cuando el espacio es un factor limitante, la persona productora puede considerar trabajar una sola fila de plantas teniendo en cuenta las diferentes variables descritas anteriormente (especialmente la permeabilidad), esta condición es igual de efectiva y evita la perdida de cultivo, al tiempo que reduce los costos por actividades de mantenimiento.

- **Continuidad o uniformidad.** La continuidad y uniformidad de la barrera, tiene una influencia directa en la eficiencia de reducción de la deriva hacia áreas sensibles. Huecos o pasajes amplios, observados una barrera vegetativa se vuelven túneles que concentran el flujo del viento.
Según el análisis de diversos estudios técnicos, realizado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente de Uruguay, la implementación de barreras vegetativas siguiendo las variables descritas pueden reducir significativamente (hasta más del 90%) la deriva hacia áreas sensibles[19].

Paso 5. Implementación de barreras naturales en áreas sensibles de actividad humana.

La actividad final es la implementación de la barrera, para lo cual la persona productora debe considerar la mejor época de siembra, la calidad del material vegetal a ser utilizado y el desarrollo de actividades claves, para lograr una siembra exitosa.

a. Condición del material de siembra

- Tallo recto, resistente y leñoso
- Presencia de hojas vigorosas (con un color vivo) y sin manchas amarillentas
- Alta densidad de raíces finas
- Altura de al menos 25 cm y máximo de 60 cm
- Libre de plagas y enfermedades

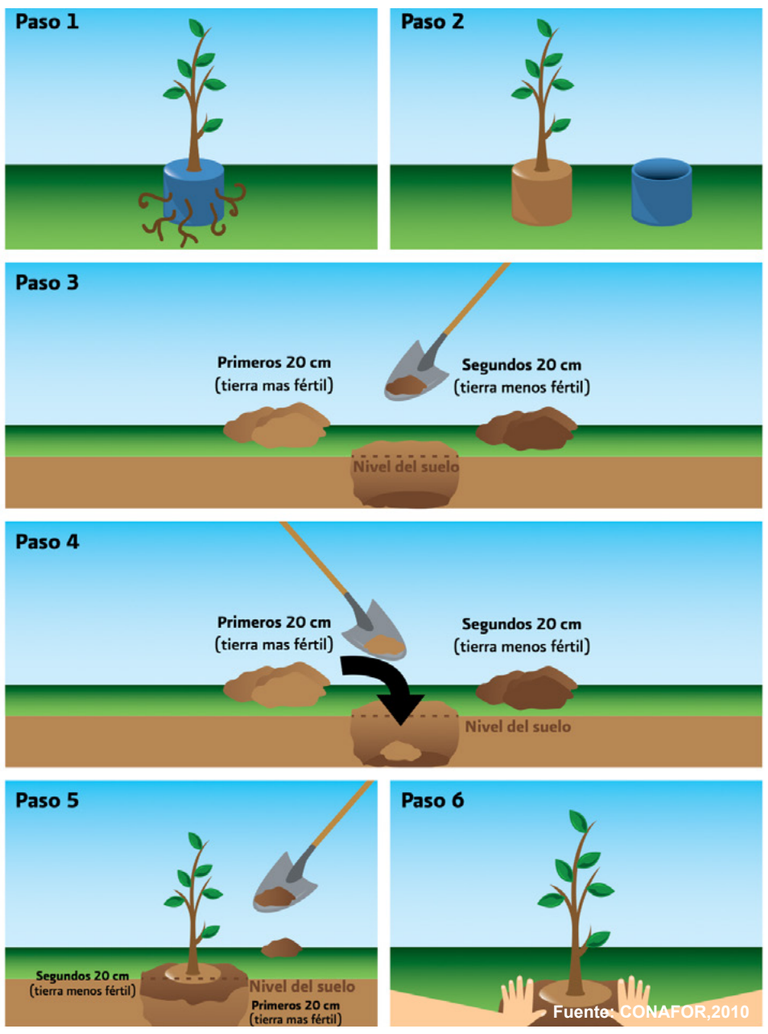
19 Uso de barreras vegetativas para la reducción de la deriva de plaguicidas en Uruguay. MVOTMA, 2019.

Material de siembra en vías públicas.

b. Consideraciones generales para la siembra

Al momento de la siembra hay que tener en cuenta las siguientes actividades[20]:

- Previo a la plantación y en caso de ser necesario se recomienda hacer una poda de raíz, recortando las puntas para evitar que se doblen y crezcan hacia arriba o en forma circular. Si se poda la raíz es necesario podar un poco el follaje lateral para compensar la pérdida de raíces y evitar la deshidratación de la planta en tanto se adapta al terreno.
- Se debe quitar el envase sin dañar la raíz (retirar el envase de plástico de la planta).
- Antes de colocar el árbol en el hoyo, se agrega tierra superficial (más fértil) para que la planta tenga mejor disposición de nutrientes.
- Después de haber colocado la planta, se rellena con la tierra más profunda y se compacta de tal forma que no quede tan fuerte para permitir la aireación y drenaje en el suelo.
- Se recomienda apisonar ligeramente el suelo para que no queden espacios de aire en la cepa y evitar la deshidratación de la raíz de la planta, ya que, desde su extracción del vivero hasta la plantación, esta está sujeta al estrés físico por el traslado.



Pasos para la siembra.

Finalmente, es importante que la persona productora tenga en cuenta que estas líneas naturales, no deben ser consideradas como biocorredores, dado que su función principal es retención de residuos químicos de la pulverización; son áreas de manejo especial, en donde se debe evitar incluir especies con frutos o flores atrayentes de fauna o con potencial de uso o alimentación por parte de trabajadores o personas externas a la unidad de producción. Para fincas con manejo orgánico esta condición puede cambiar, sin embargo, de igual forma es importante verificar las particularidades de los insumos utilizados descartando si existe algún impacto ambiental o humano definido técnicamente.

Indicadores de desempeño

- Metros lineales de vías públicas con barreras naturales funcionales[21]
- Metros lineales de áreas de infraestructura en finca con barreras naturales funcionales[21]
- Número de especies incluidas en las barreras
- % de porosidad de la barrera
- # de quejas por deriva química presentadas por vecinos de la comunidad en el año[22]

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades de siembra, reposición y mantenimiento de las barreras.

- *Externo:* Profesional especialista en botánica

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa que incluya en detalle la identificación de las áreas sensibles ($100 a $300).
- Consulta técnica para el desarrollo de planes de siembra de especies vegetales por parte de un profesional ($225 por día).
- Desarrollo de viveros o compra de plántulas ($4-$8 por árbol).
- Actividad de siembra y reposición de especies vegetales en áreas sensibles realizado por personal de la finca. Valor base el salario mínimo legal por hora según país.
- Área de cultivo retirada para dar lugar a barreras naturales, el costo por área depende de la productividad de cada finca.
- Otros: Costo de referencia de 139$ para la implementación de 100 metros lineales de barreras viva (material vegetativo, transporte, preparación, siembra y fertilización) [23].

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Las barreras vegetativas en áreas sensibles de actividad humana se implementan en fincas que buscan ser más sostenibles, ya que brindan importantes servicios como la protección del suelo, agua, aire, a la vez que ayudan a minimizar los impactos por vientos fuertes sobre la producción. Por otro lado se constituyen en estructuras naturales orientadas a minimizar riesgos por efectos por deriva química en áreas comunales cercanas, sitios de trabajo y zona de tránsito, generando así un ambiente más saludable y promoviendo buenas relaciones con los vecinos. Finalmente representan una estrategia importante dentro del proceso de cuantificación de huella de carbono[24], al producirse un aumento de los sumideros de carbono en la finca.

20 Prácticas de reforestación. Manual básico. Comisión Nacional Forestal, 2010
21 Barrera compacta con una altura aplicable al tipo de cultivo.
22 Indicador que muestre una respuesta preventiva de la finca, que a su vez se puede correlacionar en un menor gasto por litigios legales
23 Barreras Vivas- Guía Técnica #7. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), 2019
24 Ver ficha #12 "Estimación de huella de carbono"

Casos de éxito

Finca Varcli, es una empresa familiar con una capacidad de 3.800 cajas de banano por hectárea, ubicada en el cantón de Matina, en la provincia de Limón en Costa Rica. Actualmente forma parte de las iniciativas de sostenibilidad promovidas por GIZ, y cuenta además con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, SMETA, entre otras.
La finca ha realizado diversos esfuerzos dirigidos no sólo a asegurar la efectividad del control de la Sigatoka en las plantaciones de banano, sino también a disminuir el impacto sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas:

- Eliminando en un 95% el uso de herbicida para control de arvenses.
- Implementando barreras naturales alrededor de la vía públicas para el control de la deriva química.
- Realizando pruebas con drones, para fumigación en áreas sensibles, cerca de vías públicas y ecosistemas.

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca y más de 1.000 hectáreas en zonas boscosas.

Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.
La finca ha realizado diversos esfuerzos para reducir el impacto, sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas, de los agroquímicos utilizados.

- En el 2010 la Empresa, inició con el proyecto de desarrollo de un vivero forestal, con el objetivo de cubrir necesidades internas de producción de especies arbóreas para reforestación. Actualmente el vivero tiene una capacidad de 50.000 plantas.
- Por otro lado, mantiene barreras naturales funcionales en áreas sensibles como vías públicas

Referencias

[1] Concepto de plaguicida. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/glossary/es/#:~:text=Un%20%22plaguicida%22%20es%20cualquier%20sustancia,piensos%2C%20o%20que%20pueda%20administrarse

[2] More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture. https://www.fao.org/3/CA0146EN/ca0146en.pdf

[3-7-16-19] Uso de barreras vegetativas para la reducción de la deriva de plaguicidas en Uruguay. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Uso%20de%20barreras%20vegetativas%20para%20la%20reducci%C3%B3n%20de%20la%20deriva%20de%20plaguicidas%20en%20Uruguay_%28final%29.pdf

[4] Exposure to pesticides and associated human health effects. Science of the Total Environment. https://www.loupfilles.com/wp-content/uploads/2018/03/pesticides-and-associated-health-effects-2017.pdf

[5] Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2647412/pdf/08-041814.pdf

[8] Conservation Buffers to Reduce Pesticide Losses. https://pesticidestewardship.org/wp-content/uploads/sites/4/2016/06/Conservbuffers.pdf

[13] Concepto de Caducifolio. https://www.ecured.cu/Caducifolio

[14] Zonas de amortiguamiento para conservación: lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes. https://www.fs.usda.gov/nac/buffers/docs/GTR-SRS-109_Spanish.pdf

[18] Role of hedgerows in intercepting spray drift: Evaluation and modelling of the effects https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880907001946

[20] Prácticas de reforestación. Manual básico. https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/manual_practicas_de_reforestacion.pdf

[23] Barreras Vivas- Guía Técnica #7. https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_07.pdf

Estimación de huella de carbono

12

Categoría B

CORBANA, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

1 Fertilización según análisis de suelo
2 Abonos orgánicos líquidos y sólidos
3 Reincorporación de MO al suelo
6 Cobertura vegetal viva
7 Labranza mínima del suelo
13 Uso de datos meteorológicos
14 Sustitución de refrigerantes según PCG
15 Fuentes de energía renovable y alternativa
18 Recuperación de hábitats naturales degradados
20 Reservorios de biodiversidad
21 Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas
28 Gestión de residuos sólidos (dirigido al plástico)
29 Sensibilización en temas medioambientales

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.9.1

ISO14064-1:2018 Cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de GEI a nivel de organización.
Requisitos: toda la norma.

ISO 14064

ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
Requisitos: 6.1.2 y 8.1

14001:2015

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 12

Estimación de huella de carbono

Descripción de la medida

Junto a las naciones, las organizaciones tienen sobre sus espaldas la responsabilidad de disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero[1] atribuibles a sus actividades, lo que puede aportar de manera significativa a la reducción de emisiones globales. Sólo un centenar de las grandes compañías de todo el mundo son responsables del 71% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero generadas desde 1998[2].

Una de las alternativas de mitigación que puede ejecutar una organización corresponde a la cuantificación y reducción de su "huella de carbono". Este concepto ha sido utilizado globalmente como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO2 equivalente, y que sirve como una herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que contribuyen a aumentar las emisiones y cómo poder mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos[3].

Fuente: Economis 2022

1 Los GEI, incluyen: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_o2), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6), trifluoruro de nitrógeno (NF_3), clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC).
2 ¿Qué puede hacer una empresa para frenar el cambio climático? Revista Haz. 2021.
3 Huella de Carbono. Chile. Ministerio del Medio Ambiente. 2017

En el plano organizacional, la huella de carbono es usada como sinónimo del inventario de gases de efecto invernadero y se refiere a la suma de emisiones[4] y remociones[5] que una entidad genera en un periodo de tiempo especificado (regularmente de forma anual) y bajo límites debidamente establecidos. El énfasis bajo este modelo se da en la cuantificación y seguimiento de emisiones que son controladas por la organización declarante[6], así como la inclusión de operaciones no controladas que cuentan con relevancia o significancia alta con relación al aporte de gases de efecto invernadero. Esto podría incluir la cuantificación de emisiones en operaciones controladas por las fincas tales como el uso de combustible para maquinaria agrícola propia, la aplicación de fertilizantes nitrogenados en áreas de cultivo, la gestión de aguas residuales derivadas del proceso de empaque de fruta, entre otras.

Spray boom - Finca piña

Asimismo, la incorporación de operaciones no controladas pero que se presume podrían tener impactos significativos en función de los GEI, por ejemplo, el combustible utilizado para la fumigación aérea, el traslado de producto final de forma marítima, el transporte de agroquímicos desde su punto de venta u otras (Ver figura 1).

Fuente: adaptado de FAO, 2017

Figura 1. Ejemplo de procesos típicamente considerados dentro de un inventario de GEI de una finca bananera.

Para estos efectos ya se cuenta con normativa técnica desarrollada, la cual ha pasado por procesos de reconocimiento, consenso y aprobación internacional. Esta aporta requisitos y orientación específica para elaborar un inventario de gases de efecto invernadero bajo un alcance organizacional. En este punto nos referimos a la norma técnica ISO 14064-1:2018 "Especificación con orientación a nivel de organizaciones para la cuantificación e informe de emisiones y remociones de GEI", publicada por parte del Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés). Los requisitos de esta norma técnica incluyen la determinación de los límites del estudio, la identificación de las fuentes que generan y los sumideros que remueven GEI, la recopilación de datos del inventario y el cálculo de las emisiones y remociones de GEI. Sin embargo, el conocer el grado de impacto que generan las actividades de una finca no es suficiente para incidir plena y directamente sobre la cantidad de gases de efecto invernadero, siendo necesaria la planificación e implementación de acciones para reducir las emisiones cuantificadas.

Las normas técnicas PAS 2060[7] e INTE B5[8] han sido utilizadas en diferentes regiones para incorporar aspectos de planificación e implementación de reducciones, así como la adquisición de compensaciones para alcanzar la Carbono Neutralidad. Estas integran requisitos de las normas anteriormente referenciadas para la elaboración de inventarios de GEI con requisitos adicionales para la disminución de emisiones, creando un vínculo entre la identificación de impactos y el planteamiento de medidas de mejora.

La FAO, por su parte ha realizado esfuerzos en el desarrollo de herramientas para la medición de la huella de carbono y agua (CWF 2.0) con el objetivo de apoyar a organizaciones de personas productoras en los cálculos de sus inventarios y en la creación de informes de sus huellas de carbono y agua.
Es claro que los procesos de cuantificación de emisiones y remociones de GEI y el emprendimiento de acciones de reducción de emisiones y aumento de remociones, constituyen medios para disminuir la presión sobre las concentraciones de GEI en la atmósfera, contribuyendo en el control del aumento en la temperatura media del planeta.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Reducción de emisiones de GEI: la gestión de emisiones apegada a normativas internacionales, solicita el establecimiento de acciones para su disminución, siendo un mecanismo de mitigación ante el cambio climático.
- Mejora en las condiciones de suelo y ecosistemas terrestres: la implementación de prácticas para aumentar el carbono orgánico en suelo, así como las reservas de carbono forestal, permiten reforzar la importancia de tales sistemas, trayendo consigo otros beneficios paralelos a nivel de biodiversidad y riqueza edáfica.
- Reducción de otros impactos ambientales: si bien el enfoque de esta medida se centra en la gestión de GEI, las prácticas de reducción en ciertos procesos permiten atenuar otros impactos ambientales adicionales, por ejemplo: el agotamiento a la capa de ozono y el agotamiento de recursos naturales, entre otros.

4 Una emisión se refiere a la liberación de un gas de efecto invernadero a la atmósfera. Procesos tales como la aplicación de fertilizantes nitrogenados o la combustión fósil constituyen fuentes que liberan emisiones.
5 Una remoción se refiere al retiro de un gas de efecto invernadero de la atmósfera por medio de procesos específicos. Sumideros tales como el suelo y el bosque permiten remover emisiones de CO_2 y almacenar el carbono en sus componentes.
6 Huella de carbono organizacional y de producto: ¿son lo mismo? CEGESTI, 2013.
7 PAS 2060. Specification for the Demonstration of Carbon Neutrality. Publicada por British Standards Institution.
8 INTE B5:2021. Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos. Publicada por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

Beneficios para la persona productora:

- Reducción de costos: la búsqueda continua de acciones de reducción de emisiones se vincula de forma directa con los costos operativos. Acciones tales como el uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados, combustibles fósiles, entre otros, constituyen medidas que optimizan los recursos económicos asignados a tales procesos.
- Apertura de mercados a nivel internacional: cada vez son más los clientes que incorporan dentro de sus requisitos elementos de gestión ambiental, siendo los relacionados con cambio climático comúnmente una prioridad debido al contexto mundial de esta problemática.
- Mejora en la imagen corporativa: aquellas organizaciones que tomen acciones tempranas son reconocidas a nivel de mercado, sobresaliendo de aquellas que no han emprendido acciones en esta línea.
- Acceso a incentivos para el desarrollo de productos y procesos bajos en emisiones de GEI, así como acceso a mercados de carbono para compensación de emisiones.
- Cumplimiento de requisitos y regulaciones nacionales, así como normas internacionales.

Metodología de implementación de la medida

Para la estimación de la huella de carbono, la persona productora debe considerar la cuantificación de las emisiones y remociones de GEI, para lo cual debe definir el alcance del estudio, la identificación de las fuentes de emisión asociadas con las operaciones de la finca (tanto aquellas controladas como las no controladas por ésta), la selección de metodologías de cálculo, la búsqueda de los datos necesarios, el cálculo de emisiones para cada fuente y el reporte de los resultados obtenidos para el año de estudio. Considerando también, los sumideros que tienen capacidad de remover emisiones, tal como los bosques presentes en la finca, así como los incrementos de carbono orgánico en suelo.

Por otro lado, las normas técnicas relacionadas con la Carbono Neutralidad son de gran ayuda ya que incorporan requisitos de planificación y ejecución de actividades de reducción de emisiones. Este ejercicio se realiza de forma anual, en donde el periodo de inventario comprende 12 meses consecutivos. A continuación, se detalla cada uno de estos procesos:

Paso 1. Establecer los límites del inventario de GEI

Hoy en día las organizaciones del sector agroindustrial cuentan con estructuras complejas a nivel corporativo, incluyendo en muchos de los casos más de una instalación dentro de un país o inclusive operaciones en varios países alrededor del mundo. Dado lo anterior, es necesario definir en primera instancia cuál o cuáles instalaciones serán consideradas dentro del alcance del inventario de GEI. La amplitud en la definición de este alcance dependerá directamente de los objetivos que la organización se ha trazado al respecto.

De esta forma, si el objetivo de la gestión de emisiones de GEI ha sido establecido a **nivel de finca**, los límites del estudio deberían ser consecuentes, delimitando núcleos por finca que abarquen tanto las operaciones de cultivo como empaque de fruta.

Una vez definido el alcance que será considerado dentro del estudio, es necesario seleccionar el **enfoque de consolidación**[9] que será utilizado para el inventario. Esto se refiere a la selección de un único método de tres posibles que brindan las normas técnicas:

- Participación correspondiente, se contabilizan las emisiones según el porcentaje de propiedad de la organización que informa (conocido como cuota de participación).
- Control operacional, se contabilizan las emisiones sobre las cuáles la organización posee la capacidad o habilidad para gobernar el proceso de toma de decisiones por medio de la selección de políticas operativas.
- Control financiero, se contabilizan las emisiones sobre las cuáles la organización posee la capacidad o habilidad para gobernar el proceso de toma de decisiones por medio de la selección de políticas financieras.

La aplicación de uno de estos tres enfoques permitirá clasificar las fuentes de emisión en dos grandes categorías: fuentes de emisión directas y fuentes de emisión indirectas, para posteriormente establecer cuántas emisiones deben reportarse con respecto al total cuantificado. Para lograr una correcta aplicación de este análisis la finca deberá preguntarse si se cuenta o no con el control pleno de la fuente de emisión bajo análisis, ya sea desde la perspectiva de propiedad (participación accionaria), operacional o financiera, dependiendo del enfoque seleccionado.

Históricamente ha sido ampliamente utilizado el enfoque de **control operacional**, debido a la claridad que representa para una finca conocer quién realiza y controla plenamente una operación generadora de emisiones, por lo que sugiere su uso.

Paso 2. Identificar las fuentes y sumideros de GEI de la organización

Existe una amplia diversidad de procesos generadores de emisiones de gases de efecto invernadero asociados a la industria agroalimentaria. Actividades tales como el uso de combustibles fósiles, la aplicación de fertilizantes nitrogenados, la generación y tratamiento de aguas residuales, así como la gestión de residuos sólidos son sólo algunos ejemplos de fuentes de emisión de GEI que se podrían llegar a encontrar en este sector.

En este punto la finca debe realizar una identificación completa de las fuentes generadoras de emisiones, así como de los sumideros asociados a sus operaciones que remueven GEI. Esta identificación se realiza de manera integral considerando tanto las actividades propias como las no controladas por la finca, pues en esta primera instancia lo que se busca es conocer cuáles fuentes existen, para que posteriormente se pueda aplicar una clasificación según el grado de control que se tenga sobre ellas.

Diferentes orientaciones han sido publicadas internacionalmente para favorecer esta labor. Por ejemplo: el Anexo B de la norma ISO 14064-1:2018 brinda una lista exhaustiva de ejemplos de fuentes generadoras de GEI, mismo caso con el capítulo 8 del volumen 1 del Refinamiento a las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)[10].

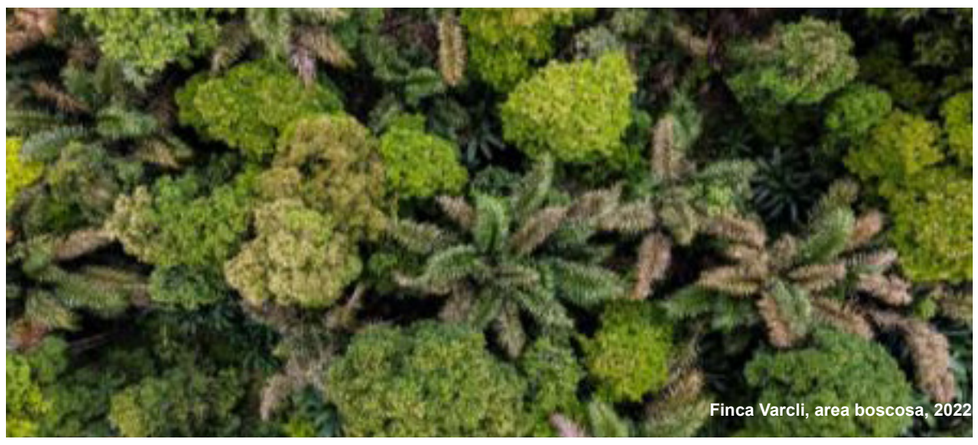
En la tabla 1 se presenta una lista de fuentes y sumideros comunes en las actividades de cultivo y procesamiento de piña y banano.

9 Guía para la participación en el Programa País de Carbono Neutralidad. Dirección de Cambio Climático (DCC), 2018
10 Disponible en la página web del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático "IPPC"

Fuentes de emisión típicas en el sector agrícola	Ejemplos de actividades
Combustibles fósiles para equipos móviles y fijos	Uso de gasolina, diésel, gas natural y gas LP en fuentes móviles tales como vehículos, maquinaria agrícola y equipos para el mantenimiento del cultivo, así como fuentes fijas como motores, plantas eléctricas y sistemas de bombeo. Uso de combustible para transporte de trabajadores, transporte de fruta de forma terrestre o marítima, transporte de insumos y materias primas, transporte de residuos, entre otros.
Combustión de biomasa sólida y líquida	Uso de leña para labores de cocina o industriales, así como el uso de biocombustibles líquidos en equipos móviles o fijos.
Uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos y orgánicos	Incluye tanto las presentaciones sólidas como líquidas, así como los fertilizantes sintéticos y orgánicos que cuentan con contenidos de Nitrógeno
Aplicación de cal	Carbonato de calcio y la cal dolomita
Aplicación de urea	Urea en estado puro, como la incorporada en mezclas de fertilizantes sintéticos
Elaboración y aplicación de compost	Abono orgánico sólido y líquido
Descomposición de materia orgánica en área de cultivo	Retorno del raquis de banano a las áreas de cultivo, así como la descomposición de los residuos del cultivo de piña (rastrojo) en sitio
Uso de animales para cría o labores en finca	Gestión del estiércol de los animales, así como a los procesos digestivos de éstos
Tratamiento, disposición de aguas residuales ordinarias	Aguas residuales descargadas en sistemas tales como tanques o fosas sépticas, letrinas, sistemas de tratamiento de aguas u otros
Tratamiento y disposición de aguas industriales	Aguas residuales derivadas de procesos de lavado de frutas u otros procesos industriales
Quemas controladas	Para el control de residuos o renovación de áreas de cultivo
Gases refrigerantes en equipos fijos	Uso en aires acondicionados, refrigeradoras, dispensadores de agua, cámaras de maduración de fruta u otros equipos
Gases refrigerantes en equipos móviles	Uso en vehículos, maquinaria y contenedores para transporte de fruta
Extintores con agentes generadores de GEI	Incluyendo aquellos con CO2 o agentes limpios
Uso de aceites y grasas para lubricación	Utilizados en motores, rodamientos y vehículos
Uso de aceites de mezcla en motores de 2 tiempos	Utilizados como mezcla en motosierras, moto guadañas, entre otros
Uso de gases industriales para corte y soldadura	Uso de acetileno o dióxido de carbono
Uso de aerosoles con contenido de GEI	Aerosoles con propelente asociado a GEI para labores de mantenimiento
Renovaciones del cultivo	Pérdida de cobertura vegetal por renovación del cultivo
Labranza o trincheo del terreno	Pérdida de carbono en suelo producto de la aplicación de prácticas de labranza
Cambio de uso del suelo	Pérdida de cobertura vegetal por cambio de uso del suelo
Consumo de energía eléctrica	Para labores asociadas al procesamiento y suministro de oficinas, bodegas, entre otras.

Tabla 1. Ejemplos de fuentes de emisión y sumideros encontrados en el sector agroindustrial.

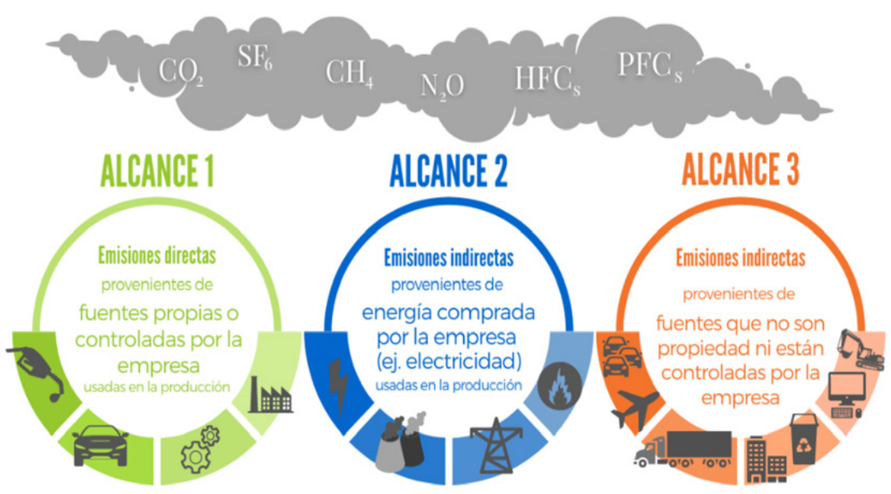
Sumideros típicos en sector agrícola
Plantaciones forestales
Bosques naturales
Áreas en regeneración natural
Carbono orgánico en suelo



Finca Varcli, area boscosa, 2022

Una vez que la finca ha identificado las fuentes de emisión y los sumideros asociados a sus operaciones, la siguiente tarea consiste en clasificarlas entre dos categorías: **directas e indirectas.** Para llevar a la práctica esta tarea es necesario considerar el enfoque de consolidación que fue previamente definido.
Por ende, en caso de que el enfoque de control operacional fuera el seleccionado, la finca debe entonces preguntarse si **¿se cuenta o no con el control operacional de cada una de las fuentes de emisión identificadas?** Si la respuesta a este análisis es afirmativa será entonces clasificada como fuente directa, mientras que, si la respuesta es negativa, la fuente se clasificará como indirecta.

Los sistemas productivos de banano y piña en Latinoamérica requieren de la participación de diferentes actores a lo largo de la cadena de valor, algunos con mayor o menor cercanía operativa con la finca en estudio.



Fuentes Directas e Indirectas. ASGREEN, 2021

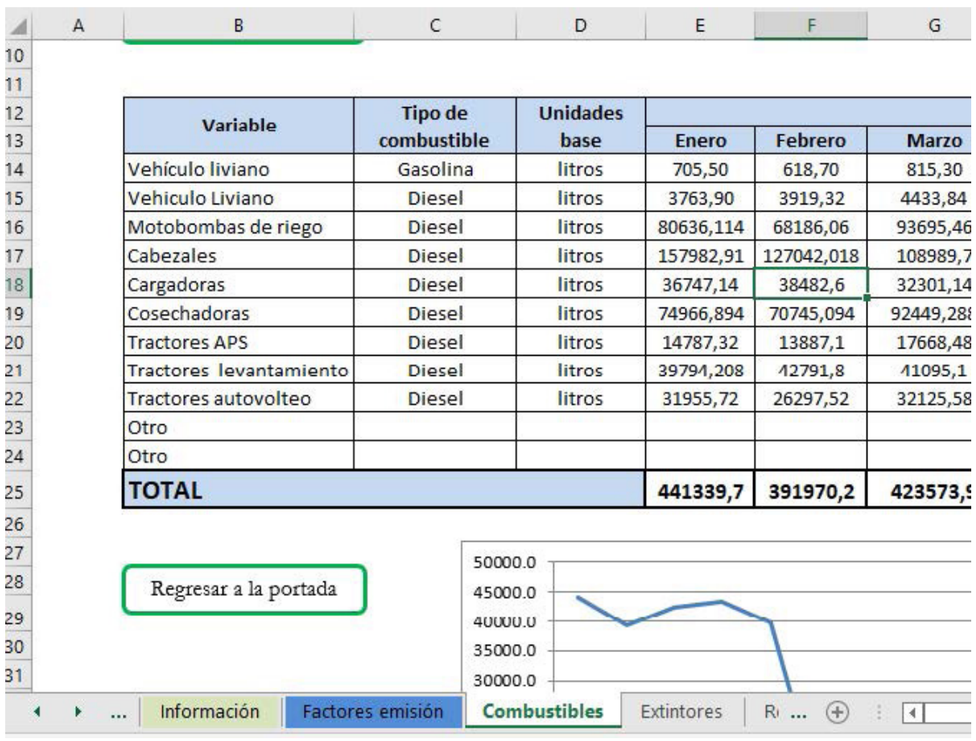
Procesos tales como la fabricación y suministro de materias primas, la prestación de servicios de transporte de personal, materiales y producto final, los servicios de aplicación de agroquímicos y la prestación de servicios de mantenimiento son solo ejemplos de actividades realizadas comúnmente por terceras partes. Si bien la finca podría tener algún grado de influencia sobre estas operaciones, es poco común que se tenga un control pleno sobre tales actividades desde el punto de vista operativo o financiero, siendo potencialmente fuentes indirectas según los parámetros analizados.

Paso 3. Recopilar los datos del inventario

Llegado a este punto la finca tendrá un listado de fuentes de emisión y sumideros relacionados con sus actividades, clasificados de forma directa o indirecta. La normativa existente solicita la **cuantificación obligatoria de las fuentes directas, así como las indirectas asociadas con el consumo de energía eléctrica.**

a. Fuentes directas

Los datos que se recopilan para las fuentes directas suelen referir a las compras de combustible (cantidad de combustible adquirido y utilizado), cantidad de fertilizante, cal y urea aplicada en los cultivos, cantidad de productos químicos utilizados en la finca, cantidad de energía eléctrica consumida, cantidad de animales y tiempo de permanencia en finca, cantidad de personas y tiempo de permanencia (para asociarlo a la generación de aguas residuales), cantidad de residuos generados y reincorporados al suelo, entre otros.



Variable	Tipo de combustible	Unidades base	Enero	Febrero	Marzo
Vehículo liviano	Gasolina	litros	705,50	618,70	815,30
Vehiculo Liviano	Diesel	litros	3763,90	3919,32	4433,84
Motobombas de riego	Diesel	litros	80636,114	68186,06	93695,46
Cabezales	Diesel	litros	157982,91	127042,018	108989,7
Cargadoras	Diesel	litros	36747,14	38482,6	32301,14
Cosechadoras	Diesel	litros	74966,894	70745,094	92449,28
Tractores APS	Diesel	litros	14787,32	13887,1	17668,48
Tractores levantamiento	Diesel	litros	39794,208	42791,8	41095,1
Tractores autovolteo	Diesel	litros	31955,72	26297,52	32125,58
Otro					
Otro					
TOTAL			441339,7	391970,2	423573,9

Ejemplo de registro de inventario de GEI.

b.Fuentes indirectas

Se incluyen aquellas fuentes indirectas que resulten significativas según criterios de valoración que debe establecer la misma finca. Entre los criterios se podría encontrar: la magnitud (previendo las fuentes y sumideros asumidos como sustanciales), el nivel de influencia por parte de la finca, la presencia de riesgos y oportunidades asociadas a cada fuente, orientaciones específicas del sector (emisiones consideradas como significativas por el sector agrícola en general), contratación externa y compromiso con el empleado.

A través del análisis de uno o varios de estos criterios, la finca podría concluir cuáles fuentes indirectas se catalogan como significativas, para ser incluidas dentro del inventario. Los datos que se recopilan para las fuentes de emisión indirecta, incluyen: el consumo de combustible para labores de fumigación aérea realizada por proveedores, el transporte terrestre del producto desde la finca al puerto de salida del país, la producción y transporte de cartón, el transporte marítimo del producto de exportación y la producción y transporte de agroquímicos son algunas de las fuentes de emisión indirecta que según experiencias a nivel mundial han sido determinadas como significativas para la operación[11]. Comúnmente los datos que se recopilan para estas fuentes corresponden a reportes de proveedores o clientes para lograr una estimación de emisiones asociadas.

c. Sumideros

Con respecto a los sumideros presentes en finca, los datos comúnmente recopilados corresponden a las extensiones de terreno según tipo de cobertura forestal (para el caso de sumideros forestales), y a la extensión, características de densidad aparente y contenido de carbono en suelo (para el caso de la determinación de carbono orgánico en suelo).

Toda la información recopilada de las fuentes y sumideros explicados anteriormente, se consolidada en un registro de control digital, de forma tal que permita posteriormente incorporar las fórmulas de cálculo para determinar las emisiones de GEI.

Paso 4. Calcular las emisiones y remociones de GEI

Los datos de actividad previamente recopilados en el inventario son utilizados en este punto para calcular su impacto en emisiones y remociones de GEI. Para lograr este cometido, el método de cálculo más práctico y utilizado a nivel mundial corresponde al uso de factores de emisión y remoción.
Un factor de emisión o remoción se define como un coeficiente que relaciona los datos de la actividad con la emisión de GEI[12]. De esta forma, a través del uso de este tipo de coeficientes se puede conocer cuál es el impacto en emisiones de GEI asociado al consumo de energía eléctrica, aplicación de fertilizantes nitrogenados, consumo de combustible entre otros. En la figura 2 se muestra un ejemplo de aplicación para el cálculo de emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica.

La finca agrícola A ubicada en Colombia consume un total de 520500 kWh en el año 2019, producto de sus actividades en planta empacadora.
Para calcular sus emisiones ha localizado un factor de emisión por consumo de energía eléctrica publicado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) para el año en el que se está elaborando el inventario, siendo el valor de 0,166 kg CO_2e/kWh.

Por lo tanto, el cálculo de emisiones sería el siguiente:

520 500 kWh * 0,166 kg $\frac{CO_2e}{kWh}$ = **86 403 kg CO_2e**

Figura 2. Ejemplo de cálculo de emisiones por consumo eléctrico.

11 Guía metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera. FAO 2017.
12 Norma ISO 2018

En la tabla 2 se detalla una lista de fuentes de información que pueden utilizarse para recopilar los factores de emisión necesarios para el cálculo.

Nombre	Tipo de información contenida
Directrices del IPCC 2019	Factores de emisión y remoción para todos los sectores de actividad
Greenhouse Gas Protocol	Herramientas de cálculo con factores de emisión para sectores transporte, industrial, refrigeración, entre otros.
United States Environmental Protection Agency	Factores de emisión publicados para Estados Unidos y el resto del mundo, con aplicación para diversos sectores
Department for Environment Food & Affairs (DEFRA)	Factores de emisión publicados para Reino Unido y el resto del mundo, con aplicación para diversos sectores
Instituto Meteorológico Nacional (IMN)	Factores de emisión publicados para Costa Rica y el resto del mundo, con aplicación para diversos sectores. Incluye el factor de emisión de electricidad.
Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)	Factores de emisión de electricidad para Colombia
Operador Nacional de Electricidad CENACE	Factores de emisión de electricidad para Ecuador
Consejo Nacional para el Cambio Climático	Factores de emisión de electricidad para República Dominicana

Tabla 2. Fuentes de información disponibles para la búsqueda de factores de emisión y remoción de GEI.

Por medio de la aplicación de los factores de emisión la finca obtendrá resultados de emisiones y remociones para cada gas de efecto invernadero cuantificado. Los resultados de un inventario de GEI deben expresarse en una unidad común: las toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO2e). Para lograr esto, cada resultado cuantificado por tipo de GEI debe multiplicarse por un coeficiente denominado potencial de calentamiento global, el cual relaciona el impacto en calentamiento de un gas con respecto al dióxido de carbono.

De esta manera es posible trasladar las emisiones cuantificadas para gases tales como metano y óxido nitroso en emisiones de dióxido de carbono equivalente. Los potenciales de calentamiento global son publicados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y se presentan a en la tabla 3 para los gases más comunes en la industria agroalimentaria:

Gas	Valor	Tipo	Referencia
CO_2	1	-	IPCC AR5. 2014.
CH_4	28	-	IPCC AR5. 2014.
N_02	265	-	IPCC AR5. 2014.
R134a	1300	HFC	IPCC AR5. 2014.
R22	1760	HCFC	IPCC AR5. 2014.
R410a	1924	HFC	The Climate Registry (AR5)

Tabla 3. Potenciales de calentamiento global comúnmente aplicados en la agroindustria.

La cuantificación de emisiones y remociones considerando tanto los factores de emisión como los potenciales de calentamiento global suele incorporase dentro de una hoja de cálculo elaborada por la finca. Sin embargo, también se puede acceder a herramientas de medición elaboradas para este fin, como por ejemplo las desarrolladas por la FAO (CWF 2.0), que pueden ser utilizadas por las personas productoras para el cálculo de la Huella de Carbono y Agua.

Paso 5. Planificar y ejecutar acciones de reducción de emisiones

El inventario de GEI de la finca permitirá conocer cuáles son las fuentes de emisión de mayor aporte al calentamiento global. Una vez que se cuenta con esta información se pueden planificar actividades para lograr una disminución de emisiones en las fuentes de mayor impacto.
Para esto se debe establecer un plan de gestión de reducciones el cuál debe incluir:

- El apoyo de la alta dirección dentro de la finca, para garantizar la asignación de recursos.
- Los objetivos de reducción.
- Definición de los recursos previstos para ejecutar las actividades.
- Descripción de las actividades a realizar.
- Definición de responsables de ejecutar las acciones.
- Indicadores de seguimiento.
- Fechas previstas para la ejecución de cada actividad.

Este plan se actualiza anualmente, acorde con las variaciones del inventario de GEI, procurando en todo momento la disminución de las fuentes de mayor magnitud. Una vez que las acciones de reducción son finalizadas, corresponde analizar los resultados obtenidos, documentando la metodología utilizada para calcular las reducciones de GEI y declarando la cantidad total de CO_2e reducidas para cada una de las acciones implementadas. Dentro del sector de producción de piña y banano se podrían emprender acciones de reducción tales como:

- Disminución en el uso de fertilizantes nitrogenados a partir de la aplicación de prácticas de agricultura de precisión (análisis de suelo como base para la elaboración de los planes de fertilización) y el uso de fertilizantes de liberación lenta.
- Sustitución de combustibles fósiles por tecnologías de menor impacto
- Aplicación de prácticas de eficiencia en motores y equipos dentro de las plantas empacadoras.
- Uso de refrigerantes naturales en sustitución de gases tipo HFC o HCFC[13].
- Uso de drones para la fumigación aérea en sustitución del uso de aeronaves con combustible fósil, entre otros[14]

Paso 6. Capacitar y entrenar al personal de la finca

Los talleres de entrenamiento, así como la consulta a entidades y expertos son actividades necesarias que facilitan la implementación de esta medida. Se sugiere la planificación y ejecución de las siguientes capacitaciones:

- Diseños de inventarios de gases de efecto invernadero.
- Construcción de herramientas para el cálculo de emisiones de GEI.
- Planificación y ejecución de acciones de reducción de emisiones de GEI.

13 Ver ficha # 14 “Sustitución de refrigerantes según potencial de calentamiento global”
14 Huella de carbono de la cadena de suministro del banano. FAO. 2017.

Indicadores de desempeño

- % de reducción anual de GEI en ton CO_2e con respecto al primer año de inventario (año base).
- Kg CO_2e/caja de banano/piña producida para comparaciones en la misma finca[15]
- Ahorro anual en $ para las fuentes incluidas en el plan de reducción de emisiones.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* personal capacitado para elaborar inventarios de GEI, planificar y ejecutar acciones de reducción de emisiones.

Referencia de Costos:

- Capacitación en normativa técnica, cuantificación y reporte de GEI. Rango de $200 a $400.
- Implementación de acciones de reducción: costo variable dependiendo de las acciones de reducción que se implementen.
- Tiempo para la elaborar el inventario de GEI y seguimiento anual, incluyendo la recopilación de datos y cálculo. Costo variable.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El cambio climático constituye un fenómeno de alta relevancia hoy en día debido a los impactos directos que genera sobre el entorno. Las organizaciones cuentan con la responsabilidad de aportar en la mitigación del cambio climático, identificando las fuentes de mayor aporte en la generación de emisiones de GEI y estableciendo medidas para la reducción de éstas.
Para formalizar este aspecto, existen lineamientos definidos a nivel internacional para la elaboración de un inventario de GEI y el planteamiento y ejecución de acciones de reducción. Se pretende que las fincas elaboren sus estudios para emprender seguimientos periódicos, gestionando de esta forma su impacto en esta temática y reduciendo costos relacionados.

Casos de éxito

Finca San Pablo (Compañía Internacional de Banano S.A., subsidiaria de CORBANA) se encuentra ubicada en Siquirres de Limón, Costa Rica. Esta finca fue fundada en 1968 y desde esa fecha se dedica a la actividad de cultivo y empaque de banano. Actualmente cuenta con 280,06 ha cultivadas y en ella laboran alrededor de 240 trabajadores de forma directa. La plantación está conformada por los cultivares Valery, Gran Enano y Williams.

Desde el año 2007 la finca ha desarrollado inventarios de gases efecto invernadero aplicando los criterios de la norma ISO 14064-1, mientras que desde el año 2013 ha formalizado la Carbono Neutralidad utilizando la norma INTE B5 (*versiones vigentes a lo largo del tiempo)* para este objetivo, participando en el Programa País de Carbono Neutralidad de Costa Rica desde dicha fecha.

La finca cuantifica emisiones por el uso de combustible y lubricantes para equipos fijos y móviles, aplicación de fertilizantes nitrogenados, cal, materia orgánica y raquis al campo, refrigerantes en aires acondicionados de oficinas y vehículos, extintores de CO_2 y acetileno par uso en taller de finca, así como aguas residuales generadas por colaboradores y lavado de fruta. Se incluyen también fuentes indirectas tales como el consumo eléctrico, combustible para fumigación aérea, transporte de contenedores de fruta a puerto, transporte de personas, combustible para chapeas y gas para uso en fonda. Asimismo, la finca ha realizado estudios forestales para la cuantificación de remociones en una extensión de 35,15 ha de bosque.
A partir de la implementación de acciones de reducción tales como ajustes en los planes de fertilización, cambios en equipos e infraestructura eléctrica, modificaciones en los cables vías para la reducción del uso de equipos agrícolas e implementación de prácticas de eficiencia en el uso de combustibles, Finca San Pablo ha pasado de un inventario de GEI de 1.462 t CO_2e en el 2007 a 720 t CO_2e en el año 2012 (49% de reducción) manteniendo a la fecha este nivel de emisiones (año 2020/ 766t CO_2e), siendo un ejemplo a nivel sectorial. Asimismo, han cuantificado un total de 352 t CO_2e removidas en las áreas forestales propias para el año 2020.

15 La comparación con otras fincas podría no ser válida, debido a las diferencias en los límites y fuentes de cada inventario).

Referencias

[2] ¿Qué puede hacer una empresa para frenar el cambio climático? https://hazrevista.org/opinion/2021/11/que-puede-hacer-empresa-para-frenar-cambio-climatico/
[3] Huella de Carbono. Chile. https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/
[6] Huella de carbono organizacional y de producto: ¿son lo mismo? CEGESTI Éxito Empresarial No. 239, 2013. http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_239_120813_es.pdf
[9] Guía para la participación en el Programa País de Carbono Neutralidad. https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/07/Guia-Carbono-Neutralidad-DCC-Parte-1.pdf
[11] Guía metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera. Proyecto Acción Clima II. https://www.fao.org/3/I8333ES/i8333es.pdf
[14] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2017. Huella de carbono de la cadena de suministro del banano. https://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/carbon-footprint/es/

Otras consultas:

- Carbon footprint of a cavendish banana supply chain. https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-013-0602-4
- Fifth Assessment Report. https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5.https://ar5-syr.ipcc.ch/resources/htmlpdf/WG1AR5_Chapter08_FINAL/
- Herramienta para la medición de las huellas de carbono y agua. Banana Industry Carbon & Water Footprint | FAO.org
- Huella de Carbono de la cadena de Suministro de Banano. i6842s.pdf (fao.org)
- Norma técnica INTE B5:2021. Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos. | INTECO
- Norma técnica ISO 14064-1:2018. Gases de efecto invernadero – Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. International Organization for Standardization (ISO). 2018. ISO
- ISO 14064-1:2018 - Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals
- PAS 2060:2014. Specification for the demonstration of carbon neutrality. https://www.bsigroup.com/en-GB/pas-2060-carbon-neutrality/

Uso de datos meteorológicos

13

Categoría A

Proyecto Cambrón, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

A

Medidas Relacionadas

8 Optimización de plaguicidas sintéticos
12 Estimación de huella de carbono
26 Optimización del sistema de riego (SMH)

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.5.1, 5.7.4

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.42

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.3.22

Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB/7.3.6,

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Uso de datos meteorológicos

FICHA 13

Descripción de la medida

El cambio climático tiene efectos tanto directos como indirectos en los sistemas agroalimentarios, esto se debe a regímenes de precipitaciones y temperaturas cambiantes e impredecibles, una mayor incidencia de fenómenos meteorológicos extremos y catástrofes como sequías[1] e inundaciones y brotes de plagas y enfermedades. Estos problemas combinados con la gran demanda de agua asociada al crecimiento del sector agrícola hacen este sector especialmente vulnerable al cambio climático[2]; razón por lo cual una previsión agrometeorológica[3] fiable y a tiempo puede favorecer una respuesta adecuada.

El Banco Mundial destaca la importancia de una agricultura climáticamente inteligente, en donde se implementen prácticas comprobadas e innovadoras que permitan aumentar la productividad, mejorar la resiliencia al cambio climático y reducir las emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI) provocadas por la actividad agrícola[4]. La FAO por su parte, lo define como un enfoque dirigido a proporcionar los medios para incorporar medidas de adaptación y mitigación en políticas, programas e inversiones para el desarrollo agrícola sostenible[5].

Bajo este contexto, una acción climáticamente responsable, es el uso sistemático de información de las variables climáticas (precipitación, temperatura, radiación, viento, otros) en los sistemas agro productivos. En donde, a partir de datos provistos por fuentes locales e internacionales confiables, así como los obtenidos de las estaciones meteorológicas localizadas en finca, la persona productora pueda realizar análisis aplicables a su realidad y tomar decisiones de manera informada y oportuna para direccionar y optimizar diferentes prácticas como siembra, cosecha, fertilización, irrigación, control de plagas y enfermedades; así como diseñar planes de adaptación e implementar sistema de alerta temprana ante riesgos naturales ocasionados por cambios adversos en el clima o eventos meteorológicos extremos.

Esta medida busca incentivar el uso de datos meteorológicos por parte de la persona productora para la toma de decisiones, destacando la importancia del manejo de estaciones meteorológicas funcionales en finca, dirigidas a incrementar productividad, disminuir costos e impactos ambientales y promover un uso racional de los recursos naturales.

1 América Central, por ejemplo, ha sufrido el impacto de diversos eventos hidrometeorológicos extremos, dentro de los cuales se destaca la sequía. Esta ha tenido efectos adversos de distinta índole en la región denominada como el Corredor Seco Centroamericano, incluyendo dificultades sobre la disponibilidad y acceso del recurso hídrico y problemas sanitarios significativos (CSC). UCR, 2018
2 La agricultura y los recursos naturales. BID, 2014
3 La agrometeorología es la ciencia que estudia las condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas y su interrelación en los procesos de la producción agrícola. IMHPA, 2021.
4 Agricultura climáticamente inteligente. Banco Mundial, 2017
5 Agricultura climáticamente inteligente. FAO, 2023.

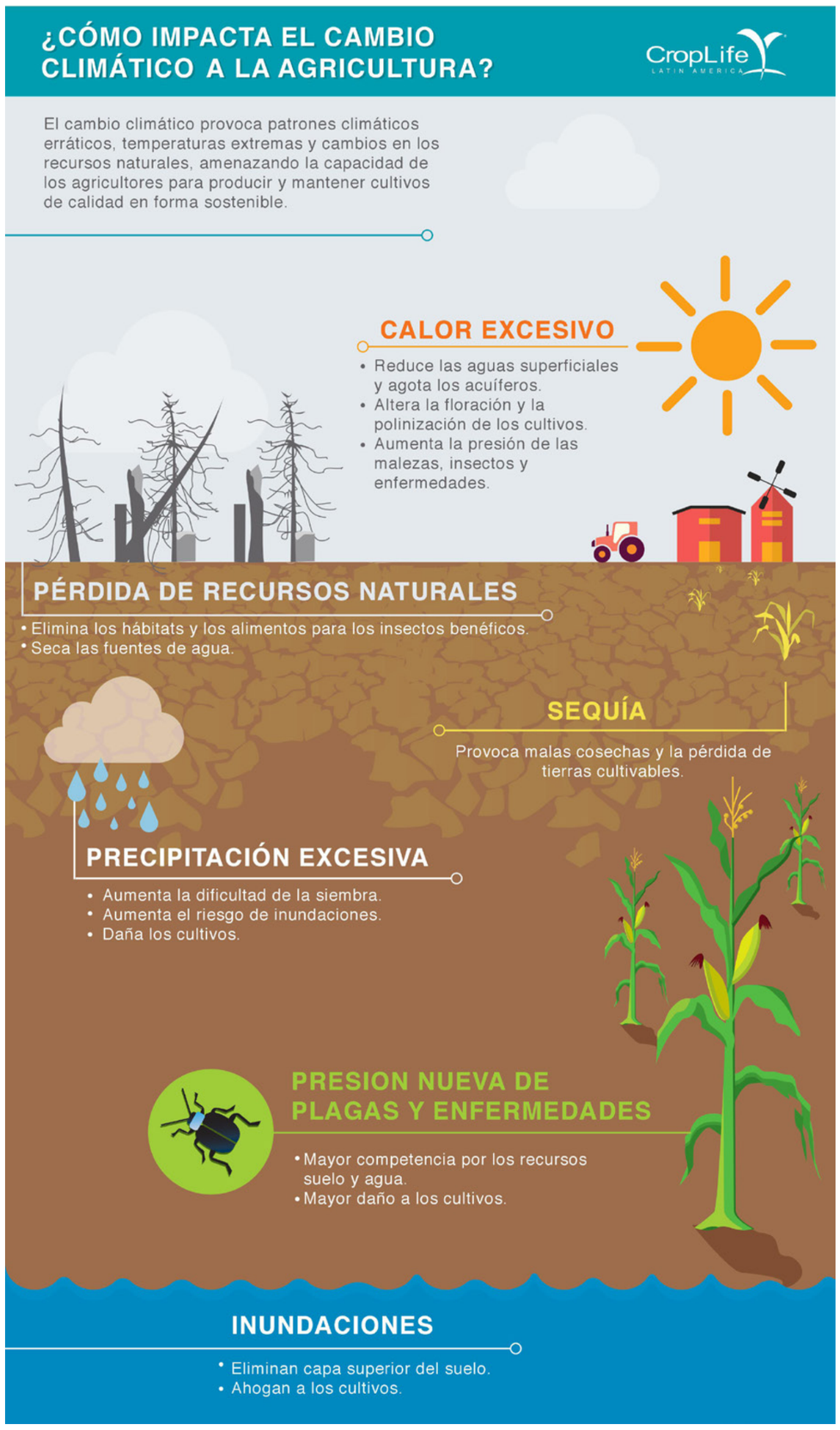
Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Incide en la generación de información relevante que puede ser utilizada para el desarrollo de planes de mitigación de los efectos del cambio climático.
- Impulsa estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.
- Promueve la creación de sistemas de monitoreo y alerta temprana ante fenómenos meteorológicos, permitiendo a la persona productora actuar de forma preventiva en áreas expuestas a amenazas naturales, en donde la afectación puede generar impactos no sólo en el sistema productivo sino en zonas de protección de ecosistemas cercanos.
- Ayuda a direccionar actividades de irrigación, disminuyendo el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero.

Beneficios para la persona productora:

- Impulsa el uso de herramientas de medición de las distintas variables climáticas para la toma de decisiones en actividades agrícolas.
- Facilita valorar la incidencia de los eventos meteorológicos extremos y como estos afectan el clima, permitiendo a la persona productora realizar planes de adaptación que minimicen riesgos, impactos en productividad, daños en infraestructura y pérdidas económicas.
- Promueve la agricultura de precisión, buscando que las zonas de cultivo se conviertan en ambientes controlados, maximizando recurso, reduciendo gastos y asegurando la calidad del producto final.
- Facilita a la persona productora tomar decisiones en cuanto a las necesidades de irrigación del cultivo y almacenamiento temporal de agua[6].
- Promueve la elaboración de análisis históricos/comparativos de diferentes datos meteorológicos, con el objetivo de realizar pronósticos de incidencias de plagas y enfermedades y atender las mismas de forma oportuna, salvaguardando de esta forma las cosechas.
- Permite la aplicación de modelos climáticos aplicados a la simulación de rendimientos de cultivos.
- Reduce los riesgos de pérdidas en los cultivos por sequías o por la inestabilidad de la temporada lluviosa
- Ayuda a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla.



Dada la ubicación geográfica, cada finca muestra un escenario diferente, por lo cual el uso de la información dependerá de las necesidades previstas por la persona productora y de la escala meteorológica aplicada a la toma de decisiones, en donde el correcto uso de estaciones meteorológicas en el sitio, se convierte en una herramienta valiosa que permite direccionar diferentes actividades dirigidas a asegurar la sostenibilidad futura del proyecto.

A continuación, se describen los pasos para la aplicación de la medida:

Metodología de implementación de la medida

La carencia de datos meteorológicos, el uso de información poco fiable, la falta de digitalización y análisis de registros climáticos dificultan la creación de modelos climáticos y proyecciones de escenarios. Y, por consiguiente, la toma de decisiones sobre qué hacer en las zonas que, desde un punto de vista de probabilidades, presentan mayor riesgo de sufrir olas de calor, inundaciones, sequías o en donde la necesidad de riego, la presión de plagas y enfermedades aumentan con los cambios del clima.

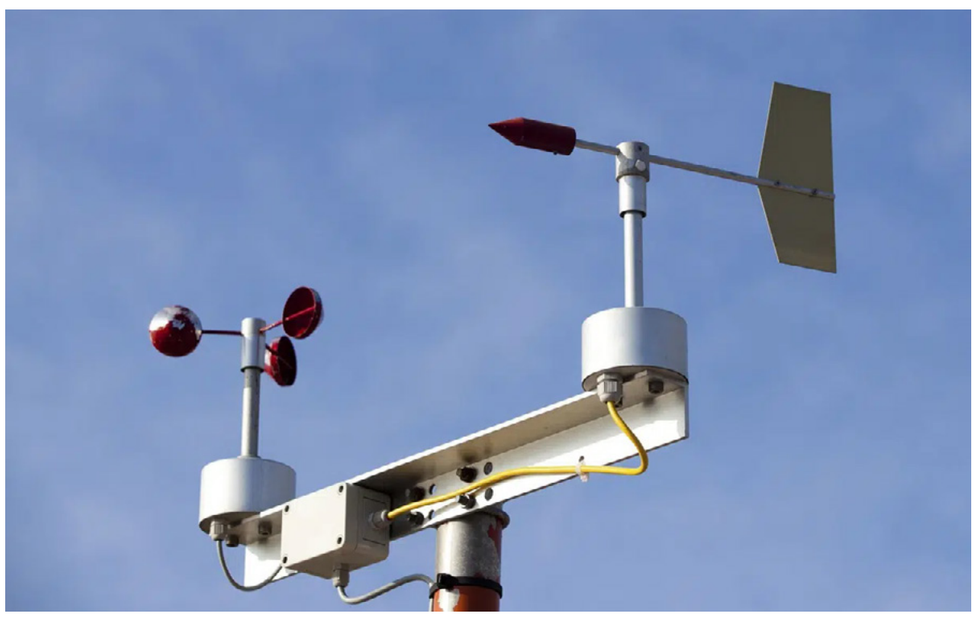
Paso 1. Necesidad de información meteorológica

Como primera actividad es importante que la persona productora realice una valoración de las necesidades[7] de acceso a esta información y de su frecuencia de uso; teniendo en cuenta que este conocimiento le permitirá tomar decisiones acertadas y planificar actividades que beneficien la productividad, la protección del recurso humano y ayuden a mitigar los impactos ambientales.

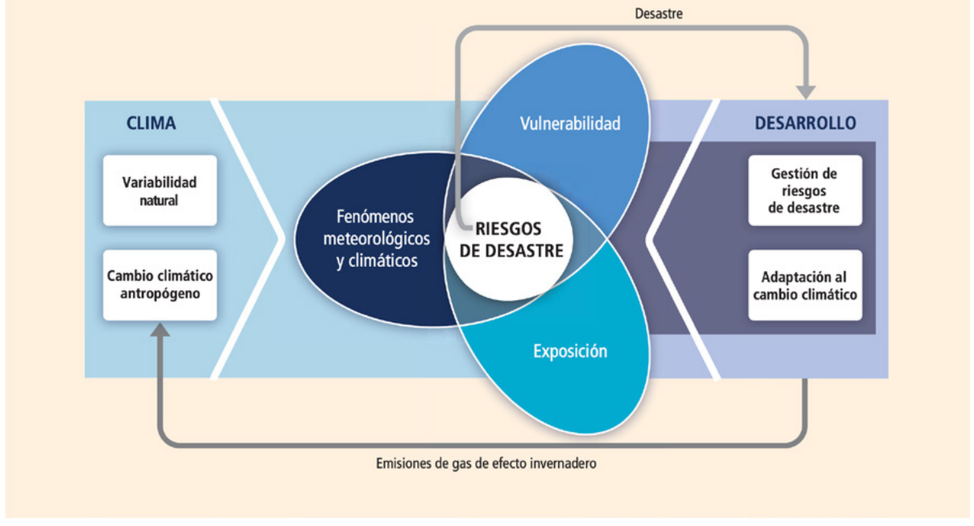
6 Ver ficha #27 "Reservorios de agua"
7 Propósito: pronóstico del tiempo, caracterización y zonificación agroclimáticas, monitoreo y predicción de la producción, recomendaciones de manejo a campo, determinación de alertas tempranas (de sequía, inundaciones), identificación de prácticas agropecuarias recomendadas, manejo de recursos naturales, toma de decisiones de corto plazo sobre las actividades de control de plagas y otros. IICA, 2015

Por ejemplo, algunas variables climáticas[8] a considerar:

- Temperatura del aire. Utilizada para el cálculo de unidades térmicas de crecimiento en los cultivos, mediante las cuales es posible conocer la incidencia de la temperatura en su desarrollo. Por otro lado, la temperatura es uno de los factores que afectan el consumo de agua de la planta, cuando las temperaturas son altas o calientes las plantas absorberán más agua del suelo, ya que la transpiración en su interior se incrementa[9].
- Velocidad del viento. Permite determinar índices de daño a frutos y flores. Por otro lado, en días de viento fuerte el cultivo puede perder agua y el suelo secarse de manera más rápida[10].
- Humedad relativa. Utilizada para predecir posibles heladas y para pronosticar enfermedades en los cultivos y estimación de la evapotranspiración.
- Radiación solar. Ayuda a estimar la acumulación de materia seca y afecta la evapotranspiración del cultivo.
- Humedad de las hojas. Sirve para estudiar la posible presencia de enfermedades en los cultivos.
- Radiación solar. Estimación de las tasas fotosintéticas y de evapotranspiración.
- Precipitación. Importante para tomar decisiones de riego y drenaje, así como las implementaciones de programas de conservación de suelos.



Por otro lado también es relevante considerar como parte de los datos de análisis, los fenómenos meteorológicos extremos que pueden afectar las condiciones climáticas en la región y que requieren ser parte del seguimiento ya que resultan de especial interés para el desarrollo agrícola, principalmente si son eventos que se repiten de forma cíclica:



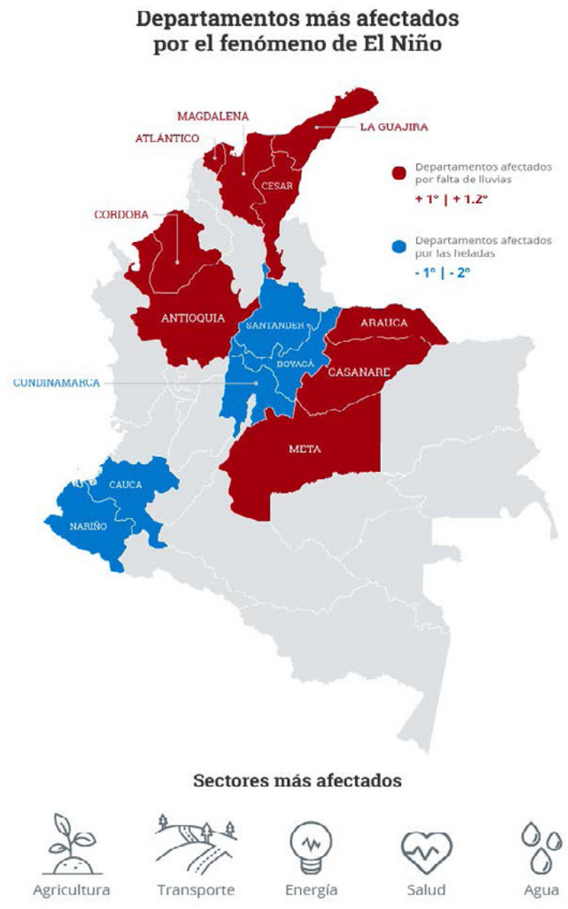
- Lluvias intensas, ocasionando inundaciones, deslizamientos e incrementos de ciertas plagas y enfermedades.
- Sequías, ocasionando perdidas en producción o incidencia de incendios forestales.
- Vientos, tormentas eléctricas o granizo, con impactos en infraestructura, producción y aumento de riesgos ocupacionales.

Este análisis puede ayudar a direccionar medidas de adaptación a eventos climáticos extremos asociados a desastres naturales o daños en los cultivos[11], anticipar el aumento de presión de plagas y enfermedades poniendo en marcha medidas preventivas, o bien programar irrigación (ver paso 4) o mejoras en los sistemas de drenaje de agua, entre otras actividades.

Por ejemplo, si una persona productora mantiene una finca de banano en el Departamento de Magdalena en Colombia (*región históricamente con bajas precipitaciones*), una de las primeras acciones a implementar es el diseño de sistemas de riego; sin embargo si a esta situación se le suma la ocurrencia de eventos climáticos periódicos en la región como el Fenómeno de El Niño (*el cual incrementa los efectos de la sequía en esa región*), las medidas de adaptación deben ampliarse y contemplar otras estrategias como almacenamiento y uso racional del agua, implementando reservorios[12] para irrigación y sistemas de recirculación de agua en planta de procesamiento.

Contrariamente si la finca se localiza en la región de Los Ríos en Ecuador, el escenario sería diferente pues durante el mismo fenómeno, generaría aumentos importantes en precipitaciones, información que ayudaría a la persona productora a prepararse ante riesgos de posibles inundaciones.

Otro factor a tomar en cuenta, al momento de la toma de decisiones, es la escala meteorológica[13], estimando los lapsos de tiempo en los cuales puede ocurrir un evento (pronostico) o el comportamiento estadístico de una variable climática (valores normales, extremos probables, frecuencia de ocurrencia). De esta forma una persona productora puede manejar de forma correcta el concepto de probabilidad, conocer las limitaciones y tomar decisiones dentro de estos plazos de tiempo, considerando por ejemplo que cada fenómeno meteorológico corresponde a una escala diferente y es necesario conocerlo.



8 Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura. UNAD , 2020
9 Manual de riego y drenaje. Zamorano, 2012.
10 Manual de riego y drenaje. Zamorano, 2012.
11 La FAO cuenta con el Sistema mundial de información y alerta sobre la alimentación y la agricultura (SMIA), el cual supervisa continuamente la oferta y demanda de alimentos y otros indicadores claves (estrés agrícola, intensidad de sequía, condición de la vegetación, precipitación estimada, anomalías en precipitación, otras) para evaluar la situación general de la seguridad alimentaria en todos los países del mundo.
12 Ver ficha # 27 "Reservorios de agua"
13 Manual de buenas prácticas para la generación, el almacenamiento y la difusión de información climática en instituciones y organismos del MERCOSUR. IICA, 2015

Escala Meteorológica	Ejemplos/Decisiones
Muy corto plazo (horas)	Fenómenos como caída de granizo o formación de tornados, los cuales solo pueden pronosticarse con horas de anticipación. Es difícil realizar este tipo de predicción sin contar con un radar meteorológico, pero la persona productora puede buscar acceso a alertas y poner en resguardo maquinaria y personal.
Corto plazo (4-5 días)	Variables como temperatura máxima y mínima, precipitación, velocidad del viento, humedad relativa, pueden determinarse a corto plazo de forma satisfactoria. Esta escala permite a la persona productora considerar actividades a ser implementadas en pocos días. Este es el caso del riego.
Mediano plazo (semana)	Olas de calor, ingresos de aire frío, períodos secos o húmedos, períodos ventosos para áreas extensas, pueden preverse con una o dos semanas de anticipación. Este pronóstico permite tomar decisiones relacionadas con: cosecha temprana para evitar daños, planificar irrigación suplementaria, prever aplicación de medidas de defensa contra heladas, elegir momentos apropiados para fumigaciones, entre otras.
Largo plazo (meses)	Refiera a condiciones generales aplicables a vastas regiones, como vaticinar temperaturas o precipitaciones "en promedio" por arriba o por debajo de lo normal. Algunas decisiones a largo plazo pueden estar relacionadas con el desarrollo de estrategias de comercialización, selección de genotipos y fechas de siembra más adecuadas, entre otras.

En conclusión, las necesidades y uso de la información meteorológica, dependerá de los requerimientos del cultivo, el contexto en donde se desarrolle la actividad productiva, así como de los cambios en variables climáticas y ocurrencia de eventos extremos durante periodos determinados. En este sentido y para poder contar con información meteorológica completa, es importante que la persona productora considere los beneficios de generar datos directamente en la finca[14], por medio de estaciones meteorológicas propias; las cuales, utilizadas de forma correcta y sistemática, son un excelente complemento a la información proveniente de fuentes locales[15] e internacionales[16] confiables.

Paso 2. Diseño de la estación meteorológica en finca

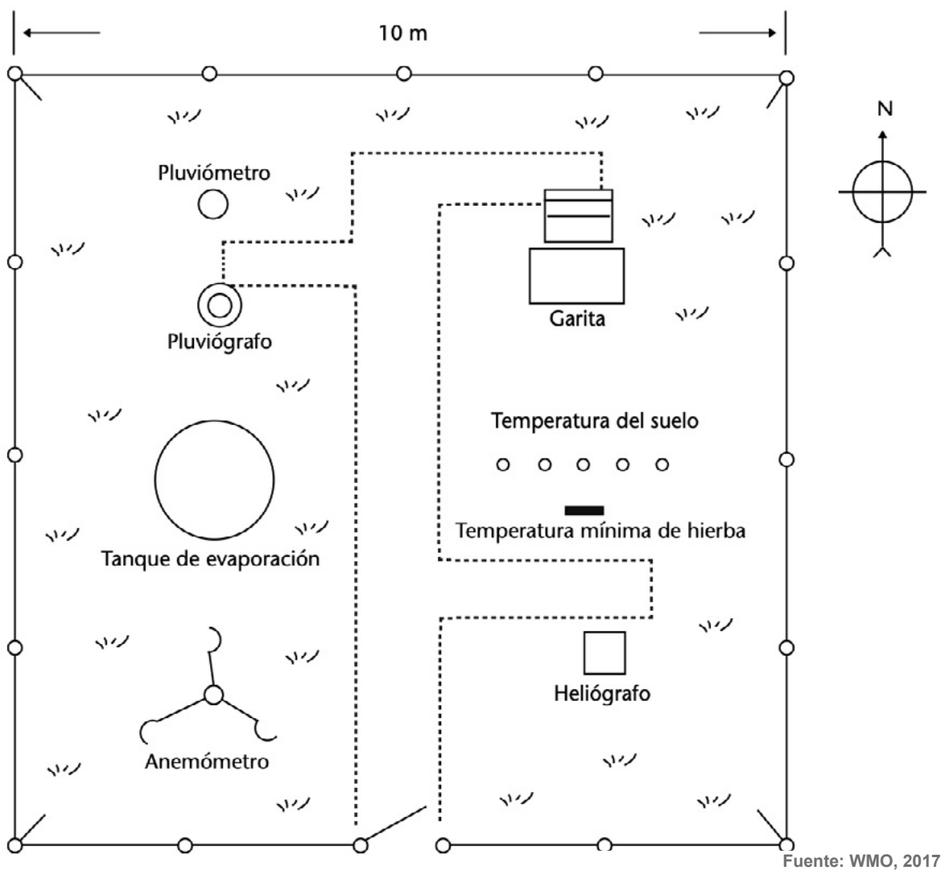
Una estación meteorológica es el sitio donde se hacen observaciones y mediciones de los diferentes parámetros meteorológicos usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio. Estas mediciones son los registros o datos meteorológicos[17].

Hay diferentes tipos de estaciones meteorológicas, entre las más utilizadas en la agricultura se pueden mencionar:

a. Agroclimáticas[18]

Es una estación enfocada a proporcionar información meteorológica de alta calidad utilizable para la agricultura, que sirve para gestionar y tomar mejores decisiones relacionadas con irrigación, predicción de enfermedades, control de la fumigación y un mayor conocimiento de los microclimas donde se encuentran los cultivos. Algunas mediciones que se pueden obtener son:

- Medidas ambientales: humectación de la hoja, radiación solar y fotosintéticamente activa, precipitación, humedad relativa, temperatura del aire y del suelo, dirección y velocidad del viento, entre otros.
- Datos de suelos: conductividad eléctrica (ce) del suelo y del agua de riego, temperatura, contenido de humedad del suelo, potencial de agua, drenaje, entre otros.
- Adicionales (a través de software e índices) se pueden calcular: Evapotranspiración "ETO", balance de agua, riesgo de heladas, avisos fitosanitarios, seguimiento del agua de riego, crecimiento del cultivo y estrés hídrico, entre otros.



Fuente: WMO, 2017

Ejemplo de la disposición de instrumentos en una estación meteorológica.

b. Climatológicas

Por medio de los sensores, este tipo de estación concentra su atención en estudiar parámetros ambientales como los son tiempo atmosférico, cantidad, visibilidad, precipitaciones, temperatura del aire, humedad.

c. Pluviométricas

Mediante el uso del pluviómetro se realizan observaciones y mediciones de las precipitaciones de lluvia.

En la actualidad las estaciones meteorológicas están diseñadas de manera tal que de forma simultánea puedan desempeñar varias tareas de medición.

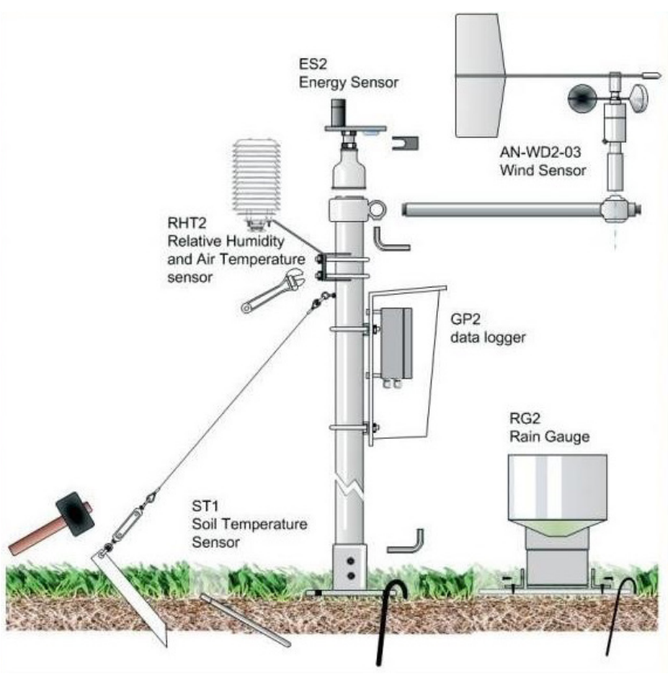
15 Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador
16 Organización Meteorológica Mundial (OMM), AQUASTAT (FAO)
17 Guía de gestión de datos y diseño de redes de monitoreo comunitarios para el seguimiento del clima. CIIFEN, 2019.
18 ¿Qué es una estación meteorológica? Estaciondemeteorologia, 2019

La persona productora puede optar por estaciones meteorológicas automáticas (EMA) o convencionales[19] (EMC), la decisión radica en los datos de interés que se requieran medir y la frecuencia de uso de la información (*tal como se comentó en el paso previo*). De esta forma si se desea disponer de otro tipo de información meteorológica además de la de precipitación, la alternativa más común es instalar una EMA, esto permite contar con registros de varios parámetros a tiempo real en forma automática; sin embargo, es necesario considerar que para un uso adecuado de esta tecnología se debe cumplir con normas de estandarización, adecuada alimentación de energía y sistema de comunicación, mantenimiento y calibración periódica, así como control de calidad de datos.

Por lo cual la persona productora debe valorar previamente, la capacidad de inversión, los costos de mantenimiento[20] y disponibilidad de repuestos; así como los requerimientos de formación del personal a cargo de los equipos. Sin embargo, también debe considerar que son sistemas muy versátiles, en donde los datos son procesados y entregados de manera amigable y comprensible. Normalmente se transmiten a un receptor (puede ser una PC de escritorio) por diferentes medios: un cable subterráneo, telefonía celular o interrogación satelital (captura de datos vía satélite).

En todo caso, siempre una buena práctica es solicitar orientación técnica y asegurar cual es la información climática que se necesitará de forma diaria, semanal, mensual o através del año, para de esta forma priorizar en los instrumentos a adquirir, así como la forma de registrar, resumir y analizar la información. Según las variables de mayor interés (identificadas en el paso 1), la persona productora puede decidir los instrumentos[21] a incluir en la estación meteorológica[22]:

- Barómetro, mide la presión atmosférica[23].
- Pluviómetro, mide la precipitación (cantidad de agua por metro cuadrado).
- Psicómetro o higrómetro, mide la humedad relativa del aire (vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera) y la temperatura del punto de rocío.
- Piranómetro, mide la radiación solar global.
- Sensor de radiación, mide solo el rango de radiación solar que activa la fotosíntesis.
- Veleta, indica la dirección del viento.
- Anemómetro, mide la velocidad del viento.
- Termómetro, mide la temperatura del aire a lo largo del día y sus valores extremos (temperatura máxima y mínima).
- Sensor de temperatura de suelo y/o agua, monitorea la temperatura del suelo o de un espejo de agua.
- Sensor de humedad de hojas, cálculo de humedad de hoja.



Paso 3. Ubicación de la estación meteorológica[24]

La eficacia de la funcionalidad de las estaciones meteorológicas depende de varios factores, entre los cuales está la selección del sitio, por lo cual la persona productora debe identificar junto con apoyo de personal técnico, el mejor sitio considerando el tipo de sistema a ser implementado (automático o convencional) y la instrumentación.

Algunas condiciones a tomar en cuenta según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) son:

- El emplazamiento debe estar suficientemente alejado de árboles, edificios, muros u otros obstáculos, ninguno de ellos debe proyectar sombra sobre la estación meteorológica. En la práctica esto se logra cuando se encuentran a una distancia de la estación igual o superior a 20 veces su propia altura. Por ejemplo, si en el área del proyecto se observa un árbol de 10 metros de altura, entonces el sitio seleccionando para el emplazamiento deberá estar mínimo a 200 metros de dicho objeto.
- Debe estar también lejos de aparatos que produzcan calor o frio de forma artificial.
- Es importante seleccionar terrenos nivelados, lo cual asegura que la penetración en el suelo de las aguas de lluvia sea homogénea, evita las zonas de acumulación del agua de escorrentía y garantiza mejor la creación de las condiciones microclimáticas medias de la parcela.
- La zona escogida debe contar con una ligera pendiente (no mayor a 0,5%) que permita drenar el agua de lluvia hacia uno de los costados del límite de la estación.
- Para las estaciones que únicamente posean aparatos medidores de precipitación, la condición de despeje del terreno se determina cuando los obstáculos se encuentran a una distancia igual o superior a 4 veces la altura de estos con respecto la estación meteorológica.
- En las estaciones donde se mide evaporación, debe evitarse la proximidad de depósitos de agua o reservorios en particular si estos son de carácter temporal y en áreas de irrigación o inundación, además, el sitio debe estar a una distancia tal que no permita la caída en el tanque de evaporación de agua procedente de rebosaderos o vertederos, o que sea transportada desde una laguna, embalse o cuerpo de agua por los vientos.
- Es conveniente seleccionar el sitio de tal forma tal que no se produzcan inundaciones, de preferencia en una suave elevación y a prudente distancia de las zonas vulnerables a crecidas de los ríos.
- En una franja de 50 m alrededor de la estación, la naturaleza del terreno circundante debe ser la predominante de la zona y preferiblemente no deben existir elementos de perturbación tales como superficies de hormigón o cultivos diferentes a los existentes en el área.

Una vez seleccionado el sitio, la persona productora debe asegurar que los instrumentos[25] sean instalados según las recomendaciones técnicas del fabricante.

La estación meteorológica debe estar protegida con malla metálica, preferiblemente plastificada, con poste metálico en las esquinas (empotrados en una base de concreto) y con una viga lateral de amarre para el cerramiento (excepto en estaciones pluviométricas en donde no es necesario)[26].

19 Asistidas por un observador capacitado que se encarga de registrar las mediciones.
20 Los gastos anuales de funcionamiento de una EMA bien mantenida representan aproximadamente del 10 % al 20 % de los gastos iniciales. IICA, 2015
21 Otras referencias de instrumentación en el Catálogo de IMN
22 Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura. UNAD , 2020
23 Es la fuerza que ejerce el peso de la columna de aire sobre la superficie del planeta. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2011
24 Guía para el emplazamiento de las estaciones meteorológicas. IDEAM, 2021
25 Se puede consultar las recomendaciones de emplazamiento y clasificación de instrumentos de la OMM en: IDEAM
26 Guía para el emplazamiento de las estaciones meteorológicas. IDEAM, 2021

Paso 4. Uso de datos para decisiones de riego

Utilizando la información suministrada por la estación meteorológica, la persona productora puede planificar diferentes actividades, tales como el pronóstico de plagas y enfermedades, ciclos de siembra, programación de cosecha e irrigación, siendo este último requerimiento relevante en zonas en donde se mantiene un déficit de lluvia que no suple las necesidades del cultivo.

Para poder determinar los requerimientos de agua del cultivo y tomar decisiones en cuanto a la lámina de riego a ser aplicada, la persona productora debe considerar las siguientes variables[27]:

a. Evapotranspiración (ET)

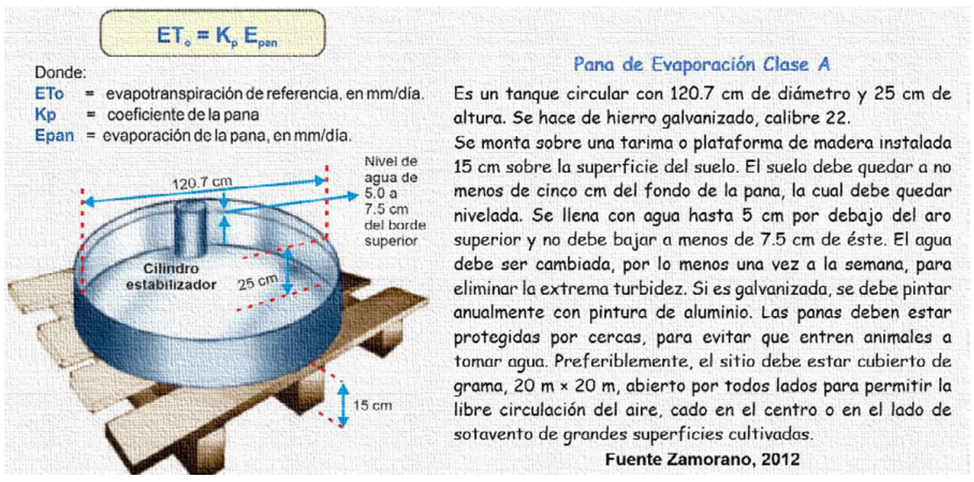
Es el resultado de la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación[28] y mediante transpiración[29] del cultivo.

Esta unidad se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo (horas, días, meses, año) e indica la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. De esta forma en una hectárea (10.000m2) una pérdida de 1mm de agua corresponde a una pérdida de 10m3 de agua por hectárea. Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento.

El concepto incluye:

- Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua. La cual puede ser estimada de diferentes maneras utilizando datos meteorológicos (temperatura, humedad, viento y radiación solar) con el método de FAO Penman-Monteith), mediante el tanque o pana de evaporación o bien con la ayuda de instrumentos y herramientas diseñadas para este fin, como por ejemplo la Calculadora de ETo desarrollada por la FAO.

Si la persona productora cuenta con una estación meteorológica mecánica o convencional, en donde se tiene una pana de evaporación clase A, entonces puede determinar la ETo, mediante la aplicación de la formula[30] indicada en la figura 1. Tomando en cuenta que el tanque proporciona una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua.



Fuente: Zamorano, 2012.

Figura 1. Fórmula para determinación de ETo.

- Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estandar (ETc). Refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo con las condiciones climáticas reinantes.

b. Coeficiente de cultivo (Kc)[31]

El valor de Kc depende del cultivo (especie e incluso variedad), de su ciclo vegetativo, y de su fenología, así como de las condiciones específicas del cultivo en la explotación (densidad de población, orientación de las líneas, etc.) y de las condiciones climáticas locales. Por tanto, este coeficiente varia a lo largo del ciclo de cultivo, creciendo desde los valores más bajos en el período inicial (siembra o trasplante) a lo largo de la fase de crecimiento vegetativo, alcanzando los valores más altos en el período de máximo desarrollo (máximo sombreado del suelo) y decreciendo en la maduración o senescencia.

Una vez se realiza el cálculo del requerimiento de agua del cultivo (aplicando la siguiente ecuación), la persona productora puede valorar la programación de riego para los siguientes días[32], teniendo en cuenta que otras variables relacionadas con el sistema de riego, el tipo de suelo, y el uso de herramientas de medición de humedad[33] en campo, entre otras, suponen un importante apoyo para optimizar la lámina a ser aplicada.

Por otro lado, la persona productora también puede apoyarse en diferentes herramientas elaboradas por la FAO, tales como CLIMWAT *(base de datos climática)* que utilizada en combinación con CROPWAT *(programa informático para el cálculo de los requisitos de riego y agua de los cultivos en función de los datos del suelo, el clima y los cultivos)* permite el cálculo de los requisitos de agua de los cultivos, el suministro de riego y la programación del riego para varios cultivos para una variedad de estaciones meteorológicas en todo el mundo.

27 Evapotranspiración del cultivo -Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO 2013.
28 La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). FAO 2013.
29 La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. FAO 2013.
30 Kp = Coeficiente del tanque que depende de la humedad relativa mínima, de la velocidad promedio del viento en 24 horas y del tipo de cubertura que se encuentra alrededor del tanque. El coeficiente depende del tipo de tanque usado. Universidad Agraria de Ecuador, 2021
31 Necesidades de agua de riego. Infoagro, 2017.
32 La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidades de agua del cultivo, que refiere a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación. FAO 2013.
33 Ver ficha #26 "Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad".

Paso 5. Capacitación al personal

Para el aprovechamiento real de los productos agrometeorológicos es necesario que tanto la persona productora, como el personal de apoyo en finca puedan contar con las capacidades adecuadas, según su ámbito de trabajo y responsabilidades.

Algunos temas propuestos son:

- Capacitación sobre meteorología y variabilidad climática
- Registros y análisis de datos meteorológicos
- Programación de riego a partir del cálculo de la determinación de evapotranspiración del cultivo.
- Planes de adaptación y sistema de alerta temprana ante riesgos naturales ocasionados por cambios adversos en el clima o eventos meteorológicos extremos

Indicadores de desempeño

- # de días de riego al año en donde se considera como base de desición datos meteorológicos.
- # de actividades de adaptación implementadas a partir del análisis de información meteorológica.
- Ahorro anual en combustible y electricidad al programar el sistema de riego a partir de datos de evapotranspiración.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca en registro y análisis de datos meteorológicos
- *Externo:* Profesionales con experiencia en agrometeorología.

Referencia de Costos:

- Una estación meteorológica automatizada tiene un costo entre $700 hasta los $9.200. Instrumentos: anemómetro (desde $125-$500), termómetros (desde los 25$ hasta los 300$ si tienen sensores).
- Tanque de evaporación Tipo A, ronda entre los $1.000 hasta $2.000.
- Deben estimarse además los costos de construir un lugar seguro para la instalación de los instrumentos por lo que se debe conocer el costo de metro lineal de malla galvanizada, postes, entre otros. Precio de referencia $732[34].
- Capacitación por parte de un profesional en sistemas de medición de humedad en el suelo ($250 en adelante).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La necesidad de contar con información de las variables climatológicas en los sistemas agroproductivos ha cobrado relevancia en la actualidad. Conocer el clima y su variabilidad para poder ajustar las prácticas agrícolas a los pronósticos futuros, posibilitan aumentar la eficiencia del sistema, en donde la persona productora tiene la posibilidad de tomar decisiones relacionadas con siembra, cosecha, fertilización, irrigación, control de plagas y enfermedades; así como diseñar planes de adaptación e implementar sistema de alerta temprana.
El uso correcto uso de datos meteorológicos por parte de la persona productora ayuda a incrementar productividad, disminuir costos e impactos ambientales y promover un uso racional de los recursos naturales.

34 40.000 pesos dominicanos. Fuente Finca Rancho Carlos, 2022

Casos de éxito

Rancho Carlos S.R.L es una empresa familiar dedicada a la producción y exportación de piña, ubicada en el municipio de Monte Plata en la provincia de Monte Plata, en República Dominicana. Posee, una extensión de 188 hectáreas las cuales se distribuye en 150 hectáreas cultivadas de piña *(variedad MD-2)* y 38 hectáreas distribuidas entre planta de empaque, oficinas administrativas, áreas remanentes de bosques y una siembra alternativa de limón persa *"Citrus latifolia"* el cual se distribuye en el mercado local.

Rancho Carlos, produce semanalmente en promedio más de cuarenta mil piñas, las cuales comercializan en distintos mercados de Europa, fruta que cuenta con la certificación de Global GAP.

Como parte de las iniciativas de sostenibilidad que promueve la finca, se emplazó años atrás, una estación meteorológica para la lectura y análisis de datos climáticos. La compra del equipo e instalación fue financiada por GIZ, mientras la administración tuvo a cargo el levantamiento de una malla perimetral para resguardar la instrumentación correspondiente, actividad que conllevó a una inversión cercana a los 40.000 pesos dominicanos.

El proyecto tuvo como objetivo, promover una toma de decisiones más eficiente, en cuanto a la programación de aplicaciones de productos fitosanitarios y fertilizantes foliares, buscando disminuir riegos por deriva y lixiviación química hacia el medioambiente, evitando así efectos contaminantes.
Por otro lado, la información meteorológica, ha sido utilizada para la predicción de momentos críticos de la producción tales como: inducción natural, cosecha, presión de plaga y enfermedades según cambios en los patrones del clima (aumentos o descensos en precipitación). Los datos son almacenados en una nube, con lo cual se facilita su disponibilidad para los diferentes usuarios.

Casos de éxito

Universidad Earth en su campus Guácimo, Limón, Costa Rica, cuenta con una finca comercial de banano de 400 hectáreas netas, la cual está integrada por 4 bloques de cultivo separados geográficamente; áreas productivas que limitan con diferentes ecosistemas naturales, principalmente ríos y quebradas que son parte integral de la cuenca del Río Parismina. Actualmente está certificada bajo el estándar vigente de Rainforest Alliance.

Como parte de las prácticas de agricultura de precisión, la finca cuenta con dos estaciones meteorológicas automáticas (EMA), las cuales proveen información relevante para la toma de decisiones en diversas actividades:

a. Programación de la actividad de fertilización

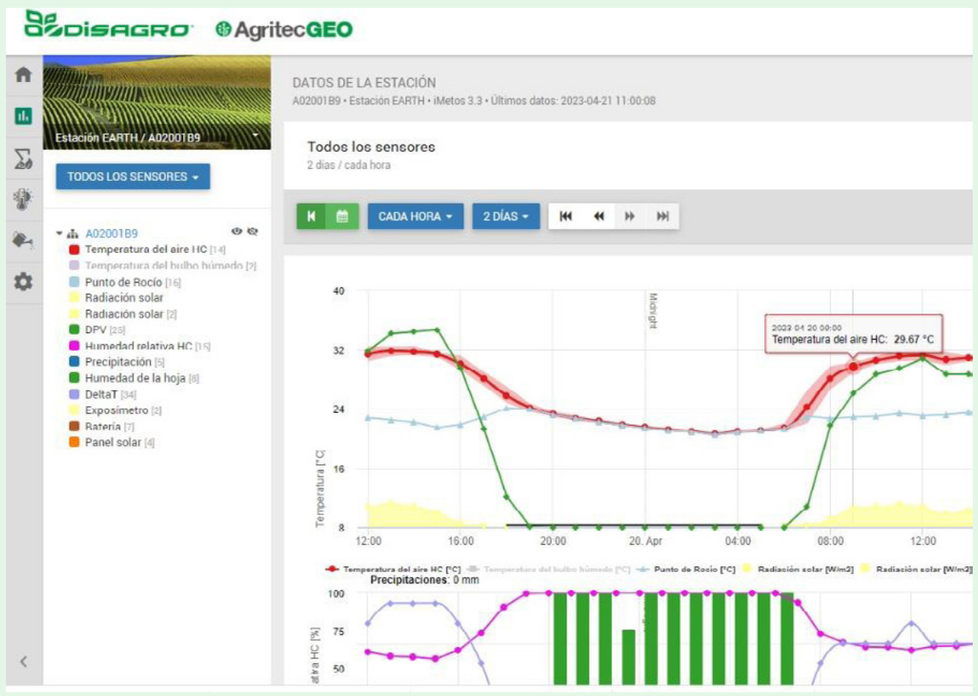
Las aplicaciones de fertilizante edáfico se realizan considerando los periodos de mayor o menor precipitación. Por ejemplo, las aplicaciones de nitrato de calcio se llevan a cabo en época seca, al ser una fuente muy soluble.

b. Control de nematodos

Previo al ciclo de control la administración analiza la condición de capacidad de campo para poder decidir si es adecuado o no realizar aplicaciones de nematicidas, buscando una mayor eficiencia al momento de aplicar el producto. Cabe indicar que la finca ha realizado esfuerzos importantes, para disminuir el uso de nematicidas de alta toxicidad, especialmente en el bloque 4.

c. Programación de la fumigación aérea

La finca utiliza información meteorológica para determinar la periodicidad y número de los ciclos de aplicación de fungicidas para el control preventivo del hongo de la Sigatoka "*Mycosphaerella fijiensis*". De esta forma, datos como precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y humedad en la hoja, son utilizados para determinar a corto plazo la necesidad de control del hongo, utilizando como ayuda un modelo de afectación creado por el Ingeniero Hernán Vílchez, el cual analiza las horas de exposición del cultivo a valores críticos *(humedad mayor al 90%, temperatura entre 22 y 28 grados, entre otros)*, utilizando para ello un sistema de alarma tipo semáforo *(rojo, amarillo y verde)* que proyecta la incidencia de la enfermedad a 9 semanas. Por otro lado, la administración también realiza comparaciones de datos históricos *(durante la misma semana de cada año)* de diversas variables climáticas y realiza proyecciones del comportamiento de la enfermedad y como ésta podría afectar a futuro la condición fitosanitaria del cultivo.



Referencias

[1] Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. v29n03_695.pdf (mag.go.cr)
[2] La agricultura y los recursos naturales. Background Paper: Agriculture and Natural Resources Sector (iadb.org)
[3] Agrometeorología. Agrometeorología - Instituto Meteorológico Hidrológico de Panamá (hidromet.com.pa)
[4] Agricultura climáticamente inteligente. Agricultura climáticamente inteligente (bancomundial.org)
[5] Agricultura climáticamente inteligente. Agricultura climáticamente inteligente | Portal de apoyo a las políticas y la gobernanza | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura | Policy Support and Governance | Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org)
[7-13-14-20] Manual de buenas prácticas para la generación, el almacenamiento y la difusión de informática climática en instituciones y organismos del MERCOSUR. BVE17038646e.pdf (iica.int)
[8] Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura. (PDF) Importance of meteorological stations for decision making in agriculture. Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura. (researchgate.net)
[9-10] Manual de riego y drenaje. Modulo 5 manual de riego y drenaje (se.gob.hn)
[17] Guía de gestión de datos y diseño de redes de monitoreo comunitarios para el seguimiento del clima. Documento de buenas prácticas para la implementación de una red meteorológica básica, la instalación de pluviómetros, sus mediciones, así como captura, trasmisión y gestión de los datos de lluvia para análisis básicos para la toma de decisiones. (usaid.gov)
[18] ¿Qué es una estación meteorológica? Estaciondemeteorologia, 2019
[22] Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura. (PDF) Importance of meteorological stations for decision making in agriculture. Importancia de las estaciones meteorológicas para la toma de decisiones en la agricultura. (researchgate.net)
[23] Estación meteorológica. https://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/C9_Estacion_meteorologicaR.pdf
[24-26] Guía para el emplazamiento de las estaciones meteorológicas. http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/561097/m-gdi-m-g006+gu%c3%8da+para+el+emplazamiento+de+las+estaciones+meteorol%c3%93gicas+v2.pdf/bad6cbec-4dda-4567-87f6-0e437210f97a?version=1.0
[27-28-29-32] Evapotranspiración del cultivo- Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. 01-Contents (fao.org)
[30] Eficiencia del uso del agua en la producción del cultivo de banano (Musa Cavendish AAA.) en la parroquia el cambio provincia de el oro. Prado Maza Juan Jose.pdf (uagraria.edu.ec)
[31] Necesidades de agua de riego. Infoagro, 2017. https://mexico.infoagro.com/necesidades-de-agua-de-riego/#:~:text=En%20zonas%20c%C3%A1lidas%20y%20cuando,de%2045%20a%2060%20cb.

Otras consultas:

- Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf
- Guía del Sistema Mundial de Observación. Guía del Sistema Mundial de Observación (wmo.int)

Sustitución de refrigerantes según potencial de calentamiento global

14

Categoría B

Upala Agrícola, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

12 Estimación de huella de carbono
15 Fuentes de energía renovable y alternativa

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.8.1- Guía N de Eficiencia Energética, 6.9.1- Guía O de Reducción de Emisiones de GEI.

ISO14064-1:14064-1:2018
Especificación con orientación, a nivel de organización para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de GEI.
Requisitos: 6 y 7

ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
Requisitos: 6.1.2 y 8.1

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

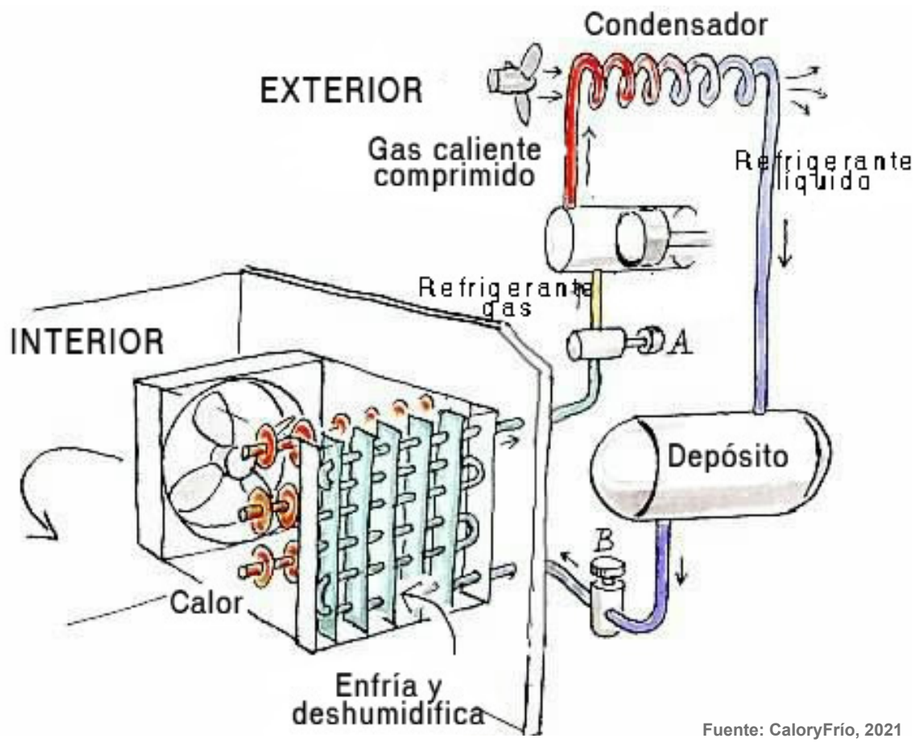
Sustitución de refrigerantes según potencial de calentamiento global

FICHA 14

Descripción de la medida

La búsqueda de condiciones adecuadas de temperatura para disminuir el grado de actividad microbiana, ralentizar los procesos de maduración de alimentos, así como generar confort térmico a los ocupantes dentro de las instalaciones son sólo algunos ejemplos de los usos dados a la refrigeración en el mundo actual.

Sistemas como aires acondicionados, refrigeradoras, dispensadores de agua fría, congeladores, cámaras de maduración, contenedores y buques de carga refrigerados corresponden a elementos de la cadena de valor en la producción de piña y banano, los cuales utilizan gases refrigerantes para su funcionamiento.
En sí la refrigeración es un proceso que extrae el calor de un ambiente y lo traslada a otro, consiguiendo que este primer punto se enfríe.



Fuente: CaloryFrío, 2021

Técnicamente, esto se logra dentro de un circuito cerrado basado en un fluido refrigerante, el cual recibe una transformación de estado líquido a gaseoso a través de un equipo evaporador, para posteriormente, tomar el calor del interior de la zona que se desea enfriar, y finalmente convertirse nuevamente en liquido por medio del equipo condensador (Iturbe, 2022[1] e ICE, 2014[2])

Esta industria ha sufrido una evolución importante, debido no sólo a los compromisos relacionados con la seguridad humana, sino también producto de los impactos ambientales nocivos percibidos por la liberación de estas sustancias, lo cual nos lleva a contar con cuatro "generaciones" de refrigerantes a lo largo del tiempo.

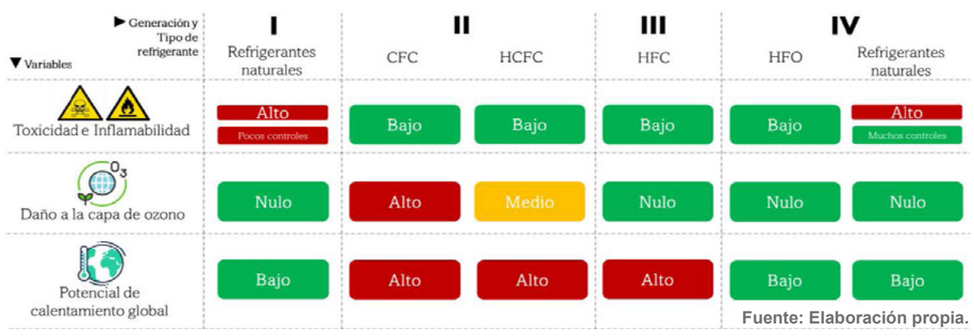
1 En qué consiste la refrigeración. CaloryFrío, 2022
2 Buenas prácticas de eficiencia energética para refrigeración industrial. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). 2014.

Los **primeros refrigerantes** utilizados a nivel mundial fueron sustancias tales como cloruro de etilo, dióxido de azufre, amoniaco y dióxido de carbono (**refrigerantes naturales**), sin embargo, en esas épocas se carecían de controles tecnológicos, por lo que fueron descartados por su toxicidad e inflamabilidad[3]

La **segunda generación de refrigerantes** pretendía dar respuesta a esta problemática sintetizando nuevas sustancias que no fueran tóxicas ni inflamables. De esta forma nacen los **Clorofluorocarbonos (CFC)**, los cuales fueron considerados en su momento como "amigables"[4].

A pesar de su efectividad en función de la seguridad humana, se identificaría que esta nueva categoría de gases contaba con un impacto nocivo sobre la capa de ozono[5], destruyendo parcialmente esta importante barrera de protección del planeta. Posteriormente se sintetizaron refrigerantes clasificados como **Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)**, los cuales sustituyeron parcialmente el uso de los tipos CFC existentes hasta ese momento. Este grupo de sustancias, aunque disminuyeron significativamente el daño sobre la capa de ozono, no lo eliminaron por completo, por lo que se clasifican como sustancias de transición.

La eliminación completa de las sustancias agotadoras de la capa de ozono en el mundo de la refrigeración se logró al constituir un nuevo grupo de sustancias denominadas **Hidrofluorocarbonos (HFC)**. Esta se considera la **tercera generación** de gases refrigerantes, creados para sustituir los CFC y los HCFC. Debido a su nula afectación a la capa de ozono, fueron en su inicio catalogados por parte de la comunidad internacional como "amigables con el ambiente", sin considerar que un impacto ambiental diferente se estaba provocando y de manera significativa. La presencia de flúor en la composición de este tipo de gases (al igual que en los anteriores CFC y HCFC) provoca que estos sean peligrosos gases de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global[6] que puede ser muchas veces mayor al del dióxido de carbono.



Evolución de los gases refrigerantes a través de las 4 generaciones existentes, incluyendo sus impactos en toxicidad, inflamabilidad, daño a la capa de ozono y potencial de calentamiento global.

En respuesta a la problemática mundial del cambio climático se establece como punto de partida el Protocolo de Kioto, buscando controlar tanto a los HFC como a otros gases de efecto invernadero. Derivado de este, se han emprendido una serie de mejoras, entre las cuales se encuentra la eliminación de este tipo de sustancias y el traslado a gases de bajo o nulo potencial de calentamiento global. Esto ha incluido el regreso a la primera generación de refrigerantes **(refrigerantes naturales)**, considerando que el avance tecnológico actual ha permitido contar con amplias medidas de seguridad y control para evitar la afectación de la salud humana. Paralelamente, se han desarrollado nuevas sustancias denominadas **Hidrofluoroolefinas** (HFO), las cuales cuentan con un potencial de agotamiento de ozono igual a cero y un bajo potencial de calentamiento global, siendo soluciones de menor impacto con respecto a los gases fluorados tradicionales.

A nivel mundial se han establecido plazos de eliminación para la fabricación de los refrigerantes de segunda y tercera generación. Actualmente ya se cuenta con restricciones de producción de sustancias tipo CFC y HCFC, y a partir del 2019 se ha iniciado la eliminación gradual de gases tipo HFC. Si bien en Latinoamérica aún existe un uso importante de estos tres tipos de refrigerantes, es claro que este tipo de iniciativas nos llevarán a la eliminación pronta de estas sustancias.

El recorrido histórico presentado anteriormente pretende enfatizar en las lecciones aprendidas a lo largo del tiempo, en donde las decisiones que se han tomado para solventar un problema han acarreado a su vez nuevos inconvenientes al no haberse analizado de manera integral sus implicaciones. La información científica disponible nos permite concluir que los gases tipo CFC, HCFC y HFC cuentan con impactos ambientales significativos, por lo que se debe evitar su uso. En su lugar se cuenta con nuevas tecnologías tales como los **refrigerantes naturales y los HFO**, los cuales actualmente poseen altos niveles de seguridad en el manejo, así como impactos ambientales reducidos con relación al agotamiento de la capa de ozono y al calentamiento global.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Conlleva a una nula afectación a la capa de ozono: los gases refrigerantes naturales, así como los HFO no producen ningún tipo de afectación a la capa de ozono, en comparación con los gases tradicionales tales como los CFC y HCFC.
- Reduce las emisiones de gases de efecto invernadero: los gases refrigerantes naturales, así como los HFO cuentan con potenciales de calentamiento global reducidos en comparación con gases tipo HFC, CFC y HCFC.
- Favorece una menor presión sobre los recursos existentes: los avances tecnológicos en la industria de refrigeración no solamente han contribuido a contar con gases refrigerantes de menor impacto ambiental, sino que también se asocian a equipos de alta eficiencia en el consumo de energía eléctrica, reduciendo la presión sobre los recursos existentes.

Beneficios para la persona productora:

- Disminuye costos económicos al utilizar nuevos sistemas de refrigeración que incorporan mecanismos tecnológicos de programación según requerimiento térmico. Esto incluye la incorporación de programas que controlan el sistema de refrigeración, encendiéndolo o apagándolo en función de los requerimientos de temperatura del producto o recinto. Esto reduce el nivel de uso de la energía eléctrica para la refrigeración, lo que implica a su vez una disminución en el costo económico asociado[7]
- Facilita el alineamiento con requerimientos internacionales: a nivel europeo ya existe reglamentación que limita el uso de los gases refrigerantes tradicionales tales como los CFC, HCFC y HFC. Para esto se han establecido periodos de transición hacia las nuevas tecnologías con el uso de gases refrigerantes naturales o en su defecto, de la categoría HFO. Es previsible que estos requerimientos sean trasladados al corto plazo por parte de los clientes.

---

3 Evolución de los fluidos refrigerantes. Sanguinetti, E. 2020.
4 Formación y destrucción del ozono estratosférico. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2007.
5 El término "capa de ozono" describe la zona de mayor concentración de moléculas de ozono en la estratosfera. La capa, que tiene un grosor de 10–20 Km envuelve a todo el planeta como una burbuja y actúa como filtro contra la dañina radiación ultravioleta (UV) producida por el sol. Mundo GEO, 2020.
6 El potencial de calentamiento global define el efecto de calentamiento a lo largo del tiempo que produce la liberación de 1 kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO^2. Por ejemplo: la liberación de 1 kg de CH^4 provoca un efecto de calentamiento 21 veces superior al CO2, siendo este valor el potencial de calentamiento global del metano-. GreenFacts, 2001
7 Huella de Carbono de la cadena de Suministro de Banano. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2018

- Mejora en la imagen corporativa: la selección de insumos de bajo impacto ambiental durante su operación fortalece la imagen de responsabilidad en todos los rangos de acción ambiental hacia los clientes y proveedores.

Metodología de implementación de la medida

La gestión integral de los gases refrigerantes debe abarcar 5 procesos diferentes: el establecimiento y aplicación de una política corporativa que integre elementos claves para la compra, mantenimiento y disposición de equipos de frío; la búsqueda y consideración de información técnica sobre el equipo previo a su adquisición; el seguimiento y mantenimiento recurrente de los equipos durante su operación; así como la aplicación de prácticas adecuadas durante el retiro o sustitución del equipo y la gestión final de residuos asociados. A continuación, se detallan los métodos que deberían ser aplicados para cada uno de los 5 pasos señalados:

Paso 1. Establecimiento de una política corporativa para el manejo de equipos de frío:[8]

Una política corporativa se refiere a un conjunto de principios establecidos como compromisos, en los cuales se visibilizan las intenciones de la finca para aplicar las mejores prácticas con el fin de disminuir los impactos asociados a los equipos de frío. La política constituye la base para establecer objetivos relacionados con este tipo de equipos, con los cuales se puede llegar a desarrollar acciones para obtener los resultados previstos: menor impacto ambiental posible y mayor eficiencia en el uso de recursos.

Para lograrlo, es necesario contemplar compromisos en todas las etapas del ciclo de vida de los equipos de frío, incluyendo los procesos de selección y compra, uso y mantenimiento, así como la disposición adecuada de los equipos al cumplir con su ciclo de vida útil.

El establecimiento de la política corporativa en estos términos, podría desencadenar en la aplicación de planes progresivos para la sustitución de equipos de frío y la incorporación de proveedores para el mantenimiento de equipos instalados, entre otras prácticas relacionadas. Es importante procurar que esta política se mantenga de forma documentada, se comunique dentro de la finca y se encuentre disponible ante cualquier parte interesada.

Fuente ECOEMBES, 2017

Paso 2. Selección del equipo de refrigeración a adquirir

La selección de un sistema de refrigeración es una tarea que debe cumplir con tres premisas fundamentales: seguridad, menor impacto ambiental posible y eficiencia energética.

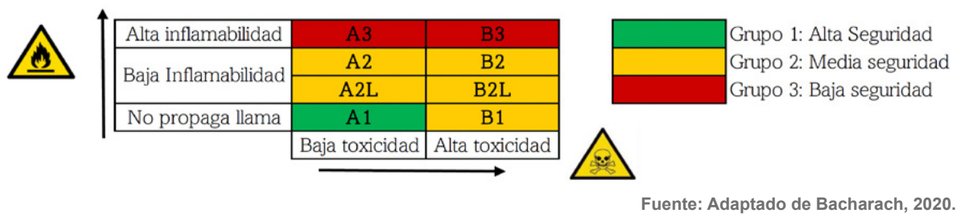
a. Desde el punto de vista de seguridad

Es relevante analizar valores de toxicidad e inflamabilidad de los gases refrigerantes asociados. Para estos efectos la Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) ha establecido un método de identificación conformado por una letra seguido de un número (por ejemplo, A3)[9]; en donde el primer elemento muestra la toxicidad y el segundo la inflamabilidad.

Aplicando este método de clasificación, se tiene:

- Dos clases de toxicidad: menor toxicidad (clase A) y mayor toxicidad (clase B).
- Cuatro niveles de inflamabilidad: refrigerantes clase 3 son altamente inflamables, los de clase 2 se consideran con inflamabilidad media, los de clase 2L son levemente inflamables y clase 1 no cuentan con esta propiedad.

Un resumen de la clasificación en función de la inflamabilidad y toxicidad de los refrigerantes se presenta en la figura 1. En la tabla 1, se describen valores de seguridad para los principales gases refrigerantes utilizados en la agroindustria. La lista completa es publicada por ASHRAE.



Fuente: Adaptado de Bacharach, 2020.

Figura 1. Clasificación del grupo de seguridad de refrigerantes.

Recomendación final con respecto a la seguridad: a la hora de seleccionar el equipo a adquirir es importante revisar la clasificación de seguridad del refrigerante, dando preferencia a aquellas categorías de mayor seguridad (A1). En caso de que la persona productora ya cuente con dispositivos cuya categoría es de menor seguridad, es necesario verificar cuáles son las medidas establecidas en el equipo para evitar afectaciones a la salud, tales como los sistemas de circulación y confinamiento de gases, los elementos de notificación y alerta en caso de fallo, así como la implementación de sistemas de detección de fugas y alarma de ser necesario. Este aspecto podría ser supervisado por medio de las prácticas de revisión y mantenimiento preventivo.

b. A nivel de impactos ambientales

Existen dos elementos fundamentales a considerar: el potencial de agotamiento del ozono (PAO) y el potencial de calentamiento global (PCG). Por un lado, el agotamiento del ozono se asocia al uso de refrigerantes de la categoría CFC y HCFC, siendo ejemplos tradicionales de estas categorías los gases R11 (CFC), R12 (CFC) y R22 (HCFC). En la tabla 1 se describen valores potenciales de agotamiento de ozono para los principales gases refrigerantes utilizados en la agroindustria. Para la identificación de otros casos es fundamental revisar la ficha técnica del producto o identificar información bibliográfica de respaldo (ver ejemplo en la figura 2). Los mayores valores con este índice se asocian directamente a los mayores impactos con respecto al agotamiento de la capa de ozono.

8 Ejemplos de equipos de frío: aires acondicionados en oficinas y vehículos, refrigeradoras, dispensadores de agua fría, congeladores y cámaras de maduración.
9 Comprensión de la clasificación de seguridad de refrigerantes. Bacharach, 2020.

	R-410A	R-32
Composición	Mezcla de 50% R-32 + 50% R-125	R-32 puro (sin mezcla)
GWP (Potencial de calentamiento global)	2.087,5	675
ODP (Potencial de destrucción de ozono)	0	0

Figura 2. Ejemplo de ficha técnica de aire acondicionado tipo "Minisplit". En imagen izquierda se observa el tipo de equipo y gas refrigerante confinado y en imagen derecha las características de impacto de dicho refrigerante. Daikin, 2015

Con respecto al potencial de calentamiento global, este impacto ambiental se encuentra presente en todos los tipos de gases refrigerantes existentes, abarcando desde los refrigerantes naturales hasta los halones. A pesar de esto, cada sustancia cuenta con un potencial de calentamiento diferente, provocando un mayor o menor impacto por una misma cantidad de gas liberado. Valores mayores sobre este índice refieren a un mayor impacto en función del calentamiento global. En la tabla 1, se describen valores potenciales de agotamiento de ozono para los principales gases refrigerantes utilizados en la agroindustria. Para la identificación de otros casos se pueden consultar las publicaciones emitidas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)[10].

Recomendación final con respecto a impactos ambientales: inicie identificando los valores potenciales de agotamiento de ozono y calentamiento global del refrigerante asociado. Se preferirán valores de 0 para afectaciones a capa de ozono, así como los valores inferiores (cercanos a 1) para el calentamiento global.

Refrigerante	Tipo	Clasificación ASHRAE seguridad	Potencial de Agotamiento del Ozono (PAO)	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
R11	CFC	A1	1	4660
R12	CFC	A1	1	10200
R22	HCFC	A1	0,05	1760
R134a	HFC	A1	0	1300
R407c	HFC	A1	0	1624
R410a	HFC	A1	0	1924
Amoniaco	Natural	B2L	0	0
Dióxido de carbono	Natural	A1	0	1
Propano (R290)	Hidrocarburo	A3	0	3
Isobutano (R600a)	Hidrocarburo	A3	0	3
R1234yf	HFO	A2L	0	4
R1234ze	HFO	A2L	0	0

Fuentes: Myhre et al., 2013; Engineering ToolBox, 2008; Rippon y Czajko, 2019.

Tabla 1. Valores de seguridad, potencial de agotamiento del ozono y potencial de calentamiento global de los principales gases refrigerantes utilizados en agroindustria.

c. Respecto a la eficiencia energética

Existen coeficientes diseñados para analizar el desempeño energético de los equipos. Uno de los índices de mayor uso a nivel global corresponde al COP (Coefficient of performance o coeficiente de desempeño), el cual es una relación entre la energía que entra en el equipo y el calor que entrega. Entre más alto es el valor del COP, mayor será su eficiencia[11]. Diferentes normas de eficiencia energética señalan como valor de referencia un COP mínimo de 2,8 a 3 para aquellos catalogados como de alta eficiencia energética, por ejemplo, certificaciones LEED[12] y RESET[13] para edificaciones sostenibles.

Recomendación final con respecto a eficiencia energética: la persona productora puede buscar la identificación de los valores de coeficiente de desempeño (COP) para analizar si este supera el valor de 2,8 (lo cual sería considerado como equipo de alta eficiencia energética). Se pueden utilizar otros mecanismos de clasificación de eficiencia energética para este análisis, tales como la escala SEER (Ratio de Eficiencia Energética de Temporada por sus siglas en inglés), la cual relaciona la cantidad de frío que un equipo puede brindar de acuerdo a cada vatio de electricidad consumido, derivándolo en una escala que va de A+++ (alta eficiencia) hasta G (baja eficiencia), plasmándolo en etiquetas de fácil interpretación (ver figura 3).

	RENDIMIENTO EN REFRIGERACIÓN	RENDIMIENTO EN CALEFACCIÓN	ETIQUETA
BUENA EFICIENCIA	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10	A+++
	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10	A++
	5,60 ≤ SEER < 6,10	4 ≤ SCOP < 4,60	A+
	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4	A
	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40	B
	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10	C
CONSUMO MODERADO	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80	D
	3,10 ≤ SEER 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50	E
CONSUMO ALTO	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20	F
	SEER < 2,60	SCOP < 1,90	G

Fuente: TECAM, 2016

Figura 3. Escala de SEER (Ratio de Eficiencia Energética de Temporada).

Paso 3. Seguimiento y mantenimiento de los equipos de refrigeración

El mantenimiento de un equipo de refrigeración es esencial para garantizar óptimas condiciones de funcionamiento con el fin de mantener su rentabilidad y prolongar su vida útil. La importancia radica en la prevención de averías, que puedan afectar económicamente en gastos materiales, pérdidas de producción e incluso provocando posibles daños humanos y ambientales. A través de los mantenimientos preventivos, la persona productora puede mantener la calidad y capacidad de operación de los equipos y garantizar operaciones sostenibles económicamente a largo plazo por medio de inversiones periódicas.

Los **mantenimientos preventivos** deben ser realizados por personal competente en la materia y deben incluir al menos la limpieza de filtros de la unidad interna, limpieza de tubos de desagüe, verificación del estado de los soportes del equipo, revisión y eliminación de posibles obstrucciones al paso del

8 Ejemplos de equipos de frío: aires acondicionados en oficinas y vehículos, refrigeradoras, dispensadores de agua fría, congeladores y cámaras de maduración.
9 Comprensión de la clasificación de seguridad de refrigerantes. Bacharach, 2020.
10 El Quinto Reporte de IPCC constituye el último oficializado en el mundo, el documento incluye la lista completa de potenciales de calentamiento Global. IPCC 2018.
11 COP bomba de calor: medir el coeficiente de rendimiento. Junkers, 2016.
12 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) corresponde a uno de los sistemas de clasificación de edificios ecológicos más utilizados en el mundo. Es administrado por el Green Business Certification Inc. (GBCI)
13 La certificación RESET se basa en la Norma Técnica INTE C170. Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico.

aire, limpieza general de la unidad interior, revisión y limpieza de la unidad exterior, revisión y control de presiones y la comprobación de ausencia de fugas de refrigerante[14].

Con relación a la frecuencia de aplicación de estas prácticas, el número de mantenimientos que se deben realizar durante un año depende en gran medida del uso que se le da al equipo (cantidad de horas al día) y a las condiciones del sitio donde se encuentra ubicado. Por ejemplo, si el equipo se encuentra expuesto a factores externos como el polvo y tierra, el mantenimiento se debe hacer con mayor frecuencia. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda realizar el mantenimiento preventivo en los siguientes periodos[15]:

- Equipos con uso moderado (6 a 8 horas diarias y condiciones externas normales) realizar cada 6 meses.
- Equipos con uso intensivo y condiciones externas normales (10 a 24 horas diarias), se recomienda cada 4 meses.
- Equipos de relevancia crítica para la operación de finca, con uso intensivo y condiciones externas de alta afectación, se recomienda cada 3 meses con seguimiento constante a nivel interno.

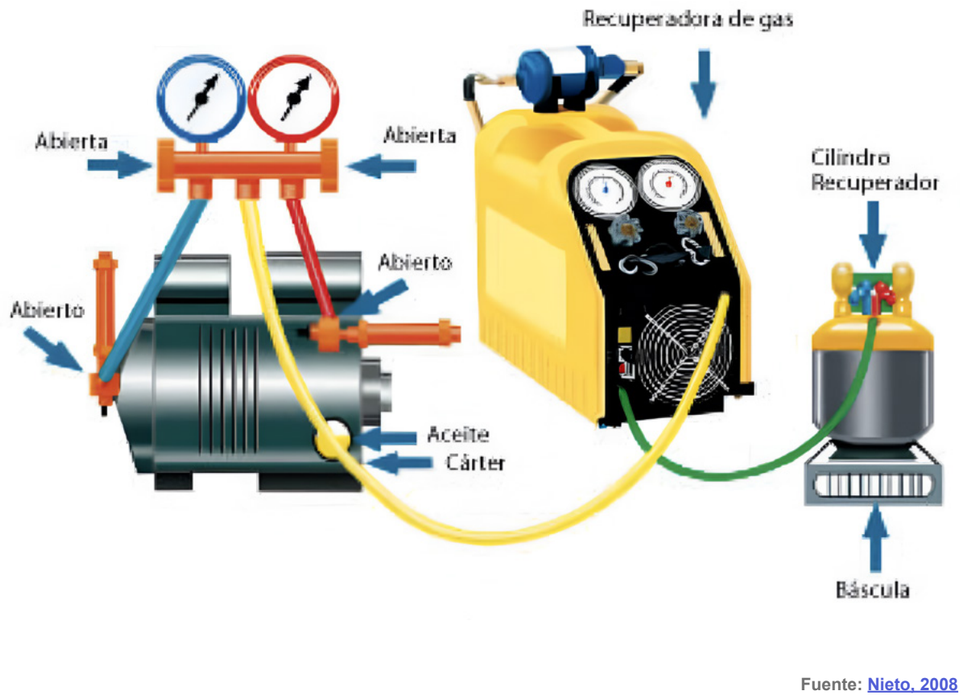
Si bien la revisión y el mantenimiento periódico de los equipos reduce la probabilidad de fallo, es claro que la posibilidad de que un equipo de frío presente un problema no es descartable del todo. En caso de que se perciban daños o problemas en los equipos es importante contactar personal capacitado en la materia, para proceder con la revisión y el respectivo mantenimiento correctivo. Asimismo, el registro documental de los eventos o daños presentados por cada equipo resulta indispensable, para tomar futuras decisiones con respecto a la sustitución o cambio de equipos que han presentado mayor cantidad de problemas en su funcionamiento. En este punto también se debe solicitar al proveedor del servicio de mantenimiento que detalle dentro de sus reportes de trabajo, los tipos y la cantidad de gas refrigerante recargada (en caso de darse). Esto permitirá establecer métricas con respecto a los impactos ambientales asociado a esta liberación.

Paso 4. Prácticas a aplicar durante el retiro o sustitución de equipos

El retiro de un equipo de refrigeración constituye una práctica con un riesgo ambiental alto, pues en caso de no ejecutarse adecuadamente el gas refrigerante confinado podría ser liberado al 100%, provocando una afectación a la capa de ozono y/o en calentamiento global (según sea el gas refrigerante del que se trate). Esto implica el uso de personal capacitado técnicamente para la ejecución de estas prácticas específicas.

Para la eliminación de un equipo se recomienda extraer todo el refrigerante que se localiza en el equipo y en la red misma. Para esto, el personal técnico competente puede utilizar equipos de recuperación de gas (ver figura 4). Si el gas refrigerante, se encuentra en buenas condiciones, se puede almacenar para reutilizar de nuevo en equipos que estén usando el mismo gas o en caso contrario mantener confinado hasta que pueda ser gestionado como residuo[16].

El almacenamiento temporal de los cilindros de refrigerante debe realizarse en un lugar fresco, limpio y ventilado, de preferencia techado, colocándose señalamientos del tipo de material que se está resguardando y sus especificaciones.



Fuente: Nieto, 2008

Figura 4. Proceso de recuperación de refrigerante en fase gaseosa.

Es importante asegurar que las áreas destinadas para el almacenamiento de los cilindros cuenten con extintores de clase A, B y C para cubrir cualquier posibilidad de incendio. Asimismo, el acceso a las zonas de almacenamiento debería restringirse, colocando avisos que prohíban fumar y evitando la utilización de fuentes potenciales de ignición. Otra regla que debe aplicarse es la de almacenar los cilindros a nivel de suelo y nunca en sótanos, además de hacerlo en posición vertical y con fácil acceso[17].

Paso 5. Gestión final de residuos generados

Los residuos de gases refrigerantes deben ser recuperados y almacenados temporalmente para su posterior destrucción. Esta destrucción debe realizarse de forma responsable, por medio de un gestor especializado en este tipo de prácticas. A nivel de Latinoamérica, la experiencia y tecnología para la destrucción de refrigerantes es incipiente, siendo el proceso más utilizado la incineración a alta temperatura[18] , mediante hornos cementeros y el arco de plasma de argón[19]. Los países latinoamericanos que han implementado iniciativas en esta vía corresponden a Brasil, Colombia, Cuba, México, Ecuador, Trinidad y Tobago y Costa Rica[20].

En este punto resulta indispensable que la persona productora elabore mecanismos de registro y control de movimientos en equipos retirados, incluyendo sus características de identificación, así como las cantidades de gas recuperado, almacenado y entregado a los gestores finales de residuos. Esto permitirá comprender si el 100% de los equipos sustituidos fueron gestionados de manera apropiada o si por el contrario es necesario emprender acciones para asegurar la menor liberación posible del refrigerante a la atmósfera. Se sugiere para estos efectos establecer bitácoras de control, registrando las fechas y los detalles de los equipos retirados, incluyendo la cantidad y tipo de gas refrigerante recuperado y destruido.

14 ¿En qué consiste el mantenimiento del aire acondicionado? CaloryFrío, 2022
15 ¿Cada cuánto debo hacerle mantenimiento al aire acondicionado? Refricountry. 2018.
16 Portafolio de mitigación de emisiones de GEI. Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes. Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR). 2019.
17 Almacenamiento y disposición final de refrigerantes. San Juan, D, 2014.
18 Los hornos de cemento existentes y en correcto funcionamiento, pueden destruir la mayoría de los compuestos orgánicos, porque la temperatura en la zona de quemado es mayor a 1.500 °C y el tiempo de residencia de los gases en su interior, es superior a los 7 segundos. MINAE, 2017.
19 El Sistema de Arco Plasma de Argón es una tecnología comercializada y patentada por PLASCON SRL Plasma Limited conjuntamente con la organización de investigación científica e industrial de Commonwealth (CSIRO). Dicha tecnología fue utilizada por primera vez en 1992 para la destrucción de productos químicos orgánicos tratados con cloro. GY, 2022.
20 Análisis de la gestión ambientalmente responsable de refrigeradores y congeladores de uso doméstico en Chile. Fundación Chile, 2021.

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de equipos sin sustancias agotadoras de la capa de ozono.
- Porcentaje de equipos con gas refrigerante natural o de categoría HFO.
- Toneladas de CO_2e anuales debido a las fugas de gas refrigerante presentadas[21].
- Ahorro mensual en $ en el pago de la facturación de energía eléctrica posterior a la compra o cambio de equipos más eficientes.
- Recuperación de gas refrigerante, costo del servicio variable por gestor y país, siendo un aproximado entre los $500 a $2.000[22].
- Tecnología en el país para la destrucción de gas refrigerante recuperado. Precio aproximado según experiencia, en España: $250 para la destrucción de 25 kg de refrigerante[23].

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* personal capacitado para analizar criterios de seguridad, ambientales y de eficiencia energética para la compra de equipos de refrigeración.
- *Externo:* profesionales con experiencia y conocimiento en mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.

Referencia de Costos:

- Mantenimientos preventivos y correctivos: variables según las actividades que se requieran aplicar. El costo de mantenimientos preventivos ronda desde los $40 hasta los $150 por equipo, según las características de cada uno de ellos.
- Compra de equipos de refrigeración: variables según el tipo de equipo. Para aires acondicionados el costo ronda entre $300 a $650 aproximadamente.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Es necesario poner especial atención a las características técnicas de los equipos de refrigeración previo a su adquisición, para de esta forma tomar la mejor decisión en función de los impactos ambientales asociados, elementos de seguridad, así como eficiencia energética. Una vez que los equipos han sido instalados y se encuentran en operación, es de suma relevancia el emprender prácticas de mantenimiento preventivo, de esta forma la persona productora puede asegurar un adecuado funcionamiento de los equipos a través del tiempo, reduciendo los impactos ambientales asociados a fugas de refrigerantes y las afectaciones técnicas al proceso productivo, asegurando el confort térmico del personal.

De igual manera, resultan procesos críticos la desinstalación y sustitución de los equipos de enfriamiento, debido a que el gas confinado en tales sistemas podría ser liberado de forma intencional o accidental durante estos procesos, provocando impactos ambientales adversos. Como último paso es necesario gestionar apropiadamente cualquier refrigerante remanente en los equipos sustituidos luego de que este haya podido ser confinado o recuperado luego de la desinstalación de un equipo.

Casos de éxito

Propuesta de rediseño del sistema de refrigeración a una empresa de la industria piñera en Costa Rica.

En junio 2019 se desarrolló una investigación de grado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (Tencio Piedra, 2019)[24], en la cual se rediseñó el sistema de refrigeración presente en una empresa de recolección, almacenamiento y distribución de piña (no se indica el nombre). Dicho sistema trabajaba originalmente con dos módulos, uno de ellos con gas refrigerante R22 y otro con amoniaco (R717), siendo la propuesta pasar a un sistema que funcionaría solamente con amoniaco (R717). En dicha investigación se buscó evaluar 4 pilares: desempeño energético, costo económico, seguridad e impacto ambiental. Asimismo, se incorporaron análisis de factibilidad financiera para analizar la viabilidad del proyecto.

Como parte de los elementos ambientales considerados se analizó el potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés) y el potencial de agotamiento de ozono (ODP por sus siglas en inglés) determinando un efecto positivo por el uso del gas R717 en sustitución del R22.

Refrigerante	GWP	ODP
R-717	0	0
R-507A	3300	0
R-22	1810	0,055

Refrigerantes según su valor de GWP y de ODP. Fuente: Tencio Piedra, 2019[24].

Asimismo, se analizó el ahorro energético en función de variables tales como el efecto refrigerante (ER), la potencia de compresión (Pc) y el coeficiente de rendimiento (COP) del equipo antiguo, concluyendo de forma integral que, al analizar las 3 variables, el escenario financiero más favorable correspondía al equipo con amoniaco.
Con respecto al criterio de seguridad, se estudiaron las cantidades bajo las cuales la exposición al refrigerante podría ser tóxica y letal cuando fuera inhalada por el ser humano, concluyendo que si bien el amoniaco podría tener condiciones más perjudiciales se podían tomar medidas de seguridad específicas para mantener el control del sistema. Esto incluyó la incorporación de rotulación en sala de máquinas, el uso de equipo de protección personal y el establecimiento de detectores de amoniaco.

21 El cálculo de toneladas de CO2e anuales debido a las fugas de gas refrigerante se realiza a partir de la multiplicación de la cantidad de gas refrigerante fugada por el potencial de calentamiento global. Por ejemplo: si se presentó una fuga de 5 kg de gas R22, la operación de cálculo sería 5 kg * 1760 (Ver tabla de la página 4) = 8800 kg CO2e o su equivalente a 8,8 t CO2e.
22 Procedimiento para recuperar gas refrigerante. Certicalia, 2018.
23 Convenio Kimikal- Gestión de Gases Refrigerantes. Agremia, 2019.
24 Rediseño de un Sistema de Refrigeración de R-22 a Amoniaco (R-717) en una Empresa de la Industria Piñera. Tencio Piedra- TEC, 2019.

Referencias

[1] ¿En qué consiste la refrigeración? https://blog.caloryfrio.com/en-que-consiste-la-refrigeracion/
[2] Buenas prácticas de eficiencia energética para refrigeración industrial. https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/6697507c-82f5-43c0-a6c1-824852a16d6e/Refrigeraci%C3%B3n+web.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lZQ1WqF
[3] Evolución de los fluidos refrigerantes. https://www.acrlatinoamerica.com/201603096353/articulos/refrigeracion-comercial-e-industrial/evolucion-de-los-fluidos-refrigerantes-i.html
[4] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2007. Formación y destrucción del ozono estratosférico. Colombia. http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/formacion-y-destruccion-del-ozono-estratosferico
[5] ¿Qué es la capa de ozono y por qué se recupera ahora? https://www.mundo-geo.es/conocimiento/que-es-capa-ozono-por-se-recupera-ahora_30518_102.html
[6] Potencial de calentamiento global. https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm
[7] Huella de Carbono de la cadena de Suministro de Banano. i6842s.pdf (fao.org)
[9] Comprensión de la clasificación de seguridad de refrigerantes. https://www.mybacharach.com/es/comprender-las-clasificaciones-de-seguridad-de-los-refrigerantes/
[10] Quinto Reporte de IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf (p. 73-79)
[11] COP bomba de calor: medir el coeficiente de rendimiento. https://blog.junkers.es/como-medir-el-coeficiente-de-rendimiento-de-una-bomba-de-calor-de-produccion-de-a-c-s/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20COP%20(Coefficient%20of,%2C5%20%3D%203%2C0.
[14] ¿En qué consiste el mantenimiento del aire acondicionado? https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/mantenimiento-de-aire-acondicionado.html
[15] ¿Cada cuánto debo hacerle mantenimiento al aire acondicionado? https://refricountry.co/2018/07/16/cada-cuanto-debo-hacerle-mantenimiento-aireacondicionado/
[16] Portafolio de mitigación de emisiones de GEI. Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes. https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/08/Gestion-y-uso-seguro-de-refrigerantes.pdf
[17] Almacenamiento y disposición final de refrigerantes. https://0grados.com.mx/almacenamiento-y-disposicion-final-de-refrigerantes/
[18] Manual descriptivo para recolección, acopio y manejo de gases refrigerantes para destrucción. https://drive.google.com/file/d/19_xXkdyKe4SDziHfiX53lSsWvfdYEIVm/view
[19] Sistema de Arco de Plasma de Argón. Destrucción de Gases Refrigerantes | Arco de Plasma de Argón - Gildardo Yañez (gildardoyanez.com)
[20] Análisis de la gestión ambientalmente responsable de refrigeradores y congeladores de uso doméstico en Chile. https://fch.cl/wp-content/uploads/2021/04/gases-refrigerantes_2021_30-03-21.pdf
[22] Procedimiento para recuperar gas refrigerante. Procedimiento para recuperar gas refrigerante (certicalia.com)
[23] Convenio Kimikal- Gestión de Gases Refrigerantes. https://agremia.com/convenio-kimikal/
[24] Rediseño de un sistema de refrigeración de R-22 a amoniaco (R-717) en una empresa de la industria piñera. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10918/rediseno_sistema_refrigeracion_r22_amoniaco.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Otras consultas:

- Advertencias básicas y características más importantes en el funcionamiento del aire acondicionado tipo Split – Segunda parte. https://branatech.com/blog/advertencias-basicas-y-caracteristicas-mas-importantes-en-el-funcionamiento-del-aire-acondicionado-tipo-split-segunda-parte/
- Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf
- Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2013 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf
- Daikin. S.f. Unidades de pared. Emura II y R32 El refrigerante de nueva generación para sistemas de aire acondicionado y bombas de calor. https://www.daikin.es/content/dam/DACS/document-library/pdf-subidos-en-2018/fichas-de-producto-domestico/FTXJ-M_Emura_Ficha%20de%20producto.pdf y https://www.daikin.eu/content/dam/document-library/catalogues/ac/split/ftxj-ls/R-32_Focus%20Topic_ECPES15-017A_Spanish.pdf
- Etiquetado y rendimiento energético de equipos según SEER y SCOP. https://tecam-sa.com/rendimiento-energetico-en-climatizacion-eer-seer-cop-y-scop/
- Recuperación, reciclado y regeneración de gas refrigerante. https://www.mundohvacr.com.mx/2008/07/recuperacion-reciclado-y-regeneracion-de-gas-refrigerante/
- Refrigerants - Environmental Properties. https://www.engineeringtoolbox.com/Refrigerants-Environment-Properties-d_1220.html
- Refrigerant Table: Explanation and Glossary of Terms. Microsoft Word - refrigerant_table_explanation_June2019.docx (hrai.ca)

Colaboración de Experto: Ingeniero Forestal.
Manuel Chavarría Vargas
Email: manuelchav_25@hotmail.com

Fuentes de energía renovable y alternativa en finca

15

Categoría B

Quinta Pasadena, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

12 Estimación de huella de carbono
14 Sustitución de refrigerantes según PCG
26 Optimización del sistema de riego (SHM)
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.8.1, 6.8.2, 6.8.3/
Guía N: Eficiencia Energética

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.43

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Criterio: 4.6.1, 4.62

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: AF/7.3.1, 7.3.2 y 7.3.3

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Fuentes de energía renovable y alternativa en finca

FICHA 15

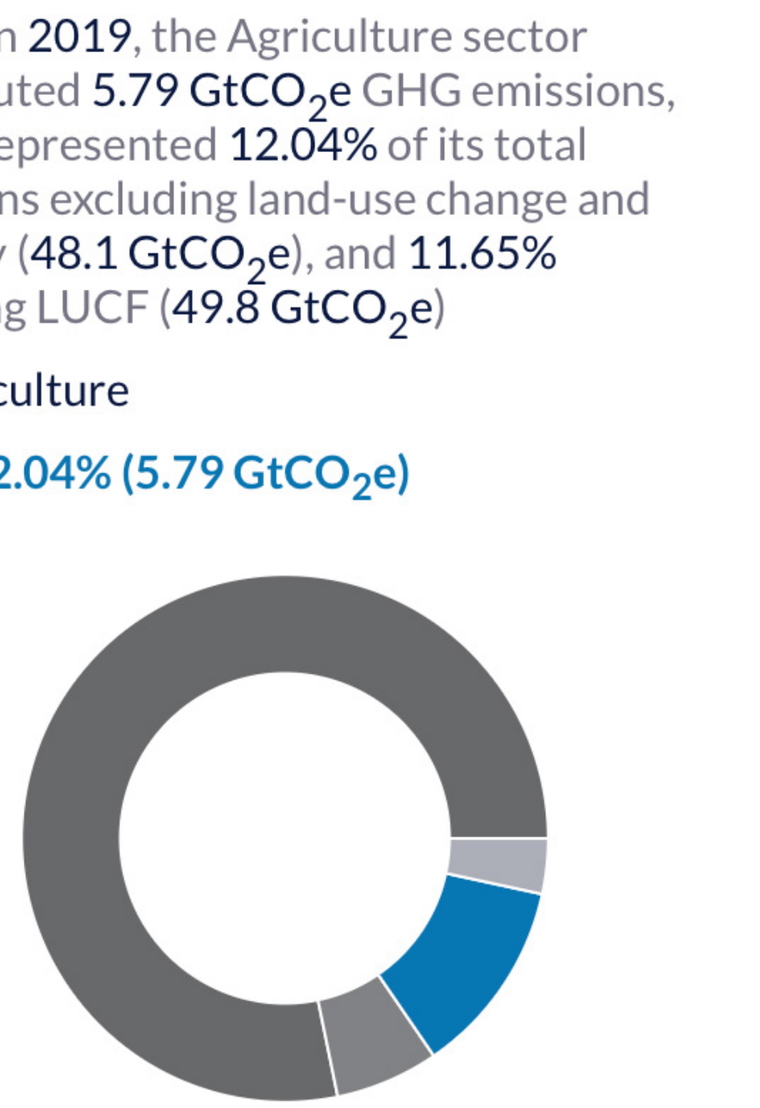
Descripción de la medida

El sistema de energía[1] comprende todos los componentes relacionados con la producción, conversión, suministro y uso de esta. En particular, el sector de suministro energético es el mayor contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo responsable del 32% del total de emisiones antropogénicas mundiales[2].

La agricultura es dependiente de la energía, utilizándose con mayor frecuencia[3] la que proviene de combustibles fósiles[4]. Estos combustibles son necesarios en todos los procesos de producción, desde la siembra en donde se utiliza maquinaria agrícola, hasta actividades como irrigación, mantenimiento de la plantación y cosecha, entre otros.

También se utilizan fuentes energéticas en operaciones de postcosecha como procesamiento, almacenamiento y transporte de los productos agrícolas a los mercados.

La agricultura representó el 12,04% de la emisión global de GEI2 en el 2019.



Fuente: CLIMATEWATCH, 2019

1 Energía es la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía refiere a un recurso natural (incluyendo su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico. Pueden ser no renovables (combustibles fósiles) o renovables (alternativas). ICE, 2020
2 Plataforma en Línea de Climate Watch. Último Dato Actualizado al 2019.
3 Agricultura Inteligente. "FAO". 2011
4 Los combustibles fósiles se forman mediante un proceso de descomposición parcial de la materia orgánica. Se originaron de forma natural por un proceso de falta de oxígeno, lo que hace que permanezca en forma de moléculas orgánicas más (carbón), líquidas (petróleo) o gas (gas natural). Energía Solar.Net, 2020.

Modelos y estudios técnicos[5] aplicados durante el 2009, estiman un agotamiento de las reservas de combustibles fósiles para el petróleo, el carbón y el gas en los siguientes 35, 107 y 37 años respectivamente; lo cual aunado a los problemas ambientales asociados a su uso y los conflictos políticos y sociales en países proveedores con grandes reservas, hace relevante que los diferentes sectores de la sociedad, incluyendo los productivos busquen opciones de energía que permitan reducir costos de producción, mitigando a la vez las emisiones contaminantes, el impacto en el medio ambiente y a la biodiversidad.

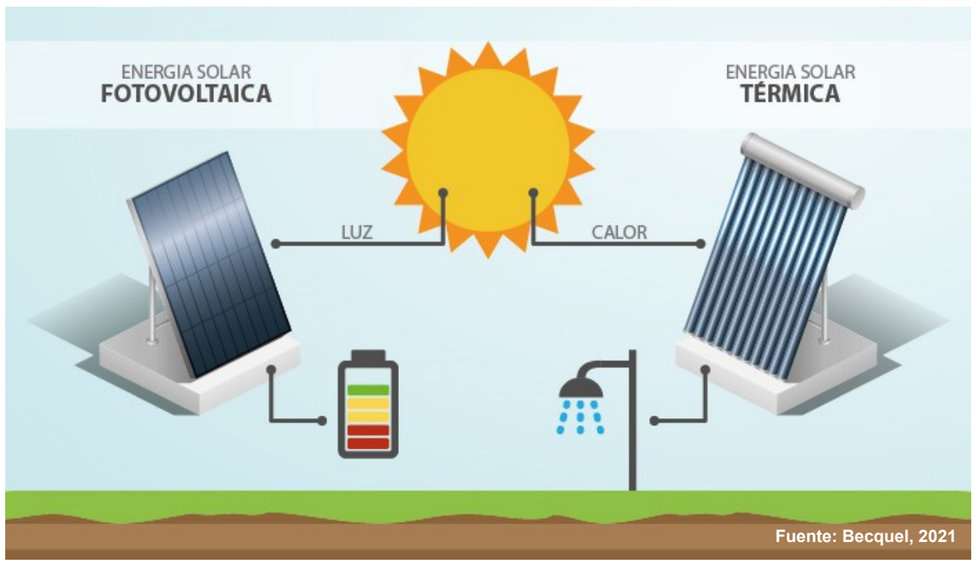
El uso de energías alternativas y renovables, representan opciones viables para la sustitución de energías tradicionales, permitiendo garantizar la sostenibilidad y rentabilidad de la producción a lo largo del tiempo y gestionar programas de eficiencia energética. Para poder implementar estas iniciativas es clave ampliar algunas definiciones básicas:

a. Energía no renovable

Es la energía que proviene de fuentes agotables como el petróleo, el carbón y el gas natural. Los combustibles fósiles son recursos con reservas limitadas, que se agotan con su uso.

b. Energía renovable

Energía que se origina de una fuente natural, de modo continuo e inagotable, como el sol, el viento, el agua o la tierra misma: energía solar, eólica, hidráulica y biomasa, respectivamente.



A continuación, se explican con mayor detalle cada tipo de energía renovable[6]:

- Energía solar: es la que se genera de forma directa por la radiación del sol y se divide en:

- *Fotovoltaica.* Transforma directamente la energía solar en energía eléctrica, la cual se pueden utilizar en conexión con la red de distribución eléctrica o bien en sitios aislados, por medio de sistemas que incluyen baterías.
- *Térmica.* Consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que puede utilizarse para la producción de agua caliente, calefacción u otros.

Para la transformación de energía solar en energía eléctrica o térmica es necesario el uso de equipos apropiados como celdas fotovoltaicas o colectores solares térmicos.

- Energía eólica: es la que se produce gracias al viento, y consiste en la transformación de energía cinética[7] en energía mecánica[8]. El viento es el resultado de diferencias de presión atmosférica provocadas por temperaturas desiguales en diferentes lugares que causan el movimiento del aire.

- Energía hidráulica: Es la energía que se produce por el movimiento del agua. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo proviene de esta fuente[9].

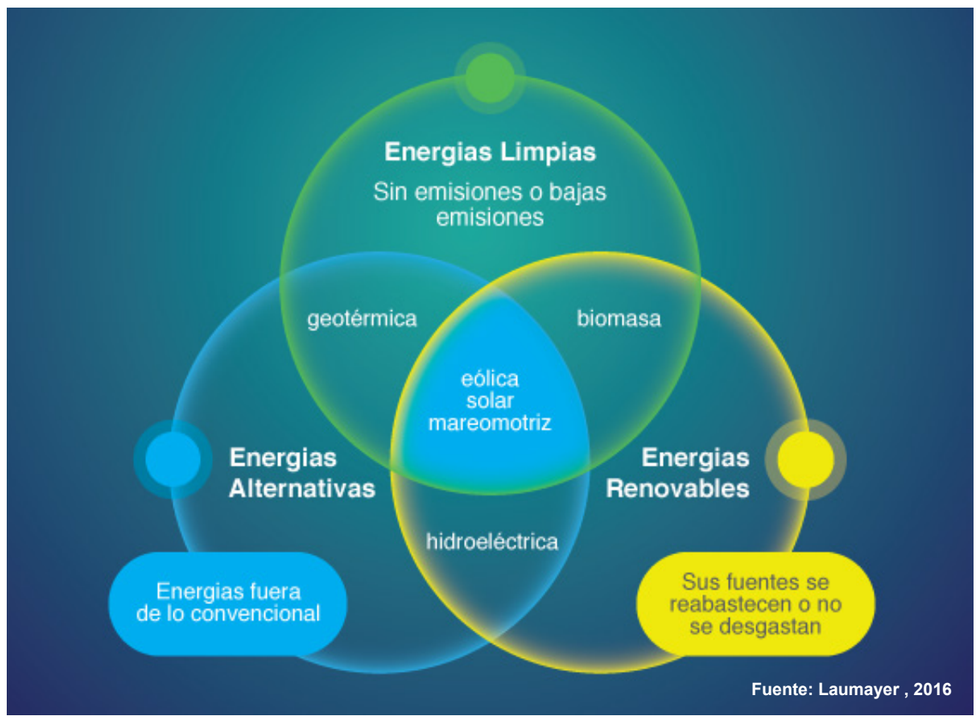
- Energía biomásica: es la que se obtiene de la materia orgánica, como residuos de leña, carbón vegetal, residuos agrícolas, urbanos y el estiércol. Para generar energía se pueden utilizar sistemas convencionales, como calderas, o bien métodos bioquímicos al degradar la biomasa mediante microorganismo para producir biogás.

c. Energía alternativa

Las energías alternativas también pueden ser renovables y limpias[10], incluyen todas aquellas fuentes de energía que son diferentes a las tradicionales (no implica quema de combustibles fósiles) y con un menor efecto contaminante.

d. Eficiencia energética[11]

Se refiere a la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función; teniendo en cuenta el equipamiento y la maquinaria utilizada.



De esta forma los proyectos agrícolas deben buscar promover una gestión eficaz y sostenible de la energía[12], integrando a su dinámica el uso de fuentes renovables y alternativas como base de planificación de iniciativas de eficiencia energética; no sólo con el objetivo de alcanzar metas de ahorro y mejorar competitividad en el mercado internacional; sino también asegurar la disponibilidad de energías a mediano plazo, con el menor impacto social y ambiental posible.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Favorece la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero "GEI"[13]

5 When will fossil fuel reserves be diminished?. Energy Policy,2009
6 Energías Renovables. Su implementación en la Agricultura Familiar de la República Argentina. INTA, 2009
7 Es la energía asociada a los cuerpos que se encuentran en movimiento, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo. INTEF, 2012
8 La energía mecánica es la producida por fuerzas de tipo mecánico, como la elasticidad, la gravitación, etc., y la poseen los cuerpos por el hecho de moverse o de encontrarse desplazados de su posición de equilibrio. INTEF, 2012
9 Fuentes Renovables de Energía- Una Alternativa Sostenible para Generar Electricidad. ICE, 2020
10 Las energías limpias pueden también ser renovables, pero necesitan no generar residuos al producirse o utilizarse. CEMAER, 2021
11 Eficiencia Energética. Steeep, 2020
12 La Gestión de la Energía tiene que ver con el uso sistemático de herramientas de gestión y tecnología para mejorar el rendimiento energético de una organización. Para ser totalmente eficaz, necesita estar integrada, ser proactiva y debería abarcar la compra de energía, la eficiencia energética y las energías renovables. Carbon Trust Energy Management Guide. 2019
13 Ver ficha #12 "Estimación de huella de carbono".

- Disminuye la pérdida de biodiversidad ocasionada por efectos del Cambio Climático
- Ayuda a la recuperación de los ecosistemas

Beneficios para la persona productora

- Reduce costos de producción
- Disminuye la dependencia de fuentes de energía no renovables, lo cual permite a la persona productora tener una mayor autonomía energética.
- Facilita el desarrollo de estrategias de uso racional de la energía.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de los productos en mercados internacionales.
- Contribuye a alcanzar metas de reducción de energía, facilitando el cumplimiento con iniciativas y programas nacionales de carbono neutralidad, así como objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas[14].
- Favorece la participación en certificaciones internacionales como Rainforest Alliance, Comercio Justo y Global Gap.

Fuente: Dirección de Cambio Climático, 2021

Metodología de implementación de la medida

Para el sector agrícola, el uso de fuentes renovables y alternativas de energía; así como sus diversas aplicaciones en actividades (irrigación, cosecha, procesamiento y almacenamiento, refrigeración, transporte, entre otros) y áreas productivas, representan una oportunidad para poder alcanzar un mayor nivel de eficiencia energética, reduciendo al mismo tiempo las emisiones de GEI. Por otro lado, el uso de nuevas tecnologías, así como la introducción de pequeños cambios a nivel de infraestructura, son un aporte relevante para la implementación de un sistema de gestión de energía.

A continuación, se describen los diferentes pasos para la implementación de la medida. Así como algunos casos prácticos que pueden ser valorados por la persona productora, según la necesidad y aplicabilidad.

Paso 1. Implementación de un Sistema de Gestión Energética[15].

a. Asegurar el compromiso y responsabilidad de la alta dirección

La gerencia de la finca debe brindar los recursos económicos, financieros y técnicos que permitan mejorar la eficacia en el uso de energía; así como revisar al menos anualmente el sistema de gestión energético.

b. Formación de Comité de Eficiencia Energética

Seleccionar el personal que estaría apoyando la implementación de la medida, el cual tendría a cargo actividades de planificación, seguimiento y comunicación de las diferentes actividades o estrategias a ser implementadas en la finca. En todo caso, el Comité debe contar con el apoyo de profesionales expertos en el tema y ser capacitados periódicamente.

c. Elaboración de una Política Energética

Se debe establecer el compromiso de la unidad productiva para alcanzar mejoras en el desempeño energético. La política debe ser comunicada al personal de finca y colocada en sitios visibles, como comedores y áreas de empaque.

d. Planificación energética

La planificación debe ser coherente con la política e incluir actividades dirigidas a mejorar de forma continua el desempeño energético.

- Definición de indicadores de desempeño energético (IDEns): Se plantean para brindar seguimiento y medición del desempeño energético, por ejemplo, kWh/trabajador, KWh/caja, entre otros.

- Revisión energética: Se debe analizar el uso y consumo de energía de toda la unidad productiva, ya sea con mediciones directas o con datos que provengan de otras fuentes de información, por ejemplo, facturas de consumo mensual de electricidad, registros o boletas de salida de combustible de bodega. Es importante enlistar todas las fuentes de energía que se utilizan en la finca, por ejemplo, gas, leña, electricidad, gasolina, diésel, entre otros.

- Línea de base energética: A partir de la información obtenida de la revisión energética inicial, se puede considerar un periodo para la recolección de los datos según frecuencia de uso y consumo de energía. Normalmente lo recomendable es llevar un registro anual, en donde se puede comparar mensualmente (por fuente y área/ de ser posible) las cantidades consumidas en periodos similares, **por ejemplo:**

Enero 2021	Enero 2022
75 litros	150 litros

Tabla 1. Consumo de diesel en el sistema de riego (línea base 2021)

14 Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. 2014.
15 Siendo la base de referencia la Normativa ISO 50001. Universidad de Cantabria. 2017

Este tipo de datos servirá como control para determinar acciones a ser implementadas o bien para verificar si los cambios ya aplicados resultan en mejoras en consumo y ahorro. **Por ejemplo:** si se comparan los datos de consumo de diesel indicados en la tabla 1, la primera impresión es que para enero del 2022 hubo un incremento de un 100% en el gasto de combustible utilizado en el sistema de riego. La persona productora o gerente de finca puede interpretar que una acción de mejora podría ser el remplazo de los empaques o bien la compra de nuevos motores más eficientes; sin embargo, también debe analizar otras variables que pudieron influir, como los datos de precipitación y evapotranspiración[16] que pudieron aumentar la necesidad de riego. De esta forma se puede priorizar cambios y direccionar las actividades que realmente tengan un mayor impacto sobre los indicadores de desempeño.

- Identificar áreas de uso significativo de la energía: Se pueden utilizar mapas que permitan visualizar e identificar sitios, instalaciones, equipos, procesos, personal u otros que afecten el consumo energético. De forma que se puedan priorizar las áreas en donde se deban realizar los cambios o la introducción de nuevas tecnologías y fuentes de energía alternativa.
- Definición de planes de acción: Una vez analizados los datos de consumo e identificadas áreas de oportunidad de mejora, el siguiente paso es establecer objetivos y metas, ya sea a nivel de procesos y/o de instalaciones. Complementariamente se elabora un plan de acción dirigido a alcanzar dichos objetivos y metas, que incluya: actividades, recurso, plazos y responsables.

e. Implementación, operatividad y verificación

El Comité de Eficiencia Energética, se encargará de asegurar la correcta implementación de las actividades descritas en el plan de trabajo, verificando el cumplimiento de las tareas; así como la competencia y formación del personal responsable.

Adicionalmente es necesario:

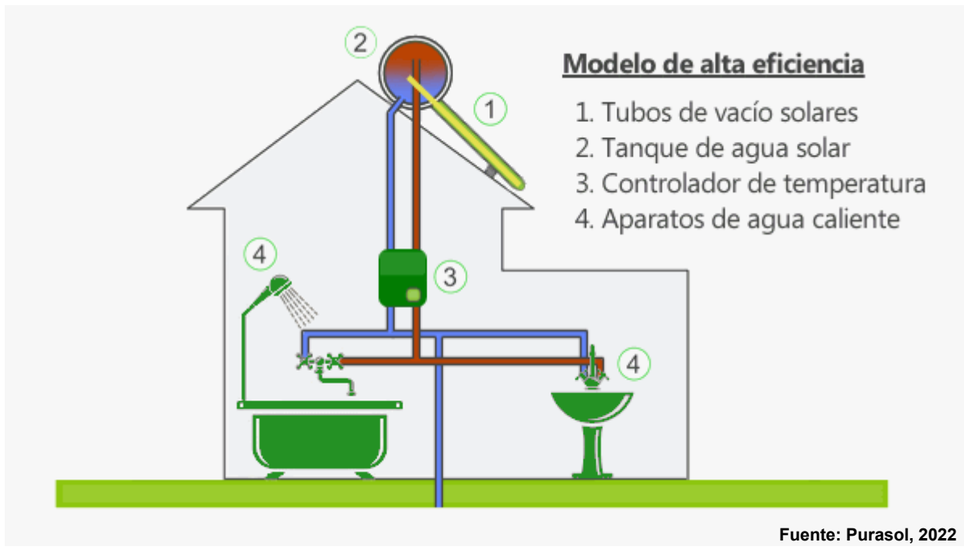
- Comunicar la información relevante respecto al desempeño energético a los trabajadores.
- En caso de compras de equipos utilizar el factor consumo de energía como un elemento de decisión.
- Revisar periódicamente las mediciones realizadas.
- Mantener registros de todos los datos del sistema.
- Llevar a cabo auditorías internas y realizar las acciones correctivas necesarias, valorando la posibilidad de evaluar el sistema por medio de una auditoría externa.

Paso 2. Aplicaciones de la Energía Alternativa y Renovable en el Sistema de Gestión Energética.

Aunque en general son muchas las formas en las que se pueden utilizar energías alternativas y renovables, se resumen a continuación las aplicaciones más utilizadas en agricultura:

a. Aplicación de la energía solar:

- Energía Solar Térmica. El principio es muy simple, el objetivo es utilizar el calor generado por el sol para calentar el agua y poder utilizarla también en calefacción de ambientes. En la agricultura el aprovechamiento térmico de la energía solar es aplicable en plantas de purificación o desalinización de agua, secadores y calentadores de agua. El calentador está



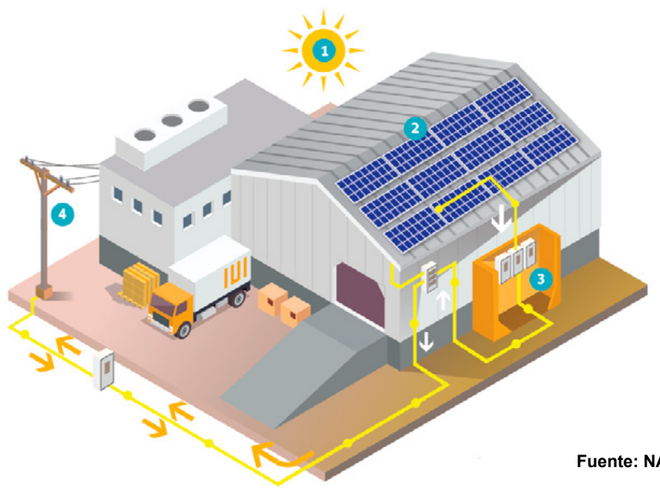
Fuente: Purasol, 2022

compuesto de un colector solar, donde se captura la energía del sol y se transfiere a un termo tanque donde se almacena el agua caliente.
- Energía Solar Fotovoltaica[17] . El sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos integrados para realizan diferentes funciones tales como: la transformación de la energía solar en energía eléctrica (mediante un módulo fotovoltaico o panel solar "PS"), el almacenamiento de la energía en baterías y el suministro para su consumo utilizando controladores de carga o inversores.

La generación de energía mediante este sistema depende de la eficiencia, tamaño y ubicación de los módulos[18], de esta forma cada panel solar tiene un potencial nominal referido en vatios que varían entre los 250 y 500Wp[19], razón por lo cual es de vital importancia que previamente la persona productora conozca la cantidad de energía en kWh que requiere su proceso, y que tipo de sistema fotovoltaico puede cubrir esa necesidad.

Se sugiere la ayuda de un experto, que además deberá considerar otros factores como: radiación solar potencial, eficiencia de los componentes principales (paneles, inversores, cableado), orientación e inclinación de los paneles y área propicia para su instalación, entre otros.
El ahorro que se obtiene del sistema dependerá del costo por kWh, que ofrece el proveedor local, así como de la generación de energía que brinde el sistema fotovoltaico. A modo de ejemplo: se tiene una empresa de producción de piña que consume 50.000kWh al año de energía proveniente de la red local, la empresa instala paneles solares con una potencia nominal de 15kWp que producen 22.350 kWh, puede llegar a una disminución del consumo de aproximadamente un 45%, al generar su propia energía.

Los paneles solares se pueden utilizar en iluminación de áreas de proceso, bodegas, baños, comedores, sistemas de bombeo de agua, entre otros. Otra opción interesante es conectar los sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica, produciendo así un intercambio al enviar energía cuando la producción supera el consumo o bien recibir energía en caso contrario; siendo una aplicación posible la venta de energía a la empresa eléctrica local o una reducción en la facturación mensual.

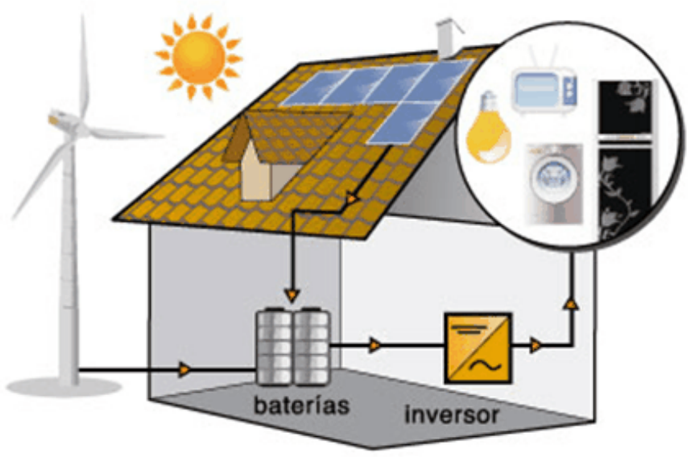


Fuente: NAMA Chile, 2020

16 Ver ficha #26 "Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad"
17 Fuentes Renovables de Energía- Una Alternativa Sostenible para Generar Electricidad. ICE, 2020
18 Sistemas Fotovoltaicos para el Autoconsumo. NAMA, 2017
19 Vatios pico (Wp). Es la potencia máxima que podría llegar a tener un panel en STC (Condiciones Estándar de Medida). SunFields, 2020

b. Aplicación de la energía eólica:

- Energía Eólica Autónoma: La energía eólica es una fuente de energía limpia y sostenible que se genera por la fuerza del viento. En sistemas autónomos, se utilizan aerogeneradores de baja potencia que captan la energía cinética del viento a través de la hélice, transformándola en energía mecánica, para convertirla por medio de un generador en energía eléctrica. Finalmente, la energía producida puede ser almacenada en un banco de baterías para disponer de ella en los períodos sin viento, o bien enviarla a la red eléctrica local, mediante un sistema de intercambio. Esta última alternativa es más factible si la persona productora implementa aplicaciones centralizadas utilizando aerogeneradores de mayor potencia[17].



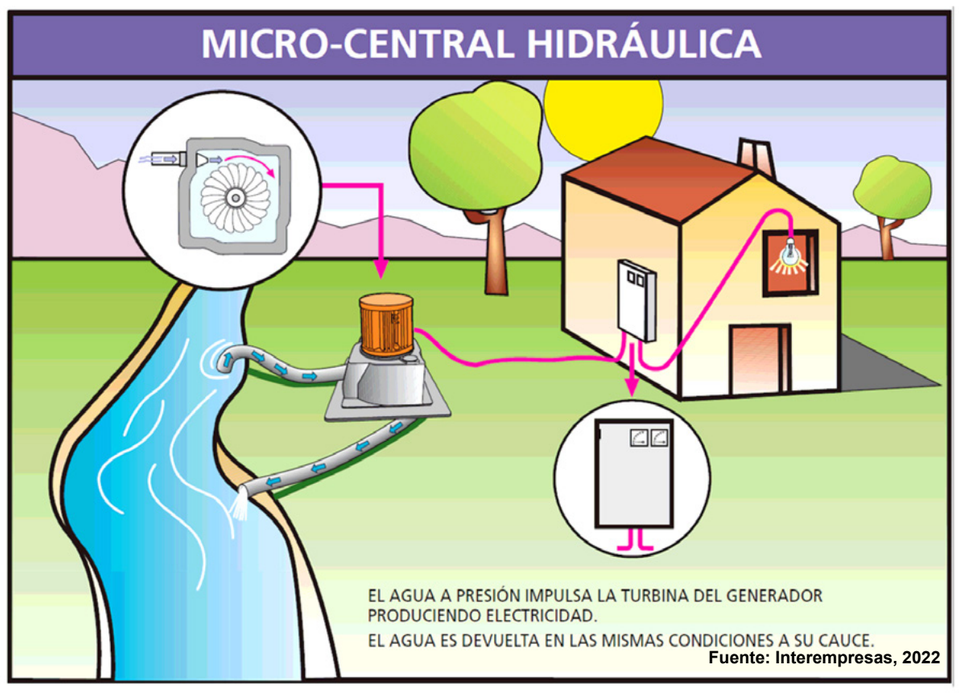
Fuente: Innova Solutions, 2022

La cantidad de energía transferida al rotor[20] por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento[21]. Si el suministro eléctrico va a ser puntual (una vivienda, una bodega, otras.), se utilizan equipos de baja potencia, por lo común, hasta 100kW[22].

El uso conjunto de aplicaciones de energía solar y eólica es una alternativa interesante y parte esencial de la estrategia de eficiencia energética a ser implementadas o mejorada a nivel de finca.

c. Aplicación de la energía hidroeléctrica

- Central de filo de agua[23]: Este tipo de planta hidroeléctrica utiliza parte del flujo de agua procedente de un río o fuente superficial, el cual es transportado por medio de una tubería o canal hasta la parte más baja del terreno, en donde a través de una turbina y un generador se transforma en energía eléctrica. La central en este caso es un modelo de operación continúa debido a la ausencia de embalses o sitios de almacenamiento de agua.
  Para la generación de energía hidroeléctrica, la persona productora debe analizar y considerar algunas variables de interés[24] previo al desarrollo del proyecto.
  Fuente: Interempresas, 2022
  Para lo cual es importante el apoyo y concepto técnico de un experto en hidrología y generación hidráulica que determine la viabilidad del nuevo desarrollo a partir de las condiciones presentes en el cauce natural, la necesidad energética y las regulaciones legales.



Fuente: Interempresas, 2022

De esta forma, se amplían los criterios de valoración más relevantes:

- Requisitos legales. Consultar la ley de cada país, considerando, por ejemplo: estudios de viabilidad y diseño de proyecto, concesión del recurso hídrico, análisis de impacto en la microcuenca(s) y estudios de los caudales ecológicos[25], entre otros.
- Energía objetivo. Determinar la cantidad de energía requerida mediante un análisis de datos de consumo históricos en el sitio, o bien llevando a cabo mediciones técnicas con ayuda de expertos.
- Caída del agua. Valorar la distancia medida en formas vertical, que recorre el volumen de agua desde la entrada o bocatoma hasta el sitio donde se ubicaría la turbina o casa de máquinas; condición que generaría la presión[26] del agua en el sistema.
- Caudal (flujo). Medir el volumen de agua[27] que recorre una sección de la fuente natural seleccionada durante un tiempo determinado. Si no se cuenta con datos hidrológicos del sitio donde se ubicará el proyecto, es importante medir los caudales a lo largo de un periodo, para determinar el potencial hídrico en diversas épocas del año y en diferentes escenarios.
- Equipos e Instalaciones idóneas. Estimar a partir de las variables anteriores, el tipo de estructuras hidráulicas, así como el equipo electromecánico y la capacidad del sistema a ser implementado. Teniendo en cuenta también la posibilidad de interconexión e intercambio de la energía con la red local.

Para una operación de filo de agua, aplicada a una finca agrícola se podría considerar una planta hidroeléctrica de baja o media capacidad de generación[28], a partir de los datos de caída y caudal presentes en el cauce natural:

- Picocentrales: Capacidad de 0,5 y 5 kW,
- Microcentrales: Capacidad de 5 y 50 kW,
- Minicentrales: Capacidad de 50 y 500 kW

El ejemplo incluido en la tabla 2 de potencias es orientativo y dependerá de cada instalación en particular.

20 Rotor es la pieza donde se unen las aspas y sirve para transmitir el movimiento. Endesa 2021.
21 La energía en el viento: densidad del aire y área de barrido del rotor. Asociación Danesa de la Industria Eólica, 2003.
22 Generador Eólico de Baja Potencia. Universidad de Buenos Aires, 2012
23 Fuentes Renovables de Energía- Una Alternativa Sostenible para Generar Electricidad. ICE, 2020
24 Estudio Preliminar para la Instalación de una Microcentral Hidroeléctrica, TEC, 2012.
25 El Caudal Ecológico (CE) debe ser considerado como una restricción ecosistémica al aprovechamiento hidroeléctrico. Según la Declaración de Brisbane el caudal ambiental o ecológico incluye la cantidad, periodicidad y calidad del agua que se requiere para sostener los ecosistemas dulceacuícolas, estuarios y el bienestar humano que depende de estos ecosistemas. Declaración de Brisbane, 2007
26 La presión, se expresa en libras por pulgada cuadrada (psi).
27 Volumen de agua en en m^3/s o L/s (1 m^3/s = 1000 L/s). bono"
28 Hidroenergía, UPME, 2016

Potencia Micro-Central Hidráulica [W]									
Altura Salto	Caudal medio								
	1 l/s	1,5 l/s	2 l/s	2,5 l/s	3 l/s	3,5 l/s	4 l/s	6 l/s	8 l/s
40 m	-	200	306	471	577	686	800	1224	1663
50 m	-	272	402	601	750	875	1020	1559	2118
60 m	-	371	506	736	918	1092	1271	1942	*
70 m	233	432	604	858	1071	1273	1538	2348	*
80 m	275	506	690	1000	1247	1483	1789	*	*
90 m	327	569	777	1125	1430	1668	2048	*	*
100 m	363	647	883	1275	1589	1888	2314	*	*
Turbina	Mediana			Grande					

Fuente: Interempresas, 2022

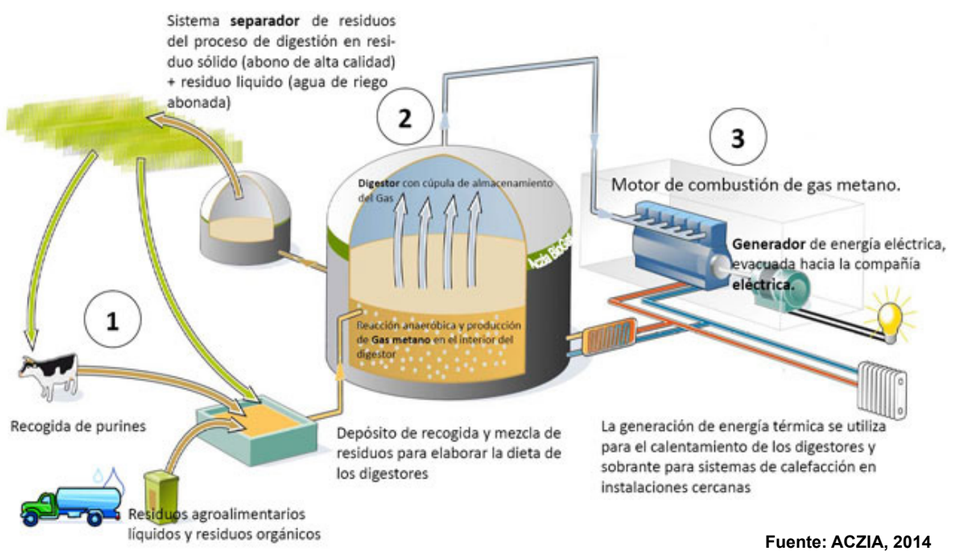
Finalmente, si bien las centrales hidroeléctricas, son una alternativa interesante y viable para fincas agrícolas con presencia de fuentes de agua permanentes, es importante analizar con detalle el costo y beneficio del proyecto; sin dejar de lado las medidas de mitigación de impactos y control que debe ser parte integral de la gestión de la empresa.

d. Aplicación de la energía biomásica[29]

- Gas combustible: El biogás, es un gas renovable obtenido a partir de la degradación anaerobia –sin oxígeno– de residuos orgánicos[30]. Para su aprovechamiento, los sistemas más utilizados son los biodigestores en donde el gas resultante puede utilizarse para generar calor o energía eléctrica, e inclusive como combustible en vehículos modificados.

- Producción térmica: La combustión de la biomasa o del biogás puede utilizarse para generar calor y vapor, siendo una fuente energética para hornos y cocinas en áreas de vivienda de trabajadores o en comedores.

- El uso de leña es una alternativa viable siempre y cuando sea un recurso que provenga de áreas bajo un manejo sostenible y con permisos de ley. Una ventaja de este tipo de energía es que el correcto tratamiento de la biomasa supone un aumento en el reciclaje y una disminución de los residuos.



Fuente: ACZIA, 2014

Paso 3. Medidas complementarias de eficiencia energética.

Adicionalmente, se incluyen algunas actividades y cambios a nivel de infraestructura y maquinaria, que resultarían en un aporte importante para el gasto energético.

a. Medidas de ahorro de energía eléctrica.

- Cambio de luminarias: La selección del tipo de luminaria a utilizar normalmente se ha basado en dos condiciones: costos y la potencia de la bombilla (Watios "W"); sin embargo, la potencia sólo indica cuánta energía consume la lampara, no cuánta luminosidad produce, por lo que para medir el rendimiento es necesario considerar la potencia luminosa (Lumen "lm")[31].

De modo que, cuando se realicen proyectos de cambios de luminarias debe considerarse que muchas veces con menos watts se obtendrá la misma luminosidad, y por ende un ahorro energético y de dinero. La luminaria LED es una buena alternativa no sólo en el tema de ahorro, sino en eficiencia respecto a la iluminación convencional, al consumir hasta un 85% menos de energía que un bombillo incandescente, sin dejar de lado que tampoco presenta mercurio, no emite radiación UV y es una buena práctica de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

LAMPARA INCANDESCENTE	LAMPARA HALOGENA	FLUORESCENCIA COMPACTA	LED MR16 / AR111
1.000 horas	3.000 horas	10.000 horas	30.000 horas
15W /100 lm	10W / 140 lm	3W / 150 lm	1W / 75 lm*
60W / 710 lm	35W / 600 lm	12W / 650 lm	7W / 750 lm*
75W / 1100 lm	50W / 910 lm	18W / 1150 lm	10W / 1100 lm*
100W / 1600 lm	75W / 1450 lm	23W / 1600 lm	15W / 1400 lm*

Fuente: AVANCELUCE, 2022

- Compra de equipo eficiente: La persona productora puede incluir en su política energética una declaración de sustitución y compra de equipos con mayor eficiencia energética, basado en la escala gráfica de la etiqueta y la normativa oficial de cada país. Práctica aplicable para equipos de enfriamiento[32], cocinas, calentadores de agua, aires acondicionados, lavadoras y secadoras de ropa, entre otros.
- Instalación de detectores de presencia: Este tipo de dispositivos facilitan el encendido y apagado automático de las luces. Siendo muy útiles en áreas de uso poco frecuente tales como servicios sanitarios, duchas para personal de aplicación de agroquímicos y bodegas, entre otros.
- Colocación de temporizador eléctrico: El temporizador o timer, es un dispositivo que abre y cierra un circuito eléctrico de forma automática y durante un tiempo determinado. De forma breve, permite programar el encendido y apagado de diferentes dispositivos de forma sencilla a una hora determinada.
- Selección de colores de edificaciones: Se debe preferir el uso de colores con un índice de reflexión mayor al 70% para lugares de máximo trabajo visual, como áreas de empaque, almacenamiento y bodegas, así mismo es importante considerar colores claros para pisos, cielos raso y puertas.

29 Fuentes Renovables de Energía- Una Alternativa Sostenible para Generar Electricidad. ICE, 2020
30 Residuos domésticos, agroindustriales y proveniente de la actividad ganadera.
31 Guía de buenas prácticas para el ahorro y uso eficiente de la energía. GS / GIZ, 2014
32 Ver ficha #14 "Sustitución de refrigerantes según su potencial de calentamiento global"

- Maximizar la luz natural. Al colocar láminas de zinc transparente en los techos de las bodegas y áreas de procesamiento, así como ladrillos de vidrio en baños y servicios sanitarios. Otra alternativa es ampliar las entradas de luz natural en área de trabajo continuo como bodegas de armado de cartón. Cambio que también favorece las condiciones de seguridad y que pueden ser monitoreadas a través de mediciones de intensidad y distribución de luz, por medio de luxómetros.

Fuente: ICE, 2021

b. Medidas de ahorro de combustible en maquinaria agrícola.

Algunas acciones que la persona productora puede tener en cuenta son[33]:

- Mantenimiento de maquinaria: Las labores de mantenimiento deben ir acorde a los tiempos y especificaciones técnicas incluidas en el manual de instrucciones del fabricante, especialmente en lo que al motor se refiere.

Considerando:
- Cambio de aceite y filtros en los periodos recomendados utilizando productos adecuados.
- Mantenimiento de los niveles de agua o refrigerante y la limpieza de radiadores.
- Sustitución de filtros del aire y limpieza del intercooler.
- Cambio y control del filtro de gasolina y bomba de inyección.

Un incorrecto mantenimiento del motor puede incrementar el consumo de gasolina en más de un 10%.

- Condiciones de funcionamiento del motor diésel: Los consumos más bajos de un motor diesel se registran cuando funciona a un régimen próximo al de par máximo[34] (este régimen figura en el manual del operador del tractor) trabajando con cargas elevadas.

- Consumos en los trabajos de tracción o arrastre. Un índice importante para valorar los consumos de combustible es el resbalamiento de las ruedas motrices o tractoras. Se considera que, trabajando en campo, un tractor de simple tracción debe mantener un resbalamiento del 10 al 20% y uno de doble tracción del 5 al 15%, lo cual se verifica con el hundimiento de las llantas en el terreno.

- Utilización de lubricantes adecuados: La correcta utilización de los aceites y los lubricantes en el tractor tienen gran correlación con el consumo de combustibles.

Paso 4. Capacitación y sensibilización

La formación es un componente clave en la implementación de un sistema de gestión de energía. Los talleres de entrenamiento deben estar dirigidos a personal seleccionado que apoye el desarrollo de la medida, incluyendo el Comité de Eficiencia Energética.

Se sugiere la planificación de las siguientes capacitaciones:
- Concepto de sostenibilidad, energía, ambiente y cambio climático.
- Potencial de las energías alternativas y renovables.
- Medidas de ahorro energético y uso racional, entre otros.

Adicional a las actividades de capacitación, es importante realizar un programa de sensibilización y concientización de los trabajadores, siendo algunas sugerencias:

- Mantener a todos los trabajadores informados acerca del consumo energético través de mensajes periódicos colocados en lugares visibles, o a través del uso de redes sociales.
- Publicar y renovar la rotulación respecto a la importancia del ahorro energético, en sitios importantes como cerca de interruptores y de equipos de alto consumo (bombas, motores, otros).

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de reducción de consumo energía eléctrica (KWh/caja) al comparar el año en curso con el año de línea base.
- Ahorro anual en $ en el pago de la facturación de energía eléctrica.
- Porcentaje de reducción de consumo de combustibles fósiles (L/caja) al comparar el año en curso con el año de línea base.
- Ahorro anual en $ en el pago de la facturación de combustible.
- Número de luminarias sustituidas por otras más eficientes.
- Número de paneles solares funcionales.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:
- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité de Eficiencia Energética en finca para facilitar la implementación de la medida y actividades que favorezcan el uso eficiente de la energía.
- *Externo:* Profesionales con experiencia en capacitación y/o instalación de equipos de alta eficiencia e implementación de proyectos de energía alternativa y renovable.

Referencia de Costos:

- El precio de un panel solar e instalación depende de la cantidad de kilovatios que produzcan. Por ejemplo, un módulo fotovoltaico de dos kilovatios (Kw)[35], ronda entre los $4.800 a $5.400.

33 Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. IDAE, 2005.
34 También se conoce como torque, es una magnitud física que mide el momento de fuerza que se ha aplicar a un eje que gira sobre sí mismo, a una determinada velocidad. Actualidadmotor, 2021.
35 Precio de un equipo fotovoltaico. La Nación, 2015.

- Un molino de viento pequeño[36] para la extracción de agua ronda entre los $3.500-$5.000.
- Micro central hidroeléctrica[37] (sistema de tuberías, desarenadores, casa de máquinas, equipos electromecánicos, tanques de almacenamiento, líneas de transmisión, turbina, generador, otros), cerca de los $90.000.
- Biodigestor, dependerá de la tecnología, capacidad y del tipo de material que se utilice, pero el rango de precios puede estar en los $150 hasta los $12.000.
- Asesoría y capacitación por parte de un especialista (225-300$/día).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El uso de las diversas aplicaciones de energía alternativa y renovable en conjunto con la implementación de un sistema de gestión de eficiencia de energía en finca, crea una particular sinergia que contribuyen significativamente no sólo al ahorro de la factura eléctrica/combustible, reducción de costos y mayor eficiencia de los procesos productivos, sino también disminuye la dependencia de fuentes no renovables que ocasionan diversos impactos negativos en el medio ambiente y contribuyen con las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una finca que busque integrar a su dinámica productiva un manejo de la energía con una visión más sostenible, que incluya el uso de nuevas tecnologías, adopte cambios estructurales, capacite su personal y valide las mejoras implementadas; fortalece la rentabilidad de la producción a lo largo plazo, con responsabilidad social, ambiental y diferenciación de sus productos en los mercados internacionales.

Casos de éxito

Quinta Pasadena es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la provincia de Monte Cristi en República Dominicana, unidad de producción comprometida con el uso racional de los recursos y la protección del medio ambiente.

La finca cuenta con un complejo de 2.791 paneles solares que fueron adquiridos con el objetivo de reducir el uso de combustibles fósiles utilizados en el bombeo del sistema de riego; disminuyendo de la misma forma las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental.

Actualmente esta energía alternativa cubre un 80-85% del consumo eléctrico de la finca y se espera que en los próximos años se amplíe la cobertura de energía solar en las oficinas y empacadora.

La inversión en la implementación llegará a pagarse en unos 9 años y, con una vida útil de 25 años, representando un ahorro económico importante en electricidad y combustible.

36 Precio de un molino de viento. Lahora, 2007
37 Estudio Preliminar para la Instalación de una Microcentral Hidroeléctrica, TEC, 2012

Casos de éxito

Finca Varcli, es una empresa familiar con una capacidad de 3.800 cajas de banano por hectárea, ubicada en el cantón de Matina, en la provincia de Limón en Costa Rica. Actualmente forma parte de las iniciativas de sostenibilidad promovidas por la GIZ, y cuenta además con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, SMETA, entre otras.

Bananera Varcli se encuentra fuera de la red eléctrica disponible, de manera que desde sus inicios se vieron forzados a generar su propia energía. Al principio los generadores funcionaban con diesel, luego pasaron a gas y desde el 2013 empezaron a instalar paneles solares para disminuir su huella de carbono.

Uno de los retos ha sido el tener y mantener equipos electrónicos eficientes y duraderos, ya que el clima extremadamente lluvioso afecta la integridad de los paneles y por la falta de horas luz, en ocasiones tienen que recurrir a sus generadores de gas. Sin embargo, se estima que el consumo en combustibles y gas se redujo en un 60% gracias a la energía solar. Esfuerzos que se suman a un sistema eficiente de empaque, con el que han logrado una reducción en el uso de agua a 5 litros por caja exportada, cambios que suman a la imagen de la empresa.

Referencias

[1-9-17-23-29] Fuentes Renovables de Energía- Una Alternativa Sostenible para Generar Electricidad. https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/e027a034-5b68-4beb-8cd4-ad55622d28db/Guia+Renovables.pdf?MOD=AJPERES&CVID=l1DRUYH

[2] Plataforma en Linea de Climate Watch. Consulta 2022. World | Agriculture, Industrial Processes, Land-Use Change and Forestry, Waste, Building, Electricity/Heat, Fugitive Emissions, Manufacturing/Construction, Other Fuel Combustion, Transportation | Greenhouse Gas (GHG) Emissions | Climate Watch (climatewatchdata.org)

[3] Agricultura "inteligente" a nivel energético para evitar la dependencia de los combustibles fósiles. http://www.fao.org/news/story/es/item/95220/icode/

[4] Combustibles Fósiles. ¿Qué son los combustibles fósiles? Origen, tipos y ejemplos (solar-energia.net)

[5] When will fossil fuel reserves be diminished? https://www.researchgate.net/publication/23648651_When_will_fossil_fuel_reserves_be_diminished#:~:text=Shafiee%20and%20Topal%20%5B70%5D%20estimated,fuel%20till%202112.%20

[6] Energías Renovables. Su implementación en la Agricultura Familiar de la República Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-energias_renovables.pdf

[7] La Energía Cinética. http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/cinetica.html

[8] La Energía Mecánica. http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/mecanica.htm?1&3

[10] Diferencia entre Energía Renovable, Energía Alternativa y Energía Limpia. https://gstriatum.com/2014/07/21/diferencias-entre-energia-renovable-energia-alternativa-y-energia-limpia/

[11-12] Eficiencia Energética- Introducción para las Empresa. https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steeep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf

[14] Informe del Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible-Resolución 66/288. http://archive.ipu.org/splz-e/unga14/owg-s.pdf

[15] Estudio de Implantación de un Sistema de Gestión Energética ISO 50001 en una fábrica T. Microsoft Word - INDICE.docx (unican.es)

[18] Sistemas Fotovoltaicos para el autoconsumo. https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2017/11/GIZ_Guia_Empresas_Sist_FV_Autoconsumo.pdf

[19] Potencia de las Placas Solares. https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/potencia-paneles-solares-real/

[20] Conoce la energía eólica: sus ventajas, qué es y cómo funciona. https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/sostenibilidad/energia-eolica

[21] La energía en el viento: densidad del aire y área de barrido del rotor. http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/es/tour/wres/enerwind.htm

[22] Generador Eólico de Baja Potencia. https://core.ac.uk/download/pdf/35122881.pdf

[24-37] Estudio Preliminar para la Instalación de una Microcentral Hidroeléctrica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3025/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[25] Caudales Ambientales. https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/ELOHA/Documents/Brisbane%20Declaration-Spanish.pdf

[28] Hidroenergía, UPME, 2016. https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf

[31] Guía de buenas prácticas para el ahorro y uso eficiente de la energía. https://www.giz.de/en/downloads/giz2014-sp-guia-ahorro-energia.pdf

[33] Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10255_Consumos_energeticos_operaciones_agricolas_Espana_05_d94c1676.pdf

[34] El par motor: qué es y cómo influye en el rendimiento en el motor. https://www.actualidadmotor.com/par-motor-que-es/

[35] Precio de un equipo fotovoltaico. Precio de equipo fotovoltaico en Costa Rica es similar al de otros países latinoamericanos | La Nación (nacion.com)

[36] Precio de un molino de viento. https://lahora.com.ec/noticia/552807/molinos-de-viento-como-aliados-de-agricultores

Otras consultas:

- Energías Renovables. Su implementación en la Agricultura Familiar de la República Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-energias_renovables.pdf
- Modelo de diagnóstico energético con propuesta de plan de eficiencia energética en edificios públicos http://library.fes.de/pdf-files/bueros/argentinien/13398.pdf
- Planificación del Establecimiento de un Sistema de Micro Generación Hidroeléctrica https://www.energy.gov/energysaver/planning-microhydropower-system
- Sistemas Eólicos pequeños para Generación de Electricidad http://www.energiaeolica.gub.uy/uploads/documentos/Microe%C3%B3lica%20Uruguay%20-%20Sistemas%20e%C3%B3licos%20peque%C3%B1os%20para%20generaci%C3%B3n%20de%20electricidad%20conectados%20a%20la%20red%20el%C3%A9ctrica%20-%20Ver5.pdf
- Uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos. http://repiica.iica.int/docs/B3876e/B3876e.pdf

Colaboración de Experto: Biólogo. Willy Alfaro Cervantes/ Email: willy@kwconsultores.com

Identificación y control de especies exóticas invasoras

16

Categoría B

BANELINO, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

6 Cobertura vegetal viva
11 Barreras naturales en áreas de actividad humana
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación dehábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
21 Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas
22 Rutas de conectividad internas y externas
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.4.3, 6.4.9

Criterio de Comercio Justo-para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5
Requisito: 3.2.37

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Identificación y control de especies exóticas invasoras

FICHA 16

Descripción de la medida

Según el Convenio de Diversidad Biológica, una especie no nativa[1] se define como una especie que se encuentra fuera de su área de distribución natural (pasada o presente) y de su rango de dispersión potencial, incluyendo cualquier parte de dicha especie que pueda sobrevivir y reproducirse.

Las especies no nativas pueden convertirse en poblaciones invasoras[2] cuando su establecimiento y propagación amenazan la diversidad biológica, los ecosistemas y hábitats, con efectos económicos y medioambientales negativos. Es decir, una especie que no pertenece a la región a la cual fue introducida, puede crecer y reproducirse más rápido que los individuos locales y convertirse en una plaga que además puede afectar los cultivos agrícolas y la salud humana.

La introducción de especies exóticas es una de las muchas actividades humanas que ocasionan impactos negativos sobre los ecosistemas naturales. Cuando una especie exótica alcanza su condición de invasora se le denomina invasión biológica. Todos los ecosistemas pueden ser invadidos, pero los más vulnerables son los más aislados, los agroecosistemas y los sitios con alta o muy baja biodiversidad[3]. Las invasiones biológicas por especies no nativas son una de las cinco[4] principales presiones antropogénicas que causan pérdida de la biodiversidad y afectan a los servicios ecosistémicos; a estás se suman la destrucción del hábitat, la sobrexplotación, la extinción de especies y poblaciones, así como el cambio climático.

Las especies exóticas invasoras se distribuyen en diferentes grupos taxonómicos: virus, hongos, plantas inferiores y superiores, así como animales. Hasta un 10% de las 260.000 plantas vasculares[5] del mundo podrían convertirse en invasoras de otros ecosistemas[6], y sus impactos negativos podrían ser clasificados en:

1 Sinónimos: Especie exótica, introducida, no autóctona, no indígena, o foránea. UICN, 2001
2 Especie introducida que amenaza a las especies nativas. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Consulta 2021
3 Estrategia Mundial sobre Especies Exóticas Invasoras. UICN, 2001
4 Perspectiva Mundial sobre la Biodiversidad. CDB, 2010
5 Las que disponen de hojas, tallo y raíces y que tienen un sistema vascular formado por vasos conductores. Definición. de, 2021
6 Ecology of Invasive Plants: State of the Art. Rejmánek et al., 2002

- Ecológicos: Competencia y desplazamiento de las especies nativas, invadiendo el ecosistema, hibridando[7] y afectando la polinización.
- Económicos: Altos costos para su control, pérdidas en cultivos, degradación de fuentes de agua
- Sociales y sanitarios: Introducción de patógenos y enfermedades con consecuencias sobre la salud humana, animal y vegetal.

El Cambio Climático[8] es una variable que incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales; de esta forma la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos crean oportunidades excepcionales para la dispersión y crecimiento de poblaciones invasoras[9].

En zonas agrícolas, las especies invasoras pueden ocasionar serios daños en los cultivos[10] al competir por nutrientes y luz o bien colonizar parches boscosos o humedales cercanos, desplazando especies nativas por competencia. Por ejemplo, la proliferación de plantas acuáticas en la superficie de una laguna puede ser el resultado de procesos de eutrofización[11], ocasionados por el arrastre o lixiviación de fertilizantes en el agua. Condición que a su vez limita los procesos naturales de fotosíntesis en el ecosistema, causando una disminución en los niveles de oxígeno requeridos por diversos organismos acuáticos y favoreciendo la presencia de algas tóxicas y microorganismos vectores de enfermedades; sin dejar de lado el impacto en la producción al dificultar el uso del recurso agua para actividades de irrigación y procesamiento.

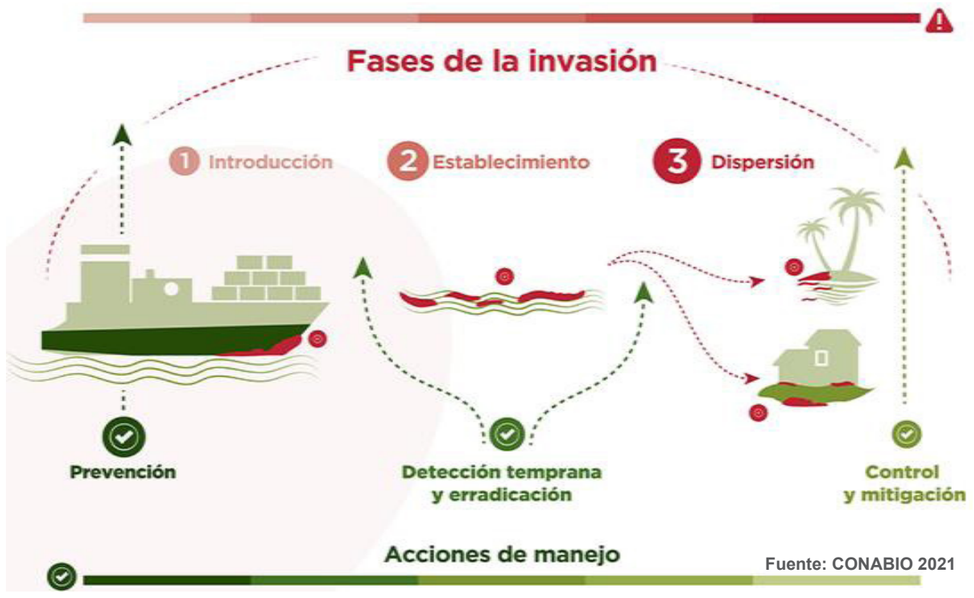
El manejo de las especies invasoras es una actividad clave que debe ser planificada de una forma integral con una visión a nivel de paisaje, de esta forma la salud del ecosistema natural repercute positivamente en la productividad de los diferentes sistemas agrícolas.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN promueve una estrategia denominada Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) con un enfoque de protección, restauración, gestión y uso sostenible de los ecosistemas, con el objetivo de abordar los desafíos socioambientales de forma efectiva y adaptable. Estos desafíos incluyen: la conservación de la naturaleza, el cambio climático, la seguridad alimentaria, la contaminación del agua, la salud humana y la gestión del riesgo de desastres.

Los beneficios económicos de los ecosistemas bien gestionados y los servicios que proveen, son un aspecto cada vez más reconocido en el desarrollo de proyectos[12]; visión que debería ser la ruta a seguir por parte de personas productoras que deseen implementar la medida, teniendo como guía técnica las pautas o pasos descritos en la estrategia de prevención y gestión[13]

elaborada por el Programa Mundial sobre Especies Invasoras "PMEI", los cuales se enlistan a continuación y será ampliados en la sección metodológica.

a. Prevención: evita la introducción intencional o accidental de especies exóticas invasivas, siendo la prevención la mejor relación costo – beneficio.
b. Detección temprana: detecta la presencia de nuevos individuos o focos de especies exóticas introducidas o establecidas recientemente, actividad que debe basarse en una respuesta rápida.
c. Erradicación: remoción de todos los individuos de la especie objetivo con una baja o nula probabilidad de reinvasión, práctica válida siempre y cuando los beneficios ambientales superen los costos implicados.
d. Contención: Mantiene la invasión dentro de los límites. Su finalidad es restringir a una especie invasora a una zona geográfica limitada. La población puede ser contenida mediante varios métodos que se aplican a lo largo del límite del área de contención definida.
e. Control: Reduce la densidad y abundancia de las especies invasoras con intervenciones sostenidas en el tiempo, se utiliza cuando la erradicación no es posible.
f. Mitigación: Cuando la erradicación y el control no son posibles, se enfoca en el manejo de los recursos que se desean proteger.



7 Formación de descendencia a partir de dos especies diferentes.
8 Cambio Climático: "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempos comparables". Artículo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 1992.
9 Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras, República Dominicana. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012
10 En Estados Unidos, aproximadamente un 15% de las especies invasoras causan serios daños a la agricultura. Estrategia Mundial sobre Especies Exóticas Invasoras. UICN, 2001.
11 Eutrofización: Proceso natural en ecosistemas acuáticos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos. Las aguas eutróficas en contraste con las oligotróficas son más productivas. Sin embargo, más allá de ciertos límites, el proceso reviste características negativas al aparecer grandes cantidades de materia orgánica cuya descomposición microbiana ocasiona un descenso en los niveles de oxígeno. La eutrofización se produce en muchas masas de agua como resultado de los vertidos agrícolas, urbanos e industriales. Greenfacts, consulta en línea 2021.
12 Soluciones Basadas en la Naturaleza. Consulta en línea 2023
13 Especies exóticas invasoras: Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión. PMEI, 2001

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Disminuye los riesgos por pérdida de biodiversidad.
- Favorece el equilibrio natural de los ecosistemas naturales.
- Reduce la competencia por el hábitat natural.
- Atenúa la transmisión de enfermedades y plagas.
- Contribuye a la adaptación al Cambio Climático, reduciendo la vulnerabilidad y la exposición de los ecosistemas naturales y la biodiversidad.
- Disminuye los riesgos de extinción de especies por efectos de competencia.
- Contribuye con las metas internacionales en el Marco Mundial de la Diversidad Biológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Beneficios para la persona productora:

- Atenúa la pérdida de biodiversidad, lo que favorece los servicios para el control natural de enfermedades y plagas presentes en el cultivo.
- Disminuye las potenciales pérdidas económicas por afectación a los cultivos una vez que una especie no nativa se convierte en plaga.
- Favorece la participación en certificaciones de reconocimiento internacional como Rainforest Alliance y Comercio Justo.
- Facilita el desarrollo de estrategias y buenas prácticas para la prevención y alerta temprana de la invasión biológica de especies no nativas.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de los productos en mercados internacionales.
- Previene la colonización[14] de ecosistemas acuáticos, evitando los procesos de eutrofización que limitan o dificultan el uso de recurso agua que podría ser utilizada para riego, procesamiento y otras actividades (ver figura 1).

Figura 1. Foto Representativa: Estero natural junto cultivo de banano, colonizado por Jacinto Acuático “Eichhornia crassipes

Metodología de implementación de la medida

Es importante considerar que un proceso de invasión inicia cuando una especie ingresa a un nuevo sitio, normalmente como resultado de la acción humana accidental o deliberada (introducción), la cual suele ocurrir por falta de planificación o bien desconocimiento de los impactos o repercusiones futuras de dicha especie sobre el cultivo y los ecosistemas aledaños. En este sentido, es necesario que la persona productora consulte fuentes confiables y se apoye de profesionales que puedan ayudar a direccionar los procesos de toma de decisiones para la implementación de una estrategia de prevención y gestión de respuesta, especialmente si la especie invasora ya está presente en la finca, en áreas naturales adyacentes o bien en terrenos vecinos.

Para la implementación de la medida, se debe tener en cuenta posibles restricciones o requerimientos definidos en la legislación aplicable en cada país, así como necesidades de capacitación para el personal de apoyo. La ficha, busca brindar una guía a la persona productora, teniendo en cuenta diferentes escenarios.

Paso 1. Prevención

Las personas productoras deben definir un plan preventivo anual que considere las diferentes actividades a ser implementadas en la finca relacionadas con introducción de nuevas especies o el desarrollo de labores que generen cambios que a su vez favorezcan la proliferación o apertura para el establecimiento de especies con características invasivas. Por otro lado, deben tomar en cuenta el riesgo presente en zonas de influencia cercana[15] en donde ya se haya identificado la presencia de especies exóticas invasivas que pueden desplazarse por medios naturales o por intervención humana.
Actividades a considerar:

a. Elaboración de mapas

El objetivo es identificar de forma gráfica los sitios claves dentro de la finca que sean propensos a invasión o que pueden establecerse como áreas de ingreso de estas especies, por ejemplo: parches boscosos, quebradas, esteros, reservorios de agua, estanques, canales de riego, zonas de cultivo en renovación y descompactación, así como sitios bajo procesos de reforestación o regeneración natural, entre otros. El mapa también puede incluir la referenciación de zonas externas con presencia de especies exóticas invasoras de interés. Este recurso también ayuda a direccionar las actividades de monitoreo, que deben ser parte integral de las acciones de prevención y control que realice la finca (Ver Paso 3).

b. Aseguramiento de actividades y respuesta ante eventos naturales

El cambio en los patrones de clima y la gestión operativa de la finca puede favorecer el ingreso y establecimiento de especies invasoras en sitios identificados de riesgos según el mapa; en este caso las medidas de mitigación son necesarias para reducir la posibilidad de colonización y expansión de dichas especies. Bajo este escenario las prácticas de contención y de rápida respuesta ante situaciones adversas generadas por eventos naturales como incendios, deslizamientos e inundaciones son necesarias, así como la puesta en marcha de acciones preventivas contra la deforestación, las quemas y la lixiviación de fertilizantes en cuerpos de agua, entre otros.

14 Caso común del Jacinto Acuático “Eichhornia crassipes”, planta acuática nativa de la cuenca del amazonas en Brasil, considerada invasiva en un múltiples países, entre ellos Colombia, Costa Rica, República Dominicana y Ecuador. Global Invasive Species Database
15 Propiedades vecinas, proyectos privados, áreas protegidas, cuencas hidrográficas entre otros

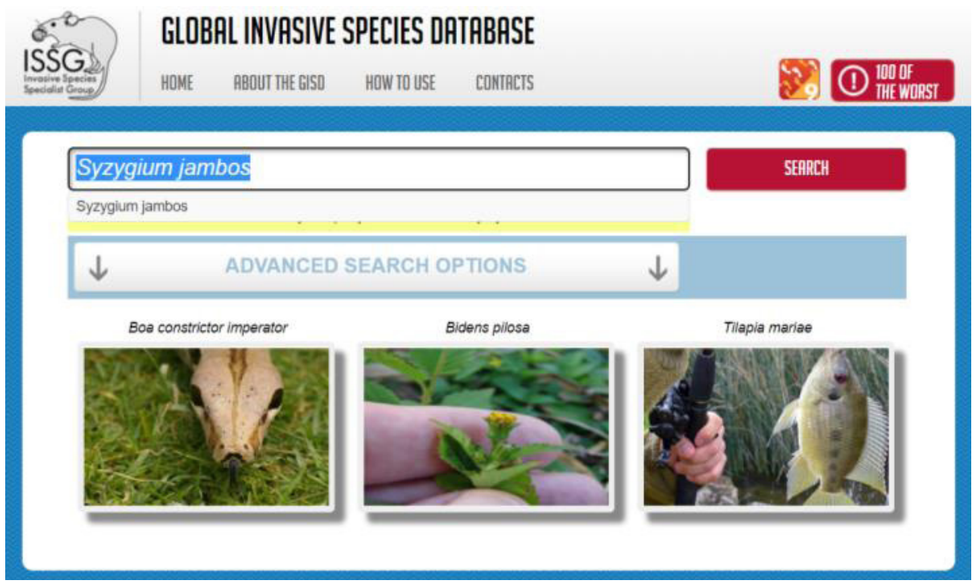
Prácticas que evitan generar ambientes propicios para la colonización de las especies invasoras.

Uso preventivo de protectores en aspersores (fertirriego)
Evitan el vertido de fertilizantes nitrogenados al reservorio

c. Planificación controlada e informada para la introducción de especies

La persona productora puede detallar y enlistar cada una de las actividades que impliquen introducción de nuevas especies ya sea por decisión propia o por requerimientos de normativas internacionales o nacionales. Por ejemplo: arborización de caminos públicos o infraestructura, reforestación de zonas de protección junto a cauces naturales, formación de biocorredores, programas de expansión de cobertura a lo interno del cultivo[16] o en áreas de canales de drenaje, entre otros.

Paralelamente, es necesario caracterizar las especies a ser introducidas y que son parte de plan anual definido por la persona productora. Se sugiere determinar el nombre común y científico para poder realizar consultas con especialistas o comparar con información científica en registros o bases de datos locales o internacionales que puedan ayudar a clarificar el potencial invasivo de dicha especie **antes de ser utilizada.** En todo caso siempre es ideal seleccionar opciones de especies nativas[17], adaptadas a la zona y que no generan problemas de plagas o enfermedades en el cultivo.



Ejemplo: Especie de interés a ser introducida por una finca en Costa Rica: Manzana Rosa (*Syzygium jambos)*/ Búsqueda simple en GISD

d. Ampliación de la información de las especies de interés

Una vez identificada la posible especie a ser introducida, el siguiente paso es realizar una búsqueda que permita descartar cualquier riesgo o potencial invasivo; mediante el uso de diferentes recursos o herramientas que pueden resultar de gran utilidad en la toma de decisiones, por ejemplo, una de ellas es la Base de Datos de Especies Invasoras Globales "GISD", la cual contiene información científica y reconocida sobre las especies invasoras en diferentes regiones del mundo, incluyendo: descripción general, taxonomía, ecología, impactos, distribución como especie nativa e invasora y estrategias de control.
Por otro lado, la base de datos también provee un componente de predicción (comparando el hábitat nativo con el invadido), así como un enlace que determina si la especie bajo consulta está incluida o no en la lista roja[18] de la UICN.

Para accesar a la información de la especie de interés, el usuario puede realizar dos tipos de búsqueda (ver figura 2):

- Búsqueda sencilla: si ya se conoce la especie, únicamente se coloca el nombre común o científico.
- Búsqueda avanzada: mediante la selección de multivariables, tales como: taxonomía (*hongos, plantas, animales, virus, otros)*, sistema medioambiental *(*aguadulce, salobre, *marino, terrestre, otros)*, localización *(*región, país, sitio), impacto, vía de introducción, manejo *(prevención, control, erradicación)* entre otros.

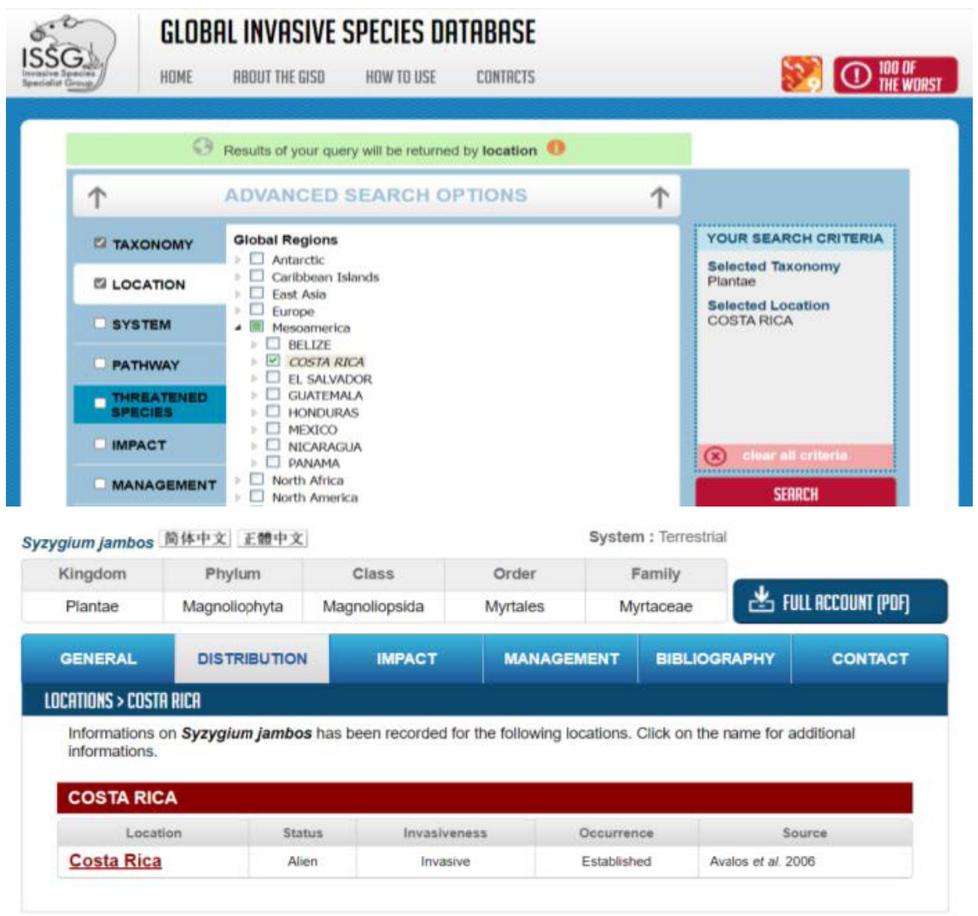


Figura2. Continua Ejemplo: Búsqueda Avanzada - Resultado: especie invasiva (se descarta su uso)

Adicionalmente es importante llevar a cabo consultas en las listas oficiales de cada país[19], ya que estás podrían estar más actualizadas.

e. Monitoreo de las actividades incluidas en el plan de prevención

Los protocolos de monitoreo pueden ser diseñados agrupando las especies taxonómicamente, es decir, métodos de evaluación especiales para plantas, mamíferos, insectos, reptiles, peces e invertebrados de agua dulce y patógenos. Se recomienda enfocar los monitoreos a sitios claves identificados en los mapas como áreas de alto valor para la conservación: corredores biológicos, parches de bosque, cuerpos de agua o sitios que alberguen especies con condiciones especiales de conservación (Se puede emplear la metodología de AVCs)[20].

El tipo de evaluación[21] y la frecuencia dependerá del nivel de riesgo que haya sido identificado.

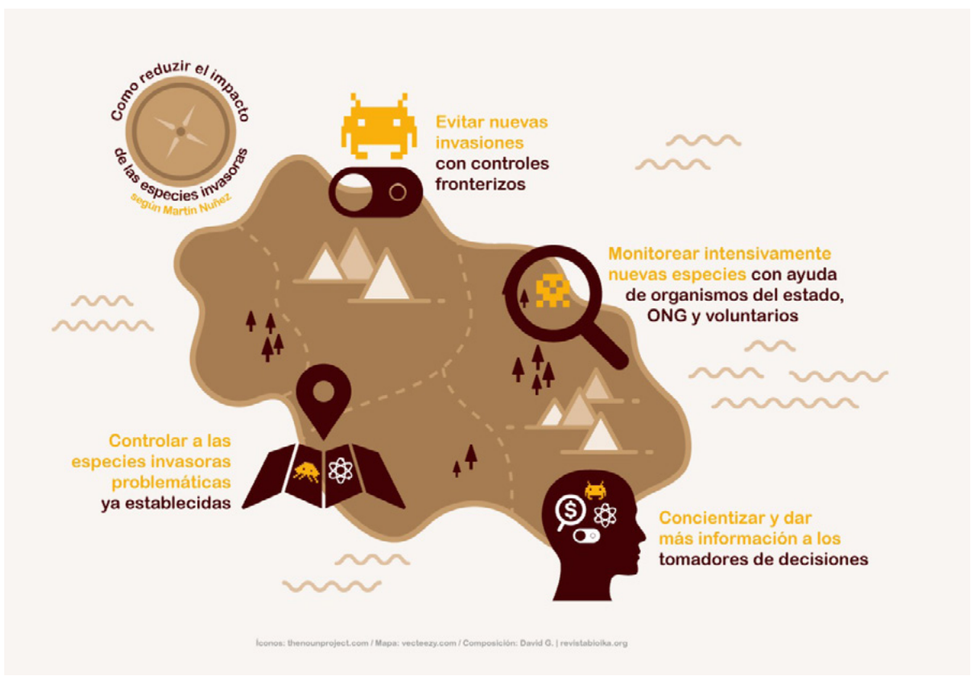
16 Ver ficha # 6 "Cobertura Vegetal Viva".
17 Consultar en la página del Royal Botanic Garden.
18 La Lista Roja de la UICN es el inventario más reconocido mundialmente sobre el estado de amenaza de las especies. Incluye nueve categorías, de las que sólo tres son consideradas como amenazadas: "En Peligro Crítico", "En Peligro" y "Vulnerable".
19 Ejemplo de países de interés: Costa Rica, República Dominicana, Colombia y Ecuador
20 Metodología Detección de Altos Valores de Conservación (AVCs). WWF, 2013
21 Se sugiere desarrollar una lista de chequeo que incluya cada una de las actividades definidas en la estrategia de prevención

De esta forma si se cuenta con mapas de las áreas de control y no se han identificado sitios externos o internos con presencia de especies exóticas invasivas, y por otro lado la persona productora no realiza siembras de especies vegetales o introducción de fauna exótica sin contar con permisos legales (si aplican) y la verificación de su potencial invasivo, entonces el monitoreo podría realizarse anualmente, caso contrario se podrían reducir los periodos de seguimiento.

Una evaluación oportuna y sistemática es la base para poder identificar la presencia de especies exóticas invasivas de forma temprana, en caso de que esto suceda, se deberá considerar los descrito en el paso 2.

Paso 2. Detección y Alerta Temprana

Los mecanismos de detección temprana, tales como: monitoreos preventivos, recorridos programados y observación en campo por grupos capacitados, comunicados o advertencias emitidas por entidades externas o regulatorias, entre otros; son indispensables como voz de alerta para responder con rapidez a nuevas invasiones. Como estrategia, la detección temprana implica acciones regulares y planificadas de vigilancia, tendientes a buscar, documentar e informar sobre introducciones o establecimientos de especies exóticas nuevas (vigilancia activa).



En esta etapa la persona productora debe valorar la importancia de contar con un plan de contingencia fundamentado en conocimientos técnicos y científicos exactos[22]; que permitan responder de forma oportuna y seleccionar las medidas de gestión óptimas (ver paso 3) según el tipo e impacto de la especie exótica de interés. Su diseño y aplicación debe contar con el apoyo de las partes interesadas *(entidades de gobierno, expertos, personal calificado)*, los recursos y el compromiso.

El Mecanismo de Detección y Alerta Temprana debe adicionalmente contemplar:

- Información sobre el estado, distribución y características de la especie invasora, así como sus impactos a nivel local, nacional y regional.
- Recopilación de datos sobre invasiones pasadas a nivel local (si existen) y lecciones aprendidas.
- Verificación en registros o listas[23] en donde se categorice el nivel de incidencia de la especie invasora sobre la producción agrícola y el medio natural. Referencias basadas en estudios de riesgo elaborados por especialistas (cuando existan), que faciliten comprender acerca de las eventuales repercusiones ecológicas y económicas; definiendo prioridades al momento del diseño de la estrategia de mitigación.
- Información sobre las prácticas comerciales que condujeron a invasiones (transporte, intercambios comerciales nacionales e internacionales) y otras vías de acceso.

Paso 3. Gestión de Respuesta

Si los mecanismos de detección y alerta temprana determinan la presencia de especies exóticas invasoras “EEI”, la persona productora deberá analizar y ajustar el plan de contingencia y los pasos de manejo a seguir teniendo en cuenta información clave de la especie objetivo, el tiempo de reporte e identificación; así como su nivel de colonización. Las cuatro medidas principales para hacer frente a EEI ya establecidas son la erradicación, la contención, el control y la mitigación.

Actividades a considerar:

a. Actualización de mapas

Es necesario actualizar el mapa que ya fue elaborado, destacando el sitio en donde se identificó la especie exótica invasora; así como el área de impacto y el punto de ingreso de ser posible. **Por ejemplo**: durante un monitoreo preventivo en una finca de banano en Ecuador se detectó la presencia de Trucha Arcoíris “Oncorhynchus mykiss” en el estero natural utilizado para irrigación.

La persona productora debe:

- Incluir el ecosistema en el mapa bajo un nuevo estatus **(invadido)**
- Reportar la extensión del área de impacto **(3,2 hectáreas de espejo de agua)**
- Sitio posible de ingreso **(Canal #2/ proveniente de fincas vecinas)**

22 Base de datos, legislación nacional, estudios técnicos, estrategias nacionales de control, entre otros.
23 Listas: negras (invasoras destructivas), grises (Invasora probable) y blancas (baja probabilidad de ser invasora). UICN 2001.

b. Inventario

Si se observan varios individuos de las especies de interés, se recomienda hacer un inventario rápido con la ayuda de un especialista y analizar el potencial invasor consultando información científica/técnica disponible (GISD)[24]. El inventario debe incluir la ubicación geoespacial de la presencia de las especies invasoras.

c. Erradicación

La erradicación es una actividad efectiva si se ejecuta en etapas tempranas de invasión, cuando la población objetivo o fundadora es pequeña y en superficies relativamente limitadas, ya que una vez que la especie se ha establecido es muy difícil llevarla a cabo. La erradicación busca la eliminación total de la población en un periodo definido y mediante el uso conjunto de metodologías de menor impacto, que sean aplicadas de forma planificada y en concordancia con estudios técnicos y regulaciones nacionales. Por ejemplo: captura de individuos, arrancar malezas, recolección de semillas, pastoreo, corta, pesca, sustracción manual de huevos, entre otros. La erradicación debe intentarse cuando sea ecológicamente factible y se cuente con los recursos financieros y con el compromiso necesario para su culminación.

Extremadura, España: Erradicación Manual
Jacinto Acuático “Eichhornia crassipes”

Los programas de erradicación deben seguir cuatro fases esenciales:

- Dimensionar el problema. Utilizando ya sean métodos de campo, análisis geoespacial o estudios de referencia que se estén desarrollando en el país.
- Elaborar el programa. Considerando un enfoque estratégico, que permita identificar los puntos vulnerables de la especie objetivo y las principales rutas de invasión. El programa debe distinguir las especies meta, áreas de control, metodología de erradicación[25] y plazos. Se deben excluir del programa métodos químicos, trampeos y otros que puedan afectar la vida silvestre nativa.
- Implementación. Enfocando el esfuerzo en los sitios donde ha ocurrido la nueva invasión, para lo cual se debe movilizar y activar de manera rápida los recursos y la capacidad técnica suficiente cuando se detecta una especie exótica invasora.
- Evaluación y monitoreo. Validando la erradicación mediante actividades de supervisión que comprueben la efectividad de las medidas implementadas y minimicen las posibilidades de una nueva invasión. La persona productora debe considerar que un programa de erradicación exitoso debe ir acompañado de medidas de prevención frente a la recolonización de la especie eliminada, así como de un sistema de alerta temprana.

d. Contención

La contención es una forma de control dirigida a restringir a una especie invasora en una zona geográfica limitada. La población puede ser contenida mediante varios métodos que se aplican a lo largo del límite del área propuesta (*barreras naturales, canales o cordones sanitarias, entre otros*), impidiendo que la especie se introduzca en nuevos sitios cercanos. Este método tiene el objetivo de reducir la competitividad, favoreciendo que las especies nativas recuperen su terreno y reemplacen a la especie invasora. Los sitios más adecuados para la contención son los hábitats aislados que no tienen conexiones adecuadas para la propagación de la especie invasora, por ejemplo: lagunas, parches de bosque o reservorios de agua.

Los programas de contención deben incluir un componente de vigilancia y definir objetivos:

- Limites que no deben sobrepasar la especie invasora,
- Hábitats que no deben ser colonizados ni invadidos, entre otros.

e. Control

A diferencia de la erradicación, el control es una actividad de carácter permanente que tiene diferentes propósitos y objetivos. Sólo minimiza el problema, no lo elimina, siendo además una opción que requiere un esfuerzo constante y continuo en el tiempo; de esta forma la finalidad del control es reducir la densidad y abundancia de un organismo invasor para mantenerlo por debajo de un límite aceptable[26]. Esta opción es posible cuando el área de dispersión de la especie invasora es limitada y con límites definidos.
La persona productora debe considerar establecer un protocolo de control que no impacte negativamente a las especies nativas. Razón por la cual se sugiere descartar métodos de respuesta química. La Base de Datos “GISD”[27] incluye opciones de control para las especies enlistadas como exóticas invasoras; sin embargo, siempre se deben preferir métodos que han tenido éxito en condiciones similares, es decir, en hábitats y climas parecidos.

Algunos mecanismos de control utilizados en los principales grupos taxonómicos son:

Control de plantas:

- Arrancar. Sustracción de hierbas, pequeños arbustos y enredaderas con raíces superficiales. En áreas bajo procesos de sucesión natural, la persona productora podría optar por implementar un proceso de regeneración asistida[28], eliminando las especies dominantes e invasivas que no permiten el crecimiento de otras plántulas e incorporando nuevas especies nativas[29].
- Podar. Eliminación de partes de la planta previo a la floración, fructificación o aporte de semillas.
- Recolección de semillas.
- Cubrir. Utilización de una capa de mantillo, periódicos, cartón, lona o plástico opaco[30] en el área invadida.
- Cortar. Seccionar la planta varias veces al año para reducir la capacidad fotosintética.
- Uso controlado de animales de pastoreo. Considerando requisitos de ley y criterios de normas internacionales, así como los posibles impactos sobre otras especies nativas.
- Siembra de especies nativas competidoras.

Control de vertebrados terrestres:

- Recolección y captura manual o mecánica.
- Control biológico. Introducción de enemigos naturales, acción que requiere conocimiento técnico.
- Medios especializados. Liberación de machos estériles o depredadores.

24 Base de Datos de Especies Invasoras Globales (GISD)
25 Se debe asegurar que los métodos de erradicación sean lo más específicos posible y de corto plazo, además los métodos de control deberían ser social, cultural y éticamente aceptables, eficientes, no contaminantes y no deberían afectar de manera adversa a la flora y fauna nativas, a la salud y el bienestar humanos, a los animales domésticos y a los cultivos.
26 El límite aceptable está relacionado con la intensidad del impacto de la especie sobre el ecosistema, pero se podría expresar como la distribución o la densidad de las poblaciones de la especie invasora o una combinación de ambas cosas. CAB Internacional 2001.
27 Base de Datos de Especies Invasoras Globales (GISD)
28 Ver Ficha # 18 “Recuperación de hábitats naturales degradados”
29 Con apoyo y guía técnica
30 Considerar opciones de reciclaje como método de disposición final. Ver ficha # 28 “Gestión de residuos sólidos (dirigido a plástico)”

Control de organismos dulceacuícolas:

- Recolección y captura manual o mecánica.
- Control biológico. Introducción de enemigos naturales, acción que requiere conocimiento técnico.
- Pesca controlada
- Gestión de hábitat. Modificando por ejemplo el caudal de ingreso al sistema.

En todos los casos es importante garantizar la capacidad técnica del personal que se encargará del manejo y control de las especies objetivo, por lo que se deben realizar campañas de sensibilización y capacitación enfocadas en el conocimiento de las especies invasoras y los métodos de control a ser aplicados.

f. Mitigación

Cuando todos los métodos anteriores han fallado o no son posibles, la alternativa es la mitigación, que consiste en aliviar los impactos de la especie invasora sobre la biodiversidad y las especies nativas amenazadas. Las medidas de mitigación normalmente son las más costosas y complejas.

Para la mitigación se debe:

- Establecer un plan de mitigación. Considerando que la diferencia con las prácticas de contención y control es que la actividad planificada de mitigación no busca afectar directamente a la especie invasora sino más bien fortalecer las especies nativas afectadas.
- Buscar alianzas estratégicas. Incluyendo grupos de interés (*ONGs, Universidades, Ministerios y fincas vecinas)* para establecer un plan de mitigación más amplio y robusto.

Paso 4. Capacitación

La formación es un componente clave para el éxito de las estrategias de prevención y gestión. Los talleres de entrenamiento dirigidos a personal seleccionado que apoye la implementación de la medida, así como la consulta a entidades y expertos son actividades necesarias que deben formar parte de los planes de capacitación.

Se sugiere la planificación de las siguientes capacitaciones:

- Conocimientos sobre especies nativas e identificación de especies exóticas invasivas.
- Uso de bases de datos y consultas a legislación aplicable
- Reconocimiento de la presencia de nuevas especies
- Estrategia de prevención y gestión de respuesta

Paso 5. Evaluación

Desarrollar una evaluación anual integral de las medidas adoptadas con el fin de determinar lecciones aprendidas. La evaluación debe incorporar la efectividad de las acciones preventivas implementadas y los mecanismos de detección temprana; así como el análisis de áreas sujetas a medidas de erradicación, control, contención y mitigación; considerando riesgos de contaminación cruzada latentes que se mantienen a nivel de paisaje.

Indicadores de desempeño

- # actividades implementadas como parte del Mecanismo de Detección y Alerta Temprana.
- Cantidad de especies invasoras identificadas, erradicadas y controladas.
- Cantidad de hectáreas recuperadas después de implementar las medidas de erradicación, control y mitigación.
- Número de personas capacitadas como parte de las estrategias de prevención y gestión.
- Ahorro anual estimado en $ al minimizar impactos de EEI que repercuten en productividad.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades del Mecanismo de Detección y Alerta Temprana, así como las medidas de erradicación, contención, control y mitigación.
- *Externo:* Profesionales en biología con experiencia en identificación y manejo de especies invasoras.

Referencia de Costos[31]:

- Plan Preventivo (desde $2.000 en adelante dependiendo de las áreas a evaluar). Algunos costos pueden incluirse dentro de los gastos actuales de la finca. (Valor base el salario mínimo legal por hora, según país).
- Mecanismo de Detección y Alerta Temprana (Entre $1.500 y $2.000).
- Programa de Erradicación, Control y Mitigación (Dependerá de la dimensión del problema).
- Consultoría técnica para la implementación de los programas, incluyendo la evaluación (225$/día).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Las especies exóticas invasoras son consideradas como una de las principales amenazas para la conservación de la diversidad biológica a escala global, ya que sus impactos pueden ser perjudiciales tanto para las especies autóctonas como para los ecosistemas nativos. En la agricultura son precursores de cambios que afectan negativamente las condiciones fitosanitarias en el cultivo, disminuyendo la productividad y ocasionando daños estéticos y de calidad, como resultado de la competencia por nutrientes, la degradación del suelo, la reducción en la disponibilidad del recurso agua y las alteraciones en los patrones de drenaje, entre otros.

Las acciones preventivas y los mecanismos de detección y alerta temprana, deben ser los pasos claves e iniciales a seguir por parte de la persona productora, para evitar la introducción y colonización de especies exóticas invasoras, siendo las medidas de repuestas alternativas que ayuden a disminuir la presión e impactos potenciales en el cultivo y en el medio natural.

De esta forma una finca que planifica y mantiene un sistema de prevención y vigilancia a nivel de paisaje, actuando de forma oportuna y sistemática contra las invasiones biológicas, disminuye las pérdidas económicas a la vez que favorece la protección, restauración, gestión de los ecosistemas aledaños.

31 Estos costos se realizaron mediante cálculos de estudios similares y pueden variar significativamente dependiendo de factores de área y de nivel de la invasión biológica.

Casos de éxito

En Caño Negro y Caribe Noreste, dos de los sitios Ramsar ubicados en Costa Rica, se reporta la presencia del Pez Diablo (Pez Pleco o Chupa Piedras). El cuál es referido bajo diferentes nombres científicos *Hypostomus panamensis* o *Hemiancistrus aspidolepis* y es originario de Suramérica.

Pez diablo en la zona del Humedal Ramsar Caño Negro
Foto de Paulina Vargas: Revista Ambientico, 2018

Ante este contexto de invasión y la carencia de información, el Proyecto Humedales inició muestreos preliminares, en ambos humedales, durante la época seca de 2016 y 2017. Determinando que el porcentaje de Pez Pleco era equivalente a familias de peces nativos y abundantes como los Cíclidos y Characidos. En busca de una solución, se promovió una estrategia de control que conllevó a una propuesta de modificación de Ley de Conservación de la Vida Silvestre que permitiera el uso de técnicas alternativas de pesca para el control de fauna íctica invasora en aguas continentales bajo seguimiento técnico y fiscalización en campo. Actualmente (2021) se están presentando problemas de invasiones del Pez Gato en el Humedal de Caño Negro, por lo que ya se están elaborando censos poblacionales e incentivando a la gente a reportar su captura[32].

Casos de éxito

En la finca Quinta Pasadena en República Dominicana se presentó un problema similar con el Pez Gato (*Clarias batrachus*), especie originaria de Vietnam (*catalogada con exótica invasora en República Dominicana)*, donde empezó a proliferar en un reservorio de agua que se utiliza para riego. La estrategia en este caso fue la erradicación, extrayendo temporalmente el agua del reservorio para eliminar el 100% de los individuos.

Peces

No.	Especie	Nombre común	Características de invasividad	Estatus
1	*Betta bellica*	Pez beta	Información no disponible	Posible invasora
2	*Betta sp.*	Pez beta	Desplaza fauna nativa y ataca tilapias del río Ozama	Invasora
3	*Betta splendens*	Pez beta	Desplaza fauna nativa y ataca tilapias del río Ozama	Invasora
4	*Cichla ocellaris*	Información no disponible	Piscívoro, desplaza fauna nativa	Posible invasora
5	*Clarias batrachus**	Pez gato	Información no disponible	invasora
6	*Colossoma macropomum*	Información no disponible	Información no disponible	Posible invasora

Pez Gato Caminador (Clarias batrachus)

32 Luis Guillermo Ramírez, colaborador del Refugio. En nota periodística de San Carlos Digital en octubre del 2021.

Referencias

[1-3-10-23] Estrategia Mundial sobre Especies Exóticas Invasoras: https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/Gestao/EstrategiaMundialsobreEspeciesExoticasInvasoras.pdf
[2] Glosario de términos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB): Consultado en línea en noviembre del 2021: https://www.cbd.int/invasive/terms.shtml
[4] Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3: https://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-es.pdf
[5] Definición de plantas vasculares. Definición de plantas vasculares - Qué es, Significado y Concepto (definicion.de)
[6] Ecology of Invasive Plants: State of the Art: https://www.researchgate.net/publication/313724722_Ecology_of_invasive_plants_State_of_the_art
[8] Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático: https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf
[9] Estrategia Nacional de Especies Exóticas Invasoras de Republica Dominicana. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012: Estrategia-species-exoticas.pdf (cbd.int)
[11] Definición de eutrofización. https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/eutrofizacion.htm
[12] Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). https://www.iucn.org/es/es/nuestro-trabajo/region/am%25C3%25A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/soluciones-basadas-en-la-naturaleza
[13-26] Especies exóticas invasoras: Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión. Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión - mexico and central america (doczz.net)
[20] Detección de Altos Valores de Conservación (AVC): https://www.proforest.net/fileadmin/uploads/proforest/Documents/Publications/guia-generica-para-la-identificacion-de-altos-valores-de-conservacion.pdf
[24-27] Global Invasive Species Database "GISD": Consultado en línea en diciembre del 2021: http://www.iucngisd.org/gisd/

Otras consultas:

- 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Spanish.pdf (iucngisd.org)
- Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano: https://www.redalyc.org/journal/437/43754020008/html/
- Análisis de riesgo de ocho especies forestales con potencial invasor en México: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/comp1/Informe_y_analisis_de_riesgo_arboles_1.pdf
- Especies exóticas invasoras: dos casos en humedales Ramsar. En Humedales de Costa Rica: https://enbcr.go.cr/sites/default/files/especies_exoticas_invasoras_dos_casos_en_humedales_ramsar.pdf
- Especies Exóticas Invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo: https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/exoticas.aspx
- Especies Exóticas Invasoras en la República Dominicana 2010. http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Registros-Especies-Exoticas-Potencialmente-Invasoras.pdf
- Especies Exóticas Invasoras: una amenaza a la biodiversidad. Orientaciones para un manejo adecuado. Santo Domingo, R.D.: http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/Especies-Exoticas-Invasoras.pdf
- Estrategia Nacional de Biodiversidad Costa Rica 2016 – 2025: Consultada en línea en noviembre del 2021: https://enbcr.go.cr/?q=lista-de-especies-invasoras
- El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1
- Lineamientos Estratégicos para el Manejo de Especies Exóticas en la APN (Administración de Parques Nacionales (Argentina). Agosto 2007: https://sib.gob.ar/archivos/version_final_Lineamientos.pdf
- "Mitigando las amenazas de las especies exóticas invasoras en el Caribe Insular". Santo Domingo, República Dominicana.: https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/4CAD6958-68E8-A0AB-E856-852720AD7CF8/attachments/ESTRATEGIA-ESPECIES-EXOTICAS.pdf
- Objetivo #15 de Desarrollo Sostenible: Consultado en línea en noviembre del 2021: http://los17ods.org/los-17-objetivos-para-2030/biodiversidad/
- Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi.: https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf
- Primer Proyecto del Marco Mundial de la Diversidad Biológica Posterior a 2020. Consultado en línea en noviembre del 2021: https://www.cbd.int/doc/c/0671/4456/ff4979877c8a9a910912689e/wg2020-03-03-es.pdf

Colaboración de Experto: Bióloga. M.Sc. Katia Barrantes Salas / Email: katya@kwconsultores.com

Vivero con especies locales adaptadas

17

Categoría A

Upala Agrícola, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

A

Medidas Relacionadas

9 Control de deriva

11 Barreras naturales en áreas de actividad humana

16 Identificación y control de especies exóticas invasoras

18 Recuperación de hábitats naturales degradados

19 Zonas de protección de recurso hídrico

20 Reservorios de biodiversidad

21 Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas

22 Rutas de conectividad internas y externas

23 Involucramiento con iniciativas de conservación

24 Protección de polinizadores

27 Reservorios de agua

29 Sensibilización en temas medioambientales

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.2.3

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.5.1.5, 4.5.1.9

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

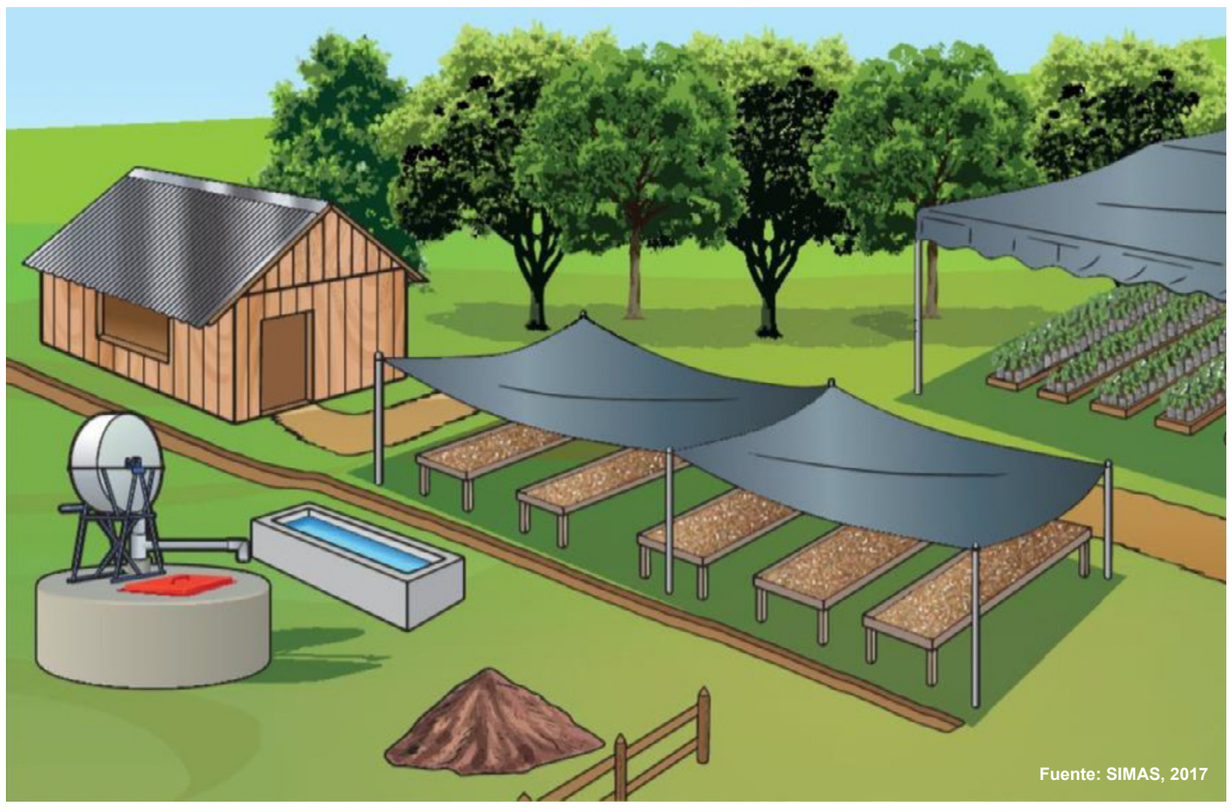
Vivero con especies locales adaptadas

FICHA 17

Descripción de la medida

Las plantas nativas[1], son especies locales que han evolucionado bajo condiciones ambientales específicas, adaptándose al sitio de origen, al clima, suelo, agua y a comunidades bióticas determinadas. Estas especies cuentan con mecanismos definidos de germinación, vinculados con requerimientos particulares de temperatura, humedad y luz[2].

La propagación de las plantas nativas en sitios bajo un manejo controlado como son los viveros[3], es una estrategia complementaria a la dinámica natural de estas especies; que permite el desarrollo de actividades de prevención y control de depredadores, plagas y enfermedades que pueden dañar las plántulas en la etapa de mayor vulnerabilidad, pues al recibir los cuidados necesarios y ser mantenidas en condiciones propicias para lograr un buen desarrollo, se generan mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplanta a un lugar definitivo[4].



Vivero con Media Sombra

1 Una especie nativa es aquella que vive en una zona determinada de una manera espontánea y natural. Es decir, hace parte de la vegetación de una región, conocido como su hábitat natural, y no es producto de la intervención humana de forma directa o indirecta en el pasado o presente. Fundación Red de Árboles, 2021
2 Viverismo de Especies Nativas. Universidad Nacional de Córdoba, 2014
3 La palabra vivero proviene del latín vivarium que significa "lugar de vida". Un vivero es un espacio delimitado especialmente dispuesto para la plantación, germinación, maduración y propagación de todo tipo de plantas. CEU, 2019.
4 Guía base para el establecimiento de viveros forestales. PNUD, 2020

Para la producción de árboles y arbustos nativos, se pueden establecer tres diferentes tipos de viveros, cada uno con diversos objetivos y niveles de aplicación.

- Los viveros forestales producen especies destinadas a la generación de madera[5], cortinas rompevientos, arborización en áreas públicas y reforestación de ecosistemas degradados, entre otros.
- Los viveros de frutales están dedicados a la producción de especies para la obtención de distintos tipos de frutas.
- Los viveros ornamentales tienen como objetivo la producción de plantas de interior y exterior con fines de embellecimiento de diferentes espacios.

Para el desarrollo de estas iniciativas en zonas agrícolas, es importante considerar la producción diversificada y continua de plantas nativas para hacer del vivero una actividad exitosa y rentable. La venta de plántulas para programas de reforestación a nivel local y regional puede ser una alternativa, que brinde autonomía y permanencia al proyecto en el tiempo; fortaleciendo el objetivo principal que es la producción de plantas para cubrir las necesidades y requerimientos propios de la finca.
La medida, busca promover el desarrollo de proyectos de viveros, que cumplan no sólo con las leyes nacionales aplicables, relacionadas con actividades de colecta, manejo e introducción de especies; sino también que sean un modelo sostenible, aprovechando los recursos disponibles en cada región, con el menor impacto posible y bajo una guía técnica permanente que apoye actividades y capacite en las mejores técnicas de propagación y preservación ex situ del germoplasma nativo.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Provee material vegetativo para la recuperación de ecosistemas naturales degradados y el desarrollo de biocorredores en la finca o a escala regional.
- Ayuda a mejorar el hábitat, ofreciendo recursos y refugio necesario para la fauna local o migratoria, incluyendo especies endémicas o con algún nivel de vulnerabilidad[6].
- Favorece la presencia de especies, polinizadoras y dispersoras de semillas, ayudando a la regeneración del ecosistema y brindando mayor estabilidad y disponibilidad de recursos.
- Permite rescatar especies de flora autóctona, identificando y utilizando árboles semilleros con un mayor valor paisajístico.
- Ayuda a incrementar los reservorios de carbono en la finca.
- Propicia la regulación del microclima en las áreas de siembra, al ser especies adaptadas al ambiente en que se desarrollan.

Fuente: Finca Quinta Pasadena, 2021

Búho Cucú “Athene cunicularia” en árbol nativo.

Beneficios para la persona productora

- Brinda recursos a la persona productora que ayudan a proteger el suelo de la erosión, mejoran la permeabilidad, aportan materia orgánica y mantienen la humedad.
- Facilita a la persona productora el desarrollo de proyectos de educación ambiental y acercamiento con las comunidades y recursos de apoyo para áreas de protección declaradas a nivel estatal[7].
- Permite tener disponible material de siembra para la implementación y fortalecimiento de barreras naturales en áreas sensibles a deriva química[8] como vías públicas, alrededores de infraestructura y canales de drenajes, entre otras; a un bajo costo especialmente cuando se utilizan semillas, plántulas u otro material vegetativo proveniente de árboles seleccionados, ubicados en la finca o zonas de influencia.
- Brinda opciones de ingreso adicional con la venta de plantas de valor comercial (maderables, frutales, ornamentales, otros).
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance.

Metodología de implementación de la medida

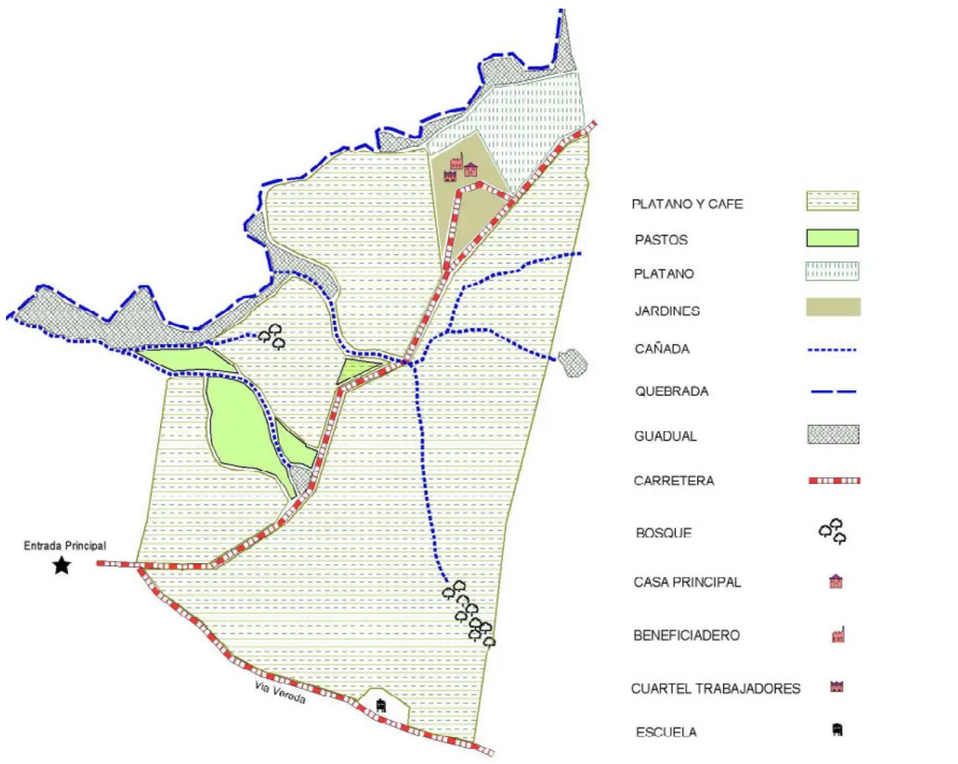
La producción de material vegetativo en vivero constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar especies útiles y complementarias a los sistemas productivos que pueden ser incorporadas en áreas naturales como parte de los procesos de restauración de rondas hídricas y parches boscosos, o bien utilizadas como herramientas de manejo del paisaje (HMP) al implementar cercas vivas, corredores biológicos, así como sitios de atracción y protección de especies polinizadoras.
El establecimiento de un vivero de especies nativas es un proyecto que implica el desarrollo de un plan de trabajo, con objetivos claros, apoyo técnico y financiero; así como la implementación de diversos pasos o actividades que incluyen la selección de especies, diseño y construcción de la infraestructura, métodos de recolección y propagación, labores culturales (riego, fertilización, control de plagas y enfermedades) y la preparación de las plantas para su siembra en el terreno.

5 Ver Ficha #21 “Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas”.
6 Especies amenazadas, en peligro o con poblaciones reducidas. (ver marco legal de cada país).
7 Ver Ficha #23 “Involucramiento con iniciativas de conservación”
8 Ver Ficha #9 “Control de deriva”

Paso 1. Determinación de objetivos y área final de siembra

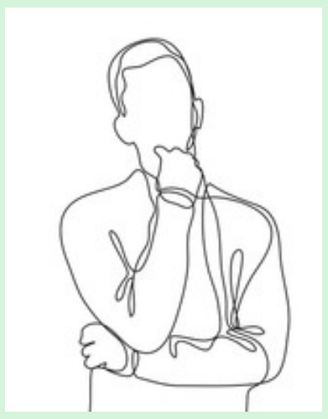
Un vivero es un lugar destinado a la multiplicación y cuidado de las plantas; en donde la persona productora puede asumir un mejor control de algunas variables claves para el desarrollo de las semillas y material vegetativo, tales como temperatura, humedad, fertilización y luz, buscando obtener una planta viable para su siembra en el lugar seleccionado.

Al planificar el proyecto del vivero, es importarte tener en cuenta previamente, los objetivos de siembra y los sitios de interés para el establecimiento final de las plantas producidas, lo cual ayudará no sólo a determinar la cantidad y selección de las especies, sino también la temporalidad (permanente o transitorio), la ubicación, tamaño, actividades y diseño del vivero, disminuyendo impactos ambientales y optimizando la inversión económica, el tiempo y el recurso humano requerido.



Fuente: Adaptado de Finca La Esmeralda, 2021

Figura 1. Mapa base para decidir sitio de establecimiento de un vivero.



Protección de orillas de ríos, nacientes de agua, áreas propensas a erosión.	✓
Recuperación de ecosistemas degradados	✓
Formación de barreras naturales para control de la deriva química	✓
Desarrollo de proyectos forestales en la finca	
Apoyo de proyectos comunales	✓
Donación para formación de biocorredores regionales	
Incremento de reservorios de carbono en la finca	✓
Venta de plantas a terceros con proyectos de reforestación	
Promoción y educación ambiental a centros educativos	✓

Tabla 1. Ejemplo de objetivos para la implementación del vivero:

Estos objetivos van de la mano con la identificación de las áreas que serán beneficiadas con la siembra final, sitios que pueden ubicarse a lo interno de la finca o fuera de ella, en caso de que parte del interés y alcance del proyecto sea trabajar con comunidades o iniciativas externas de conservación.

De esta manera, el diseño de mapas que incluyan la ubicación de los sitios de interés (ríos, caminos públicos, canales, áreas periféricas a ecosistemas, proyectos comunales, entre otros) es indispensable, no sólo para visualizar el contexto de estas áreas, sino también para determinar los requerimientos en cuanto al número y tipos de especies vegetales que se trabajaran en el vivero.

No es lo mismo seleccionar especies para la recuperación de un ecosistema, en donde se busque aportar alimento, refugio, sitios de anidamientos a la fauna local, que trabajar en la propagación de plantas para la formación de barreras en vías públicas, en donde el propósito es disminuir impactos por deriva química generada durante los ciclos regulares de aplicación.

Por ejemplo, una finca de producción de piña presenta un camino público de 900 metros lineales (*Vía la Vereda*), que divide la unidad de producción en dos secciones (ver figura 1); área sensible que puede verse afectada durante eventos de fumigación con spray boom, debido a la deriva química[9] producida por el equipo durante la labor.

Razón por la cual la Gerencia determina, como parte de sus objetivos de gestión, el desarrollo de un vivero de especies arbustivas de rápido crecimiento, que ayuden a formar barreras naturales que disminuyan dicho impacto, teniendo en cuenta que las plantas seleccionadas cumplan con ciertos requisitos:

- *Especies nativas, adaptadas a la zona donde se ubica la finca*
- *Ausencia de riesgo como hospederas de plagas y enfermedades para el cultivo*
- *Capacidad de desarrollo con una altura dos veces superior a las válvulas de aplicación del equipo de aspersión*[10]
- *Follaje denso y constante durante todo el año y de fácil mantenimiento (por un tema de costo)*
- *Ausencia de frutos o flores atrayentes de fauna o con potencial de uso o alimentación por parte de trabajadores o personas externas a la unidad de producción. Dado que la función principal es de retención de residuos químicos de la pulverización*

Paso 2. Identificación de especies nativas de interés

La siguiente actividad es la selección de las especies con las cuales se va a trabajar el proyecto, según los objetivos, los sitios finales de siembra y las cantidades requeridas[11] para cubrir las necesidades, definidas en el paso previo.

Con apoyo técnico, la persona productora, puede asegurar que las especies a ser recolectadas o adquiridas para ser propagadas en el vivero, presenten las características deseadas y no estén incluidas es listas de plantas exóticas invasivas[12].

Otra alternativa es buscar orientación en ONGs, entidades del gobierno especializadas, o consultar estudios o listas nacionales de especies nativas con viabilidad de propagación en viveros[13].

De esta forma, retomando el **ejemplo anterior** y teniendo claro los objetivos, la ubicación y extensión del área de siembra final, así como las condiciones especiales indicadas previamente; la Gerencia de la finca de piña, decide trabajar con dos tipos de arbustos típicos de la región, que pueden ser multiplicados rápidamente por esquejes o estacas (reproducción asexual[14]) y diseñar un vivero temporal que pueda suplir la cantidad necesaria de plántulas, no sólo para cubrir los 1.800 metros lineales (ambos lados del camino), sino también para reponer perdidas y poder realizar resiembras.

9 Ver Ficha #9 "Control de deriva"
10 En el caso de fincas de banano, se debe considerar especies que al menos alcancen la altura del cultivo, dado la fumigación aérea.
11 Se recomienda plantar un 10 % más de semilla o material vegetativo de la cantidad estimada inicialmente, para así poder responder en caso de perdidas por daños de manejo o ataque de plagas o enfermedades.
12 Ver Ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras". Consulta: Base de Datos de Especies Invasoras Globales (GISD)
13 Guías de Interés: Neotrópico, Costa Rica, Colombia, Ecuador, República Dominicana.
14 Reproducción asexual: La propagación asexual o agámica es la obtención de nuevos individuos (plantas) a partir de diferentes partes de las plantas, y no a través de semillas. Estas partes separadas de la planta que les dio origen tienen capacidad de regenerar su sistema radicular o formar otro sistema de ramas. INTA, 2018

Ejemplo de siembra por esquejes.

Paso 3. Establecimiento y gestión de viveros

Una vez definidas las especies y la estimación de la cantidad de plantas a ser reproducidas para cubrir los objetivos de siembra final, donación o venta externa; la persona productora debe considerar los requerimientos generales, las actividades y el diseño del vivero para la correcta ejecución del proyecto; asegurando de esta manera obtener material de calidad, con un tamaño adecuado, libre de plagas y enfermedades que finalmente pueda ser trasladado a los sitios definidos para la reforestación.

3.1 Requerimientos generales para el establecimiento del vivero[15]

Previo a la construcción del vivero, es importante que la persona productora considere diferentes variables, para la selección del sitio donde se desarrollará el proyecto. Paso crítico y de interés para asegurar el éxito de este.

a. Ubicación.

Idealmente es importante seleccionar un lugar de fácil acceso (traslado de personal, plantas y materiales), localizado lo más cerca posible del sitio de siembra final, disminuyendo de esta forma el riesgo de daño de las plántulas durante su movilización, así como los costos relacionados con el transporte.

b. Topografía.

El sitio seleccionado debe tener una topografía plana, sin presencia de objetos o residuos contaminantes y conformado con sistemas de drenaje para evitar estancamiento del agua durante la época de lluvia.

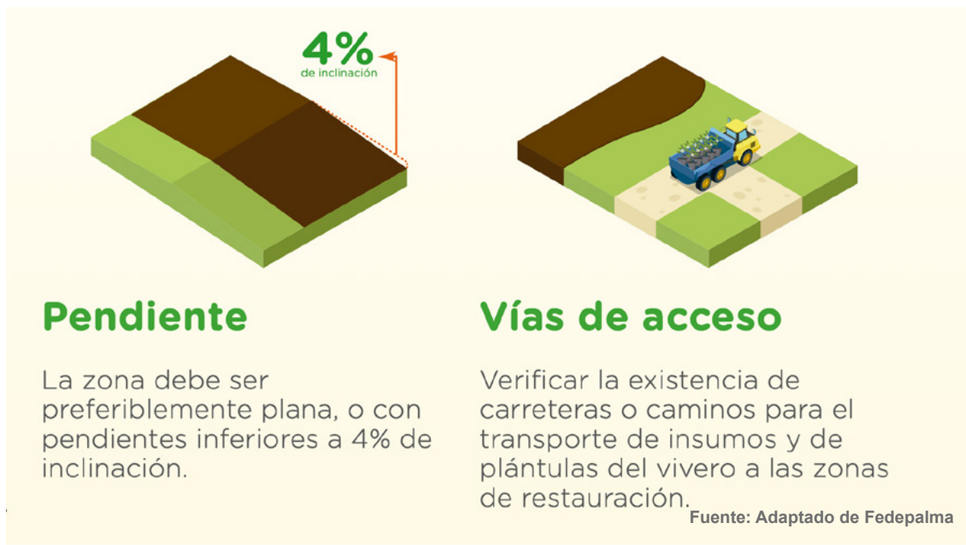
c. Orientación.

El área seleccionada debe permitir orientar el vivero en sentido este a oeste, lo cual favorece que las plantas reciban luz natural durante la mayor parte del día.

d. Espacio.

El área proyectada para el desarrollo del vivero debe estar acorde a los requerimientos de producción, de esta manera si el objetivo es satisfacer necesidades propias de la finca, la persona productora puede realizar una estimación de la cantidad de plantas a trabajar anualmente en el vivero, teniendo en cuenta la extensión (metro lineales o hectáreas) del área de siembra final (tal como se explicó en el paso 1). Sin embargo, cuando el alcance incluye la venta externa de plantas o donación a proyectos, el tamaño del vivero aumentaría para suplir esta necesidad.

Como dato orientativo, según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina[16], por cada 1.000 plántulas de producción se necesitan un área entre 16,5 y 20m2. Espacio al cual debe sumarse lo correspondiente a cortinas rompevientos, reservorios de agua, áreas de preparación de sustratos, bodegas y otras áreas detalladas en la sección de diseño del vivero.



e. Condiciones ambientales.

El área en donde se ubicará el vivero debe contar con condiciones ambientales (temperatura, humedad, precipitación, luz y suelos) representativas del área de siembra final, evitando sitios con temperaturas y precipitaciones extremas, especialmente durante la fase de germinación. El viento y la sombra son aspectos del medio que deben considerarse en el emplazamiento del vivero y estableciendo de medidas de regulación o control, como, por ejemplo: la disposición de barreras contra viento y el uso de media sombra, temas que serán ampliados en las siguientes secciones.

f. Suelos.

El vivero debe contar con una fuente cercana y segura de abastecimiento de tierra orgánica y arena, que es indispensable para la producción de plántulas. Un suelo con textura franco-arenosa es ideal para facilitar el enraizamiento de las plántulas. Se recomiendan suelos ligeramente ácidos (pH=5,5) a neutros (pH=7), y aquellos ligeramente alcalinos (hasta pH=7,5); en estos rangos, se tiende a regular la presencia de malezas e insectos terrestres, como las termitas y hormigas[19].

g. Disponibilidad de agua[17].

Se debe contar con un suministro disponible de agua[18] durante todo el año, especialmente en época seca, momento en donde la irrigación es muy necesaria; en este sentido es importante tener en cuenta la distancia desde el punto de captación hasta el área del vivero o sitios de almacenamiento, así como la capacidad de las fuentes utilizadas (pozos, nacientes, ríos, otros). El agua utilizada debe estar libre de pesticidas, agentes contaminantes y alta concentración de sales y carbonatos.

h. Normativas aplicables.

La persona productora debe considerar las regulaciones de ubicación y funcionamiento de los viveros, según aplique en cada país, así como las leyes de recolección de plantas o sus partes, en el medio ambiente.

15 Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y del Neotrópico. ELTI, 2012. / Viveros Forestales Urbanos, Construcción y Manejo. MADES/PNUD/FMAM, 2021

16 En detalle: unos 10 m2 de canteros de cría, más 0,5 m2 de almácigo o semilleros, y unos 6 m2 más para caminos y sendas. INTA, Argentina.

17 Es responsabilidad de la finca, la gestión de la concesión del agua, utilizando las cantidades permitidas con un el menor impacto posible.

18 Según la época del año y el manejo de sombra, se podría requerir de 350 ml a 1 litro de agua semanal por plántula.

MADES/PNUD/FMAM, 2021

3.2 Actividades básicas para la instalación del vivero[19]

La instalación de vivero implica la planificación de diversas actividades que deben ser implementadas de forma secuencial y cuidadosa, Para cada actividad la persona productora debe considerar requerimientos técnicos de manejo, recursos, entrenamiento del personal a cargo y tiempos de ejecución.

a. Preparación del terreno en construcción:

Es necesario realizar un control mecánico o manual de la vegetación que cubre el área donde se instalará el vivero, eliminando también cualquier resto de materiales extraños o desechos que se encuentren en el sitio.

Protección perimetral y barrera rompevientos.

b. Incorporación de sistemas de protección perimetral.

La protección perimetral tiene como objetivo la separación del vivero de áreas externas, evitando el acceso de animales y personas no autorizadas. El sistema utilizado debe permitir la entrada y circulación de aire, no generar sombra, ni influir en la temperatura del medio. Los materiales para emplear dependerán del nivel de inversión por parte de la persona productora.

c. Siembra de barreras rompevientos.

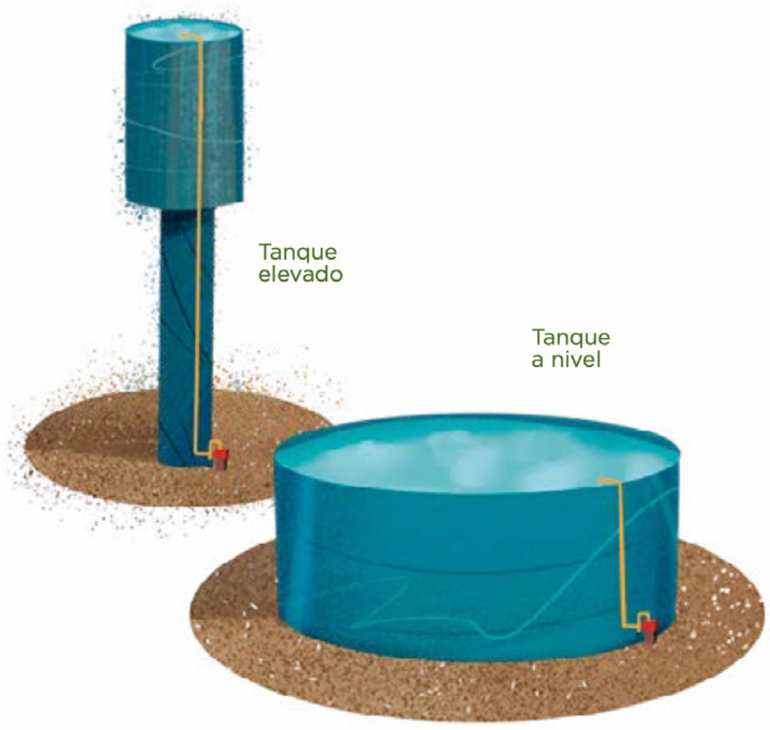
Considerando la ubicación y orientación del vivero, así como la predominancia de los vientos en el año, se debe valorar la necesidad de implementar barreras naturales (árboles o arbustos) que cumplan con esta función, evitando generar sombra no deseada o producción de semillas que puedan depositarse en el vivero.

d. Diseño de calles y sendas (pasillos).

La función principal es el tránsito o la circulación de vehículos y personas en el vivero. Las calles son más amplias y su ancho y según el tipo de vehículo utilizado pueden requerir de estabilización del terreno e incluso pavimentación; mientras que las sendas son las vías menores que separan los canteros[20] y pueden tener de 40cm a 80cm de ancho *(lo suficiente para el paso de personal y equipo)* y estar recubiertas con piedra triturada, evitando de esta forma acumulación de agua a lo largo del pasillo.

e. Construcción de un reservorio de agua

El vivero debe contar con un reservorio de agua con capacidad suficiente de almacenamiento, considerando tanto el flujo de agua procedente de la fuente de captación, como las necesidades de riego y uso alterno; así como volúmenes de reserva en caso de ser requeridos.



f. Irrigación

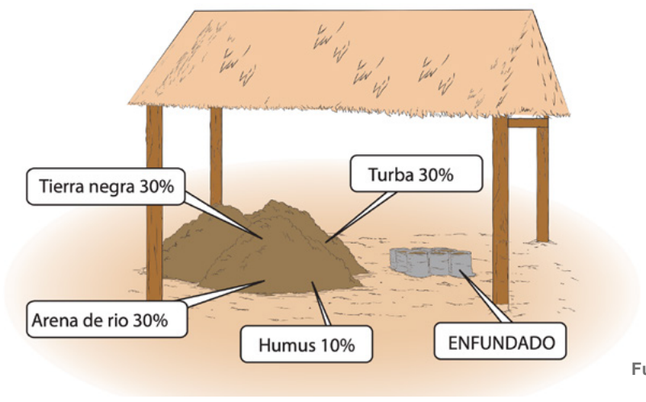
El tipo de sistema de riego depende del volumen de producción y del nivel de inversión. Los sistemas automatizados, por ejemplo, tienen un inversión inicial mayor, pero permiten también generar un ahorro en mano de obra; por otro lado son más precisos, lo cual tiene una influencia directa en la calidad de las planta producida, sin dejar de lado que favorecen el uso racional del recurso agua. En proyectos pequeños una opción es un riego básico utilizando manguera.
Para la actividad de irrigación, la persona productora debe considerar variables como tipo de suelo, evapotranspiración[21] y calidad del agua[22]. En suelos arenosos con menor retención de humedad, el riego debe realizarse con mayor frecuencia, pero con menor cantidad de agua.

g. Instalación de cobertores de sol

Regularmente conocida como “media sombra”, están conformados por el sistema de soporte o sujeción y algún tipo de malla *(normalmente sarán con una graduación de 50% sombra y 50% luz)*. Este sistema tiene muchos beneficios, tales como la regulación de los rayos del sol, la temperatura y la humedad, ayuda en el control de enfermedades, retiene partículas y permite un uso eficiente del agua reduciendo la evaporación y la transpiración. Es indispensable para la protección a las plantas en fase de germinación y los primeros días de cría y debe instalarse a 2.70 metros de altura para facilitar la circulación de los trabajadores del vivero.

h. Preparación de sustratos sustratos[23].

El sustrato se refiere a cualquier medio que se utilice en sustitución del suelo para cultivar las plantas, se caracterizan por estar compuestos por uno o varios materiales orgánicos y minerales, tales como tierra negra, arena, ceniza volcánica, granza y compost; en donde se desarrollan las semillas y las plántulas.



Fuente: MAE, 2014

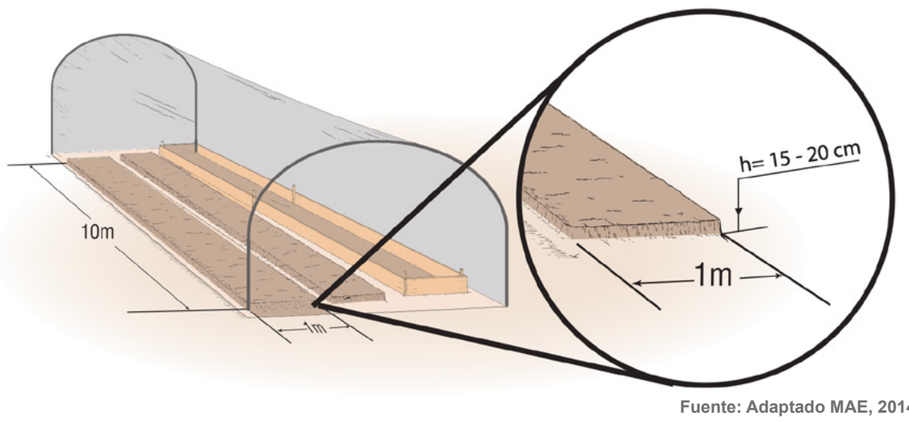
19 Viveros Forestales Urbanos, Construcción y Manejo. MADES/PNUD/FMAM. 2021 20 Los canteros es una estructura agrícola que consiste en un pequeño levantamiento de tierra contenida por bloques de materiales que evitan que el sustrato se desborde. Sembrando un País, 2021.
21 Evapotranspiración (ET), es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo. FAO, 2020.
22 Es importante analizarla para tener la seguridad de que tiene bajo contenido de sales.
23 Guía base para el establecimiento de viveros forestales. PNUD, 2020

Un buen sustrato permite una buena aireación de las raíces, infiltración del agua, provee nutrientes orgánicos y da soporte o anclaje a la planta. De preferencia, el material debe estar cubierto o bajo techo para poder controlar la humedad.
La localización de fuentes de tierra negra y arena deberían ubicarse no muy lejos del sitio, lo cual permitiría hacer más fácil y barato el transporte. La persona productora puede inocular microorganismos benéficos (bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas) en la mezcla para garantizar una mejor absorción de los nutrientes.

Por otro lado, se debe tener en cuenta, que para una correcta fertilización del vivero es necesario un análisis del sustrato, con el fin de aplicar el fertilizante adecuado, reducir costos y evitar el exceso de algún elemento que genere lixiviación a cuerpos de agua naturales o emisión de gases de efecto invernadero (por ej. *Óxido Nitroso*).

i. Preparación de abonos

Una práctica ideal que se debe promover en el vivero, es la producción del abono, para lo cual existen muchos métodos, incluyendo: lombricompost[24], compostaje y bocashi. Los cuales permiten aprovechar los productos de desecho de la finca, disminuyendo costos y obteniendo insumos alternativos.



Fuente: Adaptado MAE, 2014

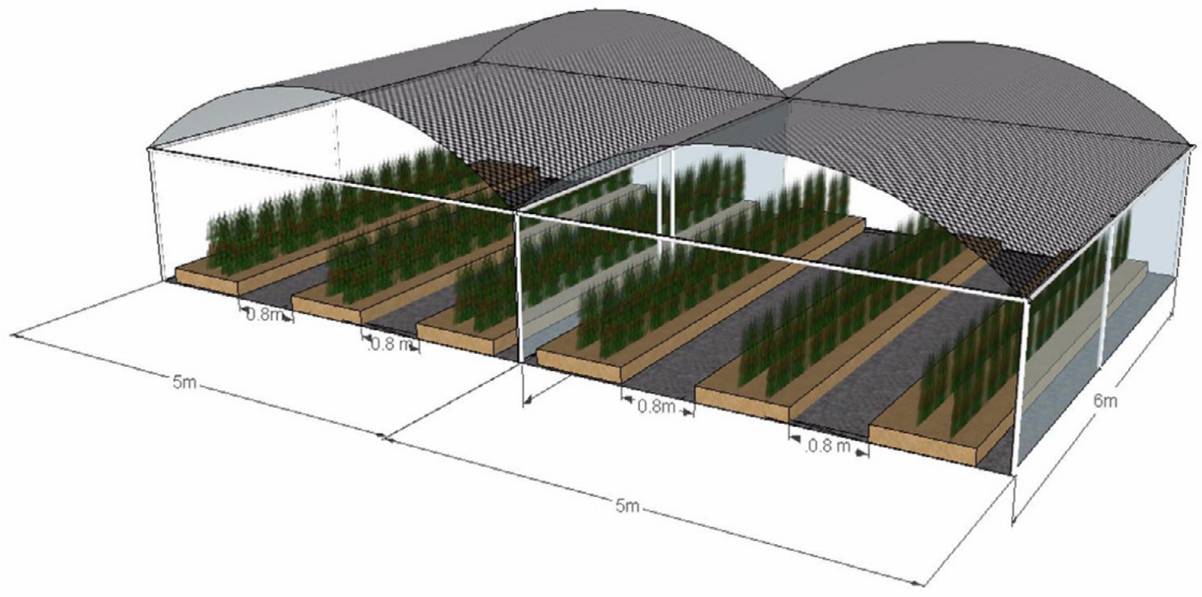
j. Preparación de almácigos o semilleros

El almacigo[25] es el espacio del vivero destinado a la germinación de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas hasta su repique. Según el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, como referencia se utiliza una superficie de 0.5 m2 de almácigo por cada 1.000 plantas. Los canteros o camas semilleras pueden tener una dimensión de 1m de ancho y 10m de largo y estar construidos de diferentes formas, según las características del suelo y clima del lugar.

- Almacigo sobre el nivel del suelo: Para suelos arcillosos, donde el agua no circula y se encharca con facilidad. La altura debe ser de 30 cm *(grava, tierra común y una capa de sustrato en la parte superior).*

- Almacigo bajo el nivel del suelo: Para climas áridos y suelos arenosos, ayudando a conservar la humedad y disminuir el riego. La profundidad de excavación es de 30 cm *(grava, tierra común y una capa de sustrato en la parte superior).*

Como regla general la profundidad de siembra de la semilla en el almacigo oscila entre 1,5 y 2 veces el diámetro mayor de la misma, esta puede realizarse al voleo (esparciendo la semilla) o en surcos distanciados cada 10 cm.
Una medida alternativa es la siembra de las semillas directamente en recipientes *(bolsas plásticas, bandejas, contenedores o tubetes)*, colocados en camas el suelo o sobre mesas; técnica que, si bien tiene un menor costo, al no requerir de trasplante; presenta ciertos riesgos que la persona productora debe tomar en cuenta, como la disparidad del poder germinativo de las semillas cosechadas de diversos árboles semilleros. Al momento de la siembra, la semilla se debe colocar a una profundidad no mayor a 3 veces su diámetro y luego se rellena con arena o con sustrato[26]. La cantidad de semillas por envase dependerá del poder germinativo, sin embargo, se sugiere al menos colocar tres semillas por contenedor para asegurar obtener una plántula en cada recipiente.



Fuente: Adaptado REMBLAH, 2017

Figura 2. Vivero de cría.

k. Trasplante de la semilla

El área de trasplante es el lugar en donde se reciben las plantas que provienen de los almácigos, cuando estas alcanzan un tamaño adecuado *(una altura de 5 a 8cm)* para ser trasplantadas. Puede tener dos sectores, dependiendo de las especies a cultivar y de la técnica elegida:

- Vivero de cría: donde las plantas del almacigo se siembran directamente en tierra (ver figura 2).

- Camas de repique o cancha de cría[27]: donde las plantitas del almácigo son trasplantadas a envases (bolsines de polietileno, macetas, tubos, trozos de botellas descartables, tubetes, otros), colocados sobre el suelo o en estructuras similares a mesas, logrando un mejor desarrollo de las raíces y su parte aérea.

Para el trasplante, la persona productora debe tener en cuenta la condición de la planta antes de pasarla al vivero de cría o a las camas de repique, las cuales deben presentar tallos de buen grosor y endurecidos, no deben ser demasiado herbáceos. Por otro lado, es necesario descartar plantas pequeñas, marchitas o que muestran un color pálido, o presentan raíces poco desarrolladas y/o enroscadas.

Finalmente es importante regar el almácigo el día anterior para que las plantas "carguen" agua y se ablande el terreno, realizando el trasplante al atardecer, para que las plantitas se recuperen durante la noche.

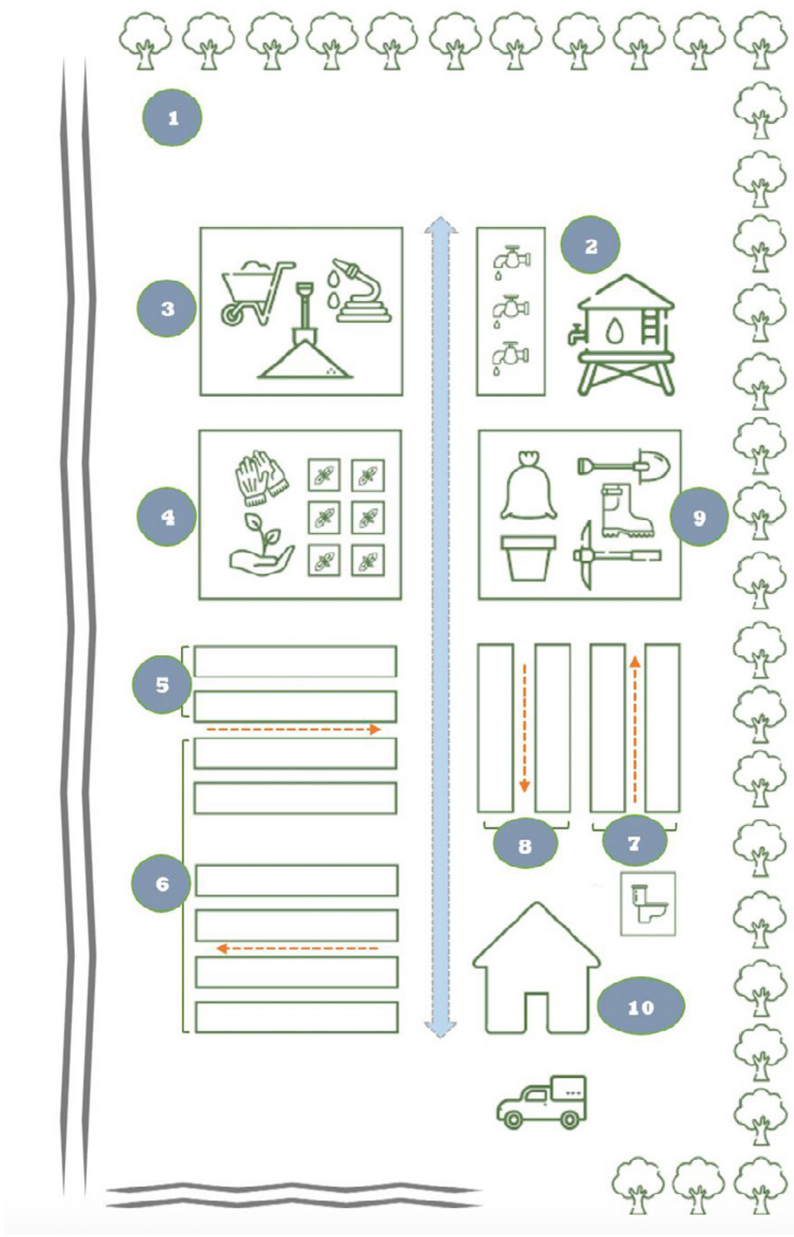
l. Acondicionamiento del área de plantación

En esta área se producen plantas (en tierra o en envases) a partir de partes de otras plantas que no son semillas, tales como estacas, pedazos de raíces (ver Paso 4). En viveros pequeños (menores a10 mil plantas/año) las plántulas se pueden producir en bolsas o en otro tipo de envases reciclados; mientras que en viveros más grandes es necesario el uso de tubetes o la siembra en tierra para optimizar el espacio. Si se usan tubetes se requiere además una estructura elevada para facilitar la poda aérea de las raíces.

24 El lombricompost o vermicompost es el producto de la digestión de la lombriz roja californiana (Elserria foetida) sobre residuos orgánicos (vegetales y animales). Las lombrices, al alimentarse de los residuos, los descomponen, dejándolos disponibles para la acción de microorganismos. Portalfrutícola, 2022.
25 Umbrales de daño económicos: es la densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción del control para evitar que dicha población sobrepase el Nivel de Daño Económico en el futuro. Zamorano, 2006.
26 Consulta directa. Fincas Dole 2023.
27 Consulta directa. Fincas Tecbaco 2023

3.3 Diseño del vivero

La estructura del vivero puede variar dependiendo del tipo de proyecto, los objetivos de la producción, el tamaño de este y los recursos económicos disponibles. Puede estar integrado por los siguientes elementos:



Fuente: Adaptado PNUD, 2020

Figura 3. Elementos que componen el diseño de un vivero.

1. Protección perimetral y barreras rompevientos.
2. Sistema de riego y almacenamiento de agua.
3. Área de preparación de sustratos. Patio techado con un canal perimetral para la recolección de los lixiviados.
4. Almácigos o semilleros.
5. Vivero de cría. Trasplante en tierra.
6. Camas de repique o cancha de cría. Trasplante en envases.
7. Área de plantación. Propagación por reproducción asexual.
8. Área de rustificación[28]. Sector donde se prepara a las plantas para las condiciones de campo (luz, sombra).
9. Bodegas: Almacenamiento de bolsas, tubetes, semillas, herramientas, agroquímicos, equipos de protección y otros materiales.
10. Despacho plantas y baños. / Calles (↕) y sendas (↑) (ver figura 3).

Vivero forestal en Invernadero.

Una opción de diseño con una mayor tecnificación e inversión es la construcción y manejo de viveros bajo sistemas de invernaderos. Área en donde se pueden producir especies de mayor valor comercial durante todo el año, bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y luz, y con un menor efecto de plagas y enfermedades.

Paso 4. Obtención y selección del material de siembra

Una actividad complementaria a la construcción del vivero, es la determinación del origen del material de siembra según las especies nativas de interés seleccionadas en el Paso 2.

a. Compra

Una alternativa es comprar semilla de forma externa, garantizando la calidad y su origen, es importante utilizar semillas de árboles de la misma región de donde se van a cultivar, es decir, "aclimatados" a las condiciones del medio.
Sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta acción implica un costo inicial importante, que se adicionará a la construcción de la estructura del vivero, manejo y compra de insumo, entre otros.

b. Recolección de semilla o material vegetativo

Otra opción es la recolección, obteniendo plantas a partir de semillas (reproducción sexual) y a través de material vegetativo (reproducción asexual[29]) mediante esquejes y estacas, acodos o técnicas de injerto, entre otros.

En el caso de propagación de plantas mediante el uso de semillas, es importante que la persona productora se apoye en personal técnico para determinar las mejores opciones de sitios y árboles semilleros, tiempos y técnicas de recolección, considerando al menos las siguientes actividades:

- Identificación y características del árbol semillero. Es deseable que los árboles o plantas semilleras a cosechar tengan una o más de las siguientes características[30]:

  - Dominante frente a otros individuos de la misma especie.
  - De buen porte, fuste recto y limpio
  - Sano (sin ataque de hongos, insectos, virus, otros).
  - Provee semillas grandes
  - Produce cosechas abundantes y de calidad (frutos)
  - Tiene alrededor un buen banco de semillas y de plántulas (esto indica la capacidad de reproducción)

- Momento de recolección. La persona productora debe recolectar la semilla cuando esta se encuentre madura estructural y fisiológicamente. Para semillas dispersadas por el viento, conviene colectar los frutos en el árbol antes de que éstos abran y liberen a las semillas. Si la colecta se realiza en árboles de gran tamaño, es importante asegurar que el personal utiliza los equipos de seguridad necesario para escalar. Finalmente, es recomendable no cosechar más del 20% de la semilla (o fruto) madura en un mismo día con el fin de no afectar la reproducción natural de la planta en el sitio; así como realizar ensayos de germinación para evaluar la viabilidad y vigor[31] de la misma.
- Método de recolección: En forma manual sobre la planta. Se debe evitar recoger semilla del suelo, ya que puede estar afectada por insectos, hongos y bacterias o pueden estar hidratadas, dificultando su almacenamiento.

28 El proceso de rustificación o endurecimiento es clave en la producción de plantines de calidad, dado que los mismos ya están totalmente preparados para las duras condiciones del campo, después de superar este proceso. MADES/PNUD/FMAM, 2021

29 Metodología de propagación que tiene tanto ventajas (posibilidad de reproducción de plantas en donde se dificulta la propagación por medio de semilla, manejo más sencillo en el vivero, se obtienen plantas en menor tiempo y similares al árbol madre), como desventajas (menor producción por unidad de superficie, no se puede almacenar el material por mucho tiempo, las plantas obtenidas por este sistema envejecen más rápido, y es necesario contar una selección muy cuidadosa de plantas madre). INTA, 2018

30 Viverismo de especies nativas. Universidad Nacional de Córdoba, 2014.

31 Viabilidad es la capacidad de la semilla de germinar adecuadamente y de generar plántulas normales, mientras que vigor es la fuerza con que germina e indica la velocidad con que emergerá la plántula, indicando su capacidad de desarrollarse y de superar las etapas de mayor vulnerabilidad. Universidad Nacional de Córdoba, 2014.

- Almacenamiento de la semilla: No siempre la colecta de las semillas coincide con el momento ideal para su siembra en el vivero, por lo que es necesario almacenar las semillas por periodos de tiempo diversos. El lugar de almacenamiento debe ser seco, fresco, aireado, techado y sin humedad.

- Tratamientos pregerminativo. Los tratamientos pregerminativos más comunes son los mecánicos (ej. lijar parte de las semillas con una lima o hacerles un pequeño corte o agujero) y los de maceración (ej. remojo en agua fría, choque térmico). Inmediatamente después del tratamiento pregerminativo, se debe realizar la siembra.

c. Colecta de plántulas de regeneración natural.

Otra forma de obtener material de siembra es la recolección de plántulas de regeneración natural en el bosque, para su posterior repique en el vivero, puede ser una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

En todos los casos, es importante identificar el individuo seleccionado (árbol semillero o planta madre) con alguna marca permanente (placa metálica numerada), además de ubicar y mapear[32] el sitio con coordenadas geográficas (GPS); ya que, si se confirma en el vivero que el material vegetal cosechado es sobresaliente, se puede regresar nuevamente al lugar, esperando lograr una nueva descendencia con las mismas características.

Paso 5. Implementación de un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades.

Importante desarrollar un programa de control en todas las etapas de desarrollo de las plantas, a fin de garantizar la producción de plántulas libres de plagas y enfermedades al momento del trasplante y la siembra final. El uso de agroquímicos debe realizarse de forma racional para evitar toxicidad en las plantas, contaminación del suelo, afectación de los trabajadores e incrementos de los costos del proyecto. El control de malezas debe priorizarse de forma manual o mecánica en las diferentes secciones del vivero (sendas, semilleros, camas de repique, recipientes).

Paso 6. Salida plantas a campo.

Las plantas deben tener las siguientes características antes de salir a campo: tener un solo tallo recto, resistente y leñoso; presencia de hojas color verde oscuro, sin manchas amarillentas ni señal de enfermedad; alta densidad de raíces finas; altura de al menos 25 cm y máximo de 60 cm; libre de plagas y enfermedades.
Las plantas deberán sufrir un proceso de adaptación bajo condiciones de estrés y aclimatación, un mes antes de salir a campo, el cual consiste en la eliminar progresiva la sombra, hasta lograr darle una exposición completa.

Para especies de alto nivel de interés (endémicas, en peligro, poblaciones reducidas, otros), se sugiere que cada planta sea georreferenciada en el sitio de siembra para su seguimiento, especialmente si son donadas para proyectos externos.

Paso 7. Capacitación

Los talleres de entrenamiento, así como la consulta a entidades y expertos son actividades necesarias que facilitan la implementación del proyecto. Se sugiere la planificación de las siguientes capacitaciones:

- Reconocimiento de especies potenciales para propagación en viveros, características fisiológicas.
- Técnicas de recolección de semillas y material vegetativo y manejo de almácigos o semilleros
- Técnicas de trasplante de plantas
- Manejo integrado de plagas y enfermedades en el vivero.

Indicadores de desempeño

- Número de especies de árboles semilleros identificados en la finca
- Número de especies nativas propagadas en el vivero
- Área de ecosistemas restaurados con especies producidas en el vivero
- Metros lineales de vías públicas reforestadas con especies producidas en el vivero
- Número plantas donadas a comunidades y proyectos de conservación
- Ganancia anual en $ por venta de plantas producidas en el vivero.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado en finca para apoyo del proyecto del vivero
- *Externo:* Profesionales en botánica o agronomía con experiencia en viveros

Referencia de Costos:

- Consulta técnica y capacitación por parte de un profesional (225$/día).
- Costos de mano de obra, para un vivero de 100.000 plántulas, 220 jornales/año[33].
- Materiales para la construcción del vivero, variable en cada país.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

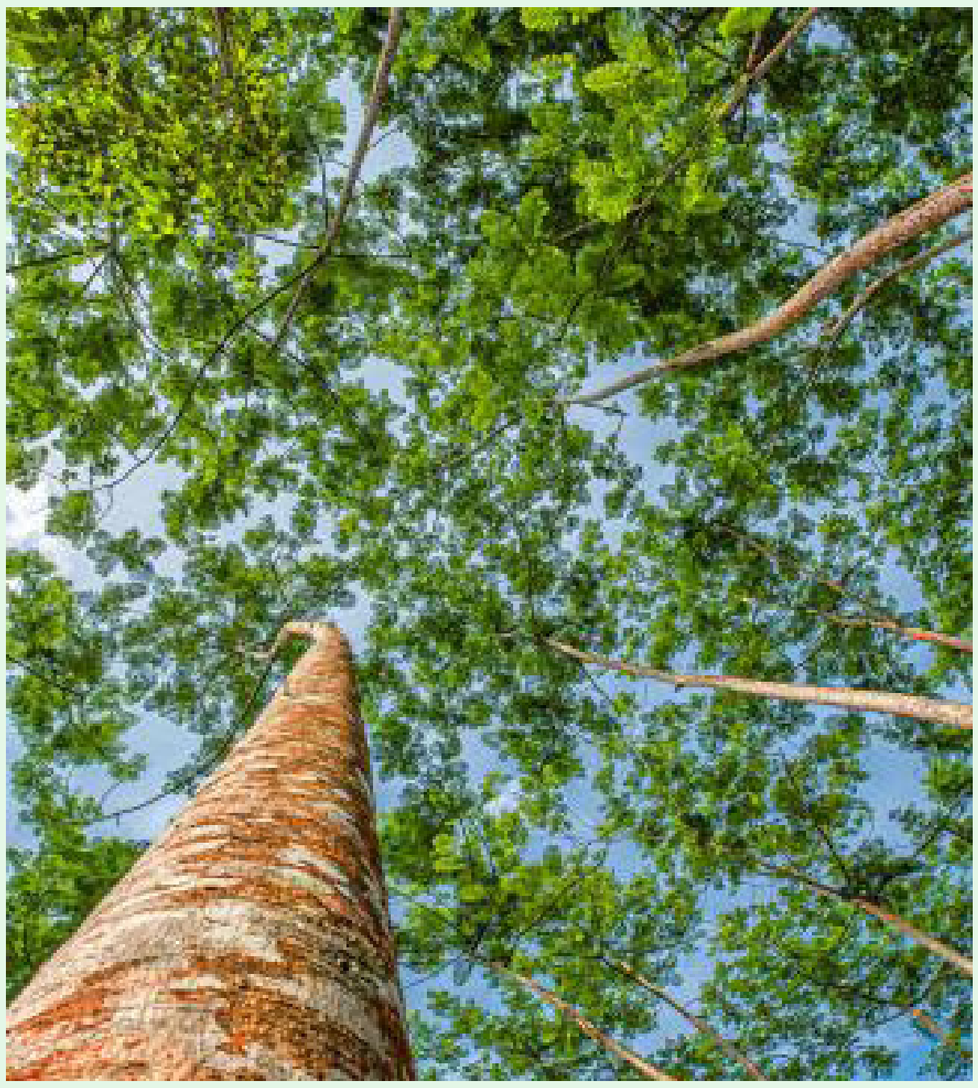
Los viveros son herramientas de sostenibilidad que pueden apoyar proyectos de reforestación tanto a lo interno de la finca como a nivel de paisaje, incrementando la flora nativa y favoreciendo la conservación de la biodiversidad relacionada. Estas áreas, además pueden constituirse en sitios de investigación donde se experimente con especies de interés, propiciando la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas, además de servir como sitios de capacitación de donde se formen promotores ambientales y se integre a las comunidades aledañas. Representa también, una opción de ingreso adicional a la persona productora, mediante la venta de plantas con valor comercial o a través de la formación de reservorios naturales, que puedan participar en mercados de venta de bonos de carbono, o ser incluidos como parte de estrategias de conservación recibiendo beneficios económicos por pago de servicios ambientales.

32 Incluir el detalle en mapa elaborado en el paso 1
33 Manual de Vivero. Dirección de Educación Agraria, 2018.

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca y más de 1.000 hectáreas en zonas boscosas. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

En el 2010 la empresa inició con el proyecto de desarrollo de un vivero forestal, con el objetivo de cubrir necesidades internas de producción de especies arbóreas para reforestación. Desde entonces el proyecto ha crecido, permitiendo realizar donaciones que han beneficiado a Asociaciones de Desarrollo, ASADAS, Comité del Corredor Biológico Ruta Los Malecu, centros educativos, instituciones de gobierno y entidades privadas. En más de una década se han producido un poco más de 106 mil árboles, recurso utilizado en la formación de biocorredores, restauración de ecosistemas e inclusive para estrategias de sensibilización. En el 2021 Upala Agrícola ganó el concurso del Campo al Plato, lo que le permitió ampliar la producción anual proyectada a más 50 mil árboles por año, implementar un sistema de riego automatizado y mejorar la infraestructura. Actualmente se cultivan cerca de 44 especies diferentes, algunas de ellas endémicas y en peligro, provenientes de árboles semilleros identificados en las áreas de protección.

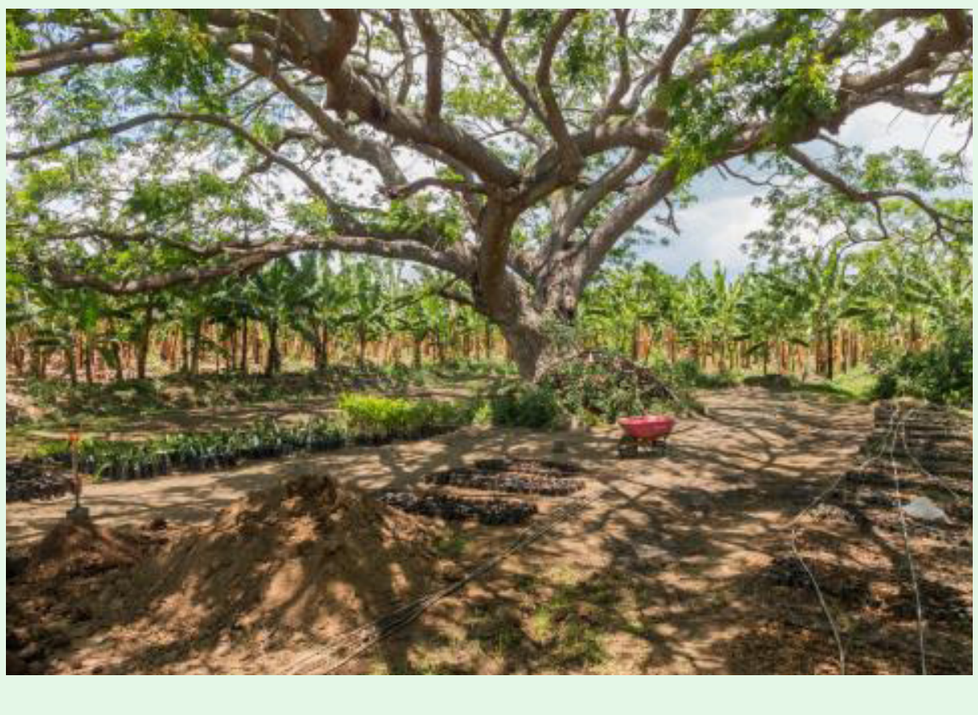


Casos de éxito

Quinta Pasadena S. A. es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la provincia de Monte Cristi en República Dominicana, unidad de producción propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A, y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Históricamente era una finca destinada al pastoreo intensivo, pero desde el año 2005 se convierte en un proyecto integral, donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, produciendo leche y carne para el mercado nacional, así como banano orgánico de exportación del grupo cavendish para mercados internacionales.

Quinta Pasadena cuenta con diversas certificaciones como Global GAP, Fairtrade y Orgánica, y es una empresa comprometida con el uso racional de los recursos y la protección del medio ambiente. Cuenta con área de conservación de 38,85 hectáreas, en donde sobresale el bosque de galería a orillas del Río Yaque del Norte.

Como parte de sus proyectos de sostenibilidad, la finca implementó un vivero en donde se cultivan diferentes especies forestales y frutales adaptadas a la zona, proveniente de árboles semilleros identificados a lo interno de la zona de conservación; recurso utilizado para las actividades de reforestación requeridas en la finca; siendo algunas de las especies sembradas; moringa, mango, limón, limoncillo, guababerry, samán y caoba criolla.



Referencias

[1] ¿Qué es un árbol nativo?. https://www.reddearboles.org/noticias/nwarticle/470/todas/que-es-un-arbol-nativo
[2-26-30-31] Viverismo de Especies Nativas. https://www.researchgate.net/publication/337915446_Viverismo_de_especies_nativas
[3] Conceptos básicos sobre los viveros. https://colectivoeu.wixsite.com/colectivoeu/post/conceptos-b%C3%A1sicos-sobre-los-viveros
[4-23] Guía base para el establecimiento de viveros forestales. https://huelladelfuturo.cr/sites/default/files/2020-07/guia-viveros-forestales.pdf
[14-25-29] Manual de Vivero. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/40611/mod_resource/content/1/020000_Manual_de_Vivero.pdf
[15] Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y del Neotrópico. https://www.researchgate.net/publication/259871359_Guia_para_la_Propagacion_de_120_Especies_de_Arboles_Nativos_de_Panama_y_el_Neotropico
[15-18-19-28] Viveros Forestales Urbanos, Construcción y Manejo. www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2021/02/manual-viveros.pdf
[16] Guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-viveroforestal.pdf
[20] Recomendaciones Agronómicas: construcción de canteros. https://sembrandounpais.blogspot.com/2019/09/canteros-recomendaciones.html
[21] Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf
[24] Elaboración y uso de lombricompost o vermicompost: https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/04/30/elaboracion-y-uso-de-lombricompost-o-vermicompost/#
[27] Manual de Vivero. https://www.academia.edu/37295627/introducci%c3%b3n_manual_de_vivero_2o_a%c3%91o_ciclo_b%c3%81sico_agrario_versi%c3%93n_preliminar_direcci%c3%93n_provincial_de_educaci%c3%93n_t%c3%89cnico_profesional_direcci%c3%93n_de_educaci%c3%93n_agraria

Otras consultas:

- Guía técnica de manejo de viveros forestales. http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/Manejo-de-Viveros-Forestales.pdf
- Manual de reforestación con especies nativas. https://docplayer.es/35531404-Manual-de-reforestacion-con-especies-nativas.html
- Libro rojo de plantas de Colombia. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/lr_maderables.pdf

Recuperación de hábitats naturales degradados

18

Categoría B

Varcli Pinares, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

10 Control biológico de plagas
12 Estimación de huella de carbono
16 Identificación y control de especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
21 Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas
22 Rutas de conectividad internas y externas
23 Involucramiento con iniciativas de conservación
24 Protección de Polinizadores
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.2.3.

Criterio de Comercio Justo-para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5
Requisito: 3.2.33

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.5.1.6

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 18

Recuperación de hábitats naturales degradados

Descripción de la medida

En la actualidad los ecosistemas naturales[1] se encuentran bajo una alta presión de deterioro, debido a disturbios tanto de origen natural como antropogénico. Aspectos tales como el fuego, viento, terremotos, huracanes, inundaciones, plagas y enfermedades figuran entre las causas naturales más comunes para la afectación de los ecosistemas, mientras que la expansión de la agricultura, ganadería, tala rasa de árboles, asentamientos humanos y contaminación del suelo corresponden a causas antropogénicas que interrumpen de manera abrupta los procesos naturales, afectando su permanencia.

Cuando se presenta uno o varios de estos factores se inicia un proceso de degradación progresiva de los hábitats, afectándose las condiciones bióticas y abióticas, así como sus interacciones disminuyendo la biodiversidad, capacidad de carga, productividad biológica y económica (ver figura 1). Si bien el componente forestal manifiesta una afectación claramente visible cuando se presentan disturbios en el ecosistema, este no es el único grupo alterado, ya que todas las especies presentes también se ven perjudicados por estas condiciones.

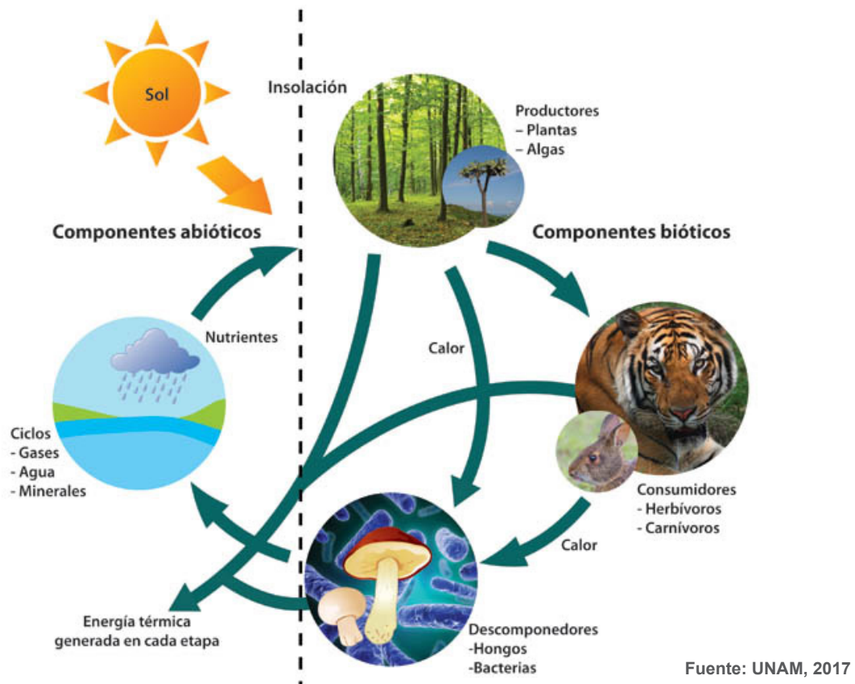


Figura 1. Componentes de un ecosistema.

Según sean las características y el grado de deterioro que se presente, el ecosistema puede sufrir desde un desequilibrio transitorio, hasta una degradación significativa, en donde la capacidad de regeneración natural se ve seriamente afectada.

1 Ecosistema: conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes. CONABIO, 2020.

Comúnmente en aquellos casos en donde el impacto se produce de manera puntual y su afectación no trasciende a todo el sitio, el ecosistema tiene la capacidad de autoregenerarse. Sin embargo, cuando el grado de deterioro es significativo podría requerirse la implementación de prácticas para recuperar condiciones o características cercanas a las originales.

En estos casos, la restauración ecológica surge como respuesta a esta problemática, definiéndose como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Si bien el escenario ideal sería recuperar al 100% las condiciones del hábitat original, este aspecto es poco factible de lograr, considerando que las condiciones iniciales no siempre se conocen antes del deterioro y que existen procesos biológicos que requieren de periodos temporalmente extensos para poder recuperarse por completo. Por lo tanto, las prácticas de restauración pretenden devolver un equilibrio básico al ecosistema, con el cual los procesos biológicos e interacciones propias del sitio se reanuden, procurando el restablecimiento en la generación de servicios ecosistémicos.

En el 2021, la Organización de Naciones Unidas "ONU"pone en marcha el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas[2] , buscando proteger y recuperar los ecosistemas a escala mundial, en beneficio de la humanidad y la naturaleza. El objetivo principal es poner fin a la degradación de los ecosistemas y restaurarlos, mejorando así los medios de subsistencia de las personas, contrarrestando el cambio climático y disminuyendo la pérdida de la biodiversidad.

DECENIO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE LA RESTAURACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS 2021-2030

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

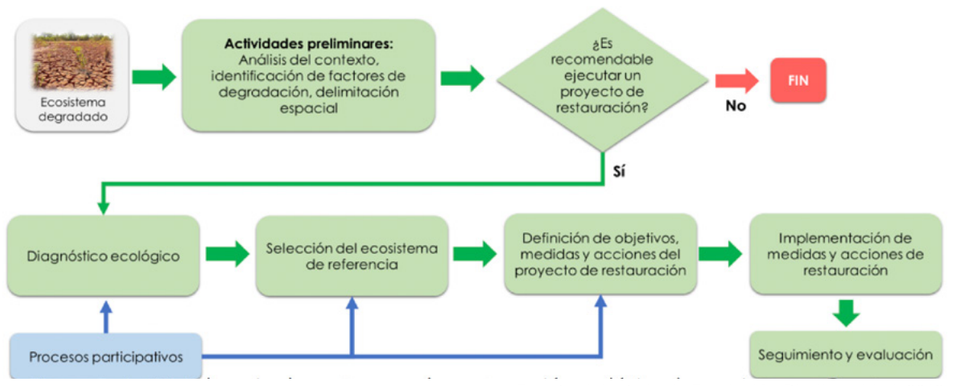
- Permite la recuperación y aumento de biodiversidad gracias al restablecimiento de condiciones naturales del hábitat.
- Favorece la resiliencia[3] de los ecosistemas, siendo un medio para la adaptación ante el cambio climático.
- Restablece la conectividad entre los ecosistemas circundantes a la finca, mejorando el paisaje.
- Recupera de las propiedades físicas y químicas del suelo, incrementando la captura de carbono orgánico.

Beneficios para la persona productora:

- Reduce los riesgos ambientales y sus efectos económicos negativos, por ejemplo, afectación por inundaciones debido a la ausencia de cobertura vegetal.
- Permite a la persona productora, demostrar responsabilidad y compromiso de protección ambiental ante grupos de interés y oportunidades de diferenciación.
- Permite brindar una respuesta anticipada ante exigencias por regulaciones legales vigentes.
- Acceso a incentivos financieros tales como pago por servicios ambientales "PSA" y esquemas asociados al restablecimiento del bosque y aumento en las reservas de carbono, por ejemplo: estrategia REDD+[4].

Metodología de implementación de la medida

Se considera que un ecosistema ha sido restaurado cuando este ha logrado autorregularse, mostrando resiliencia[3] ante circunstancias típicas de estrés ambiental, así como perturbaciones naturales menores. Alcanzar este escenario implica mucho más que la ejecución de una actividad puntual de recuperación en un momento específico.



Fuente: Adaptado de Fundación Biodiversidad, 2018.

Figura 1. Actividades a implementar para la restauración ecológica de ecosistemas.

En sí la restauración debe considerarse como un proyecto integral que incluya la identificación de expectativas de grupos de interés, la caracterización del área degradada y su entorno, así como la planificación y ejecución de actividades en respuesta a la degradación identificada. En la figura 2 se muestran los pasos a considerar para el desarrollo de estas iniciativas[5], describiéndose cada uno de estos a continuación:

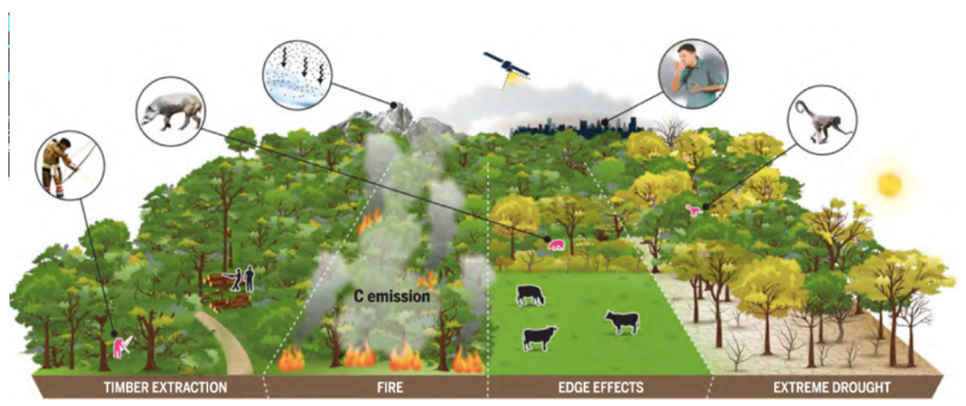
Paso 1. Aplicación de procesos participativos: identificación de expectativas de grupos de interés

Como punto de partida es importante identificar las posibles inquietudes, necesidades, aspiraciones o expectativas de los grupos de interés[6] sobre el espacio que será restaurado. A través del uso de herramientas tales como encuestas o talleres participativos[7] se pueden recopilar los intereses de estos grupos, procurando alcanzar una mayor aceptación a las posibles iniciativas de restauración a mediano y largo plazo. Si bien no en todos los casos es posible satisfacer las demandas de cada uno de los actores, resulta importante conocer sus intereses en torno al área a restaurar, integrando aquellos elementos que sean pertinentes y viables de desarrollar dentro del proyecto de restauración.

Una vez que se conocen las expectativas de los grupos de interés se sugiere la conformación de un equipo de trabajo que incluya el personal encargado de finca, buscando analizar la pertinencia de éstas y si es viable o no incorporar actividades dirigidas tanto a la restauración del sitio como a la satisfacción de las necesidades expresadas.

2 Resolución aprobada el 1 de marzo de 2019.
3 La resiliencia ecológica, se refiere a la capacidad de un ecosistema, para mantener funciones y procesos clave frente a tensiones o presiones, resistiendo y luego adaptándose al cambio. The Nature Conservancy, 2022
4 Se denomina REDD+ a la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal; además de la conservación, el manejo sostenible y el mejoramiento del stock de carbono de los bosques en los países en desarrollo. Conservation International, 2019
5 Guía Práctica de Restauración Ecológica. Fundación Biodiversidad. 2018
6 Entre los grupos de interés podrían encontrarse los encargados de procesos productivos, gestión ambiental y social de la finca, propietarios colindantes, representantes comunitarios, organizaciones relacionadas con la restauración y el desarrollo sostenible, entre otros.
7 En caso de aplicar talleres participativos, se sugiere la incorporación de personal capacitado en el área de comunicación o manejo de conflictos, de forma tal que exista una mediación entre los participantes. Se debe recordar que el objetivo de este proceso es recopilar las expectativas para analizar cuáles podrían ser integradas dentro del proyecto de restauración o cuáles no son posibles o viables de desarrollar. Este análisis final lo realiza el personal interno de la finca con base en la información recopilada en los talleres.

Este ejercicio podría llevar a descartar elementos que no son viables de cumplir, así como a integrar otras actividades no previstas originalmente que beneficien tanto al proyecto de restauración como a los grupos de interés.



Fuente Mongabay Latam, 2023

Paso 2. Actividades preliminares

Previo a la implementación de cualquier práctica de restauración es necesario analizar cuidadosamente el contexto en el que se encuentra el ecosistema sobre el que se va a actuar e identificar los factores que han causado su degradación. Con esto se busca contar con una base de información robusta para definir si es necesario o no llevar a cabo las actividades de restauración.
A continuación, se describen los principales aspectos a analizar separándolos en dos categorías:

a. Análisis del contexto interno y externo.

Esto incluye el estudio de aspectos ecológicos, paisajísticos, socioeconómicos, y de uso del suelo, por medio de las siguientes actividades:

- Caracterizar el ecosistema que será restaurado: se debe identificar al menos las especies vegetales y animales presentes en el área (en caso de presentarse), la cantidad y tipo de estratos vegetales existentes, las condiciones climáticas y geomorfológicas del sitio, así como condiciones del suelo.
- Identificar las interacciones del espacio a restaurar con el entorno, tanto a nivel de finca como en propiedades aledañas. Por ejemplo: analizar si el sitio ha funcionado históricamente como corredor biológico con áreas boscosas vecinas o si se encuentra aislado.
- Identificar los recursos financieros, personal y materiales disponibles para la ejecución potencial del proyecto.
- Analizar si existen restricciones legales y normativas sobre el área a restaurar, que puedan limitar de alguna forma posibles actividades a ser desarrolladas. **Por ejemplo**: prohibiciones de intervención en zonas de protección de cuerpos de agua o nacientes que puedan restringir la eliminación de ciertas especies vegetales o el uso de maquinaria para mejorar la condición del suelo.
- Identificar las actividades productivas que podrían llegar a desarrollarse en el entorno del área a restaurar, para valorar previamente posibles nuevas afectaciones sobre el sitio.

Para llevar a cabo este análisis se pueden implementar estudios y valoraciones directamente en el sitio. El uso de parcelas de muestreo o puntos de observación resultan herramientas útiles para la caracterización de fauna[8] y flora, cuando el ecosistema en análisis aún mantiene la presencia de estos grupos. La identificación de expectativas referida en el paso 1 podría ser utilizada para analizar restricciones e intereses de los actores sobre el área bajo análisis.

b. Identificación de factores de degradación

Es importante caracterizar la degradación existente en el sitio bajo análisis, considerando su extensión espacial y los efectos causados. Esto implica:

- Identificar las causas del proceso de degradación, siendo las más comunes: la expansión agrícola y ganadera, introducción de especies exóticas invasivas[9], extracción de recursos forestales, incendios, inundaciones, construcción de infraestructura, entre otros.
- Delimitar el área que será intervenida. Analizando la extensión del área afectada y si ésta abarca espacios fuera de la finca (ver figura 2). En el paso 4 se hace referencia a la plataforma "Restor" dentro de la cual se puede realizar la delimitación del área a intervenir.
- Caracterizar la forma en la que se manifiesta la degradación sobre el ecosistema. Por ejemplo: si la degradación va en función de uno o varios de estos aspectos: erosión, ausencia de especies autóctonas, colonización de un solo grupo de especie vegetal, salinización, acidez o alcalinidad del suelo, compactación del suelo, entre otros.

Fuente Mongabay Latam, 2023

Figura 2. Delimitación del área a intervenir utilizando la plataforma "Restor".

- Identificar las condiciones físicas del espacio a restaurar que requieran consideraciones especiales de manejo. Por ejemplo: secciones dentro del sitio que necesitan de un manejo diferenciado debido a limitaciones por alta pendiente, compactación o escasez de nutrientes en el suelo, u otras.
- Identificar la necesidad de recursos biológicos, así como los medios potenciales para obtenerlos. Por ejemplo: analizar la cercanía de fuentes semilleras u otros elementos vivos que permitan reconstruir la composición vegetal del sistema degradado, buscando imitar el ecosistema original.

Una vez que se cuenta con la información anterior se puede realizar un análisis preliminar acerca de la necesidad o no de emprender actividades de restauración por parte de la finca. Por ejemplo: cuando la extensión del área degradada es sumamente reducida y las áreas circundantes a la zona mantienen una estructura prácticamente intacta y no se identifican riesgos adicionales que sugieran que el grado de deterioro pueda aumentar, se podría concluir que el sitio tiene la capacidad de recuperarse de forma natural, sin necesidad de implementar actividades adicionales por parte de la finca. Cuando esta conclusión no es evidente y no se cuenta con seguridad acerca de si el ecosistema tiene la capacidad propia de regenerarse sin ningún grado de asistencia, se debe continuar con los siguientes pasos de análisis.

8 Ver ficha #25 "Monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema".
9 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras".

Paso 3. Diagnóstico ecológico

Este corresponde a un análisis mucho más profundo acerca de las condiciones de degradación presentes en la finca desde el punto de vista ecológico. Se sugiere la inclusión de personal técnico en el campo de la biología para su desarrollo. En este diagnóstico se incluye un análisis de los procesos ecológicos, la funcionalidad del espacio que será intervenido y los servicios ecosistémicos asociados, lo cual se detalla a continuación:

Áreas circundantes con cobertura vegetal que favorecen los procesos ecológicos. Finca: Upala Agrícola.

a.Procesos ecológicos

En este punto se analiza cuál es la efectividad actual en los procesos de colonización de especies vegetales, polinización y dispersión de frutos y semillas por medio de insectos, aves, murciélagos, viento, agua y otros. Se analiza también la conectividad existente entre las diferentes áreas de bosque cercanas a la finca y el área degradada. Con esto se pretende identificar cuáles procesos ecológicos se encuentran interrumpidos para posteriormente establecer objetivos y actividades de restauración sobre ellos. Para facilitar este análisis se podrían considerar las preguntas de la tabla 1.

Preguntas generadoras de análisis	Ejemplos de elementos de análisis para los procesos ecosistémicos presentes en el área a restaurar.
¿Cuál es la calidad del hábitat actual? ¿Existe conectividad con el entorno? ¿Los hábitats localizados en el entorno han sido conservados durante periodos extensos? ¿El hábitat actual es apropiado para la presencia de animales dispersores?	• Cantidad y tipo de estratos vegetales existentes (hierbas, arbustos y árboles). • Cantidad de especies vegetales dentro del hábitat actual. • Avistamiento de fauna, en grupos tales como insectos, aves, reptiles, anfibios y mamíferos. • Presencia de hábitats naturales en fincas aledañas (por ejemplo, parches de bosque o bosques riparios en márgenes de cuerpos de agua). • Imágenes satelitales históricas para la visualización de cambios de coberturas.

Tabla 1. Preguntas para analizar procesos ecológicos

b. Funcionalidad del espacio a ser intervenido.

Se debe identificar la presencia de barreras bióticas[10] o abióticas11 que podrían impedir las funciones básicas de un ecosistema. Por ejemplo: inexistencia de fuentes de agua, condiciones extremas de compactación del suelo, colonización de especies invasoras que limitan el crecimiento de otras especies propias del sitio, entre otros casos.

c. Servicios ecosistémicos

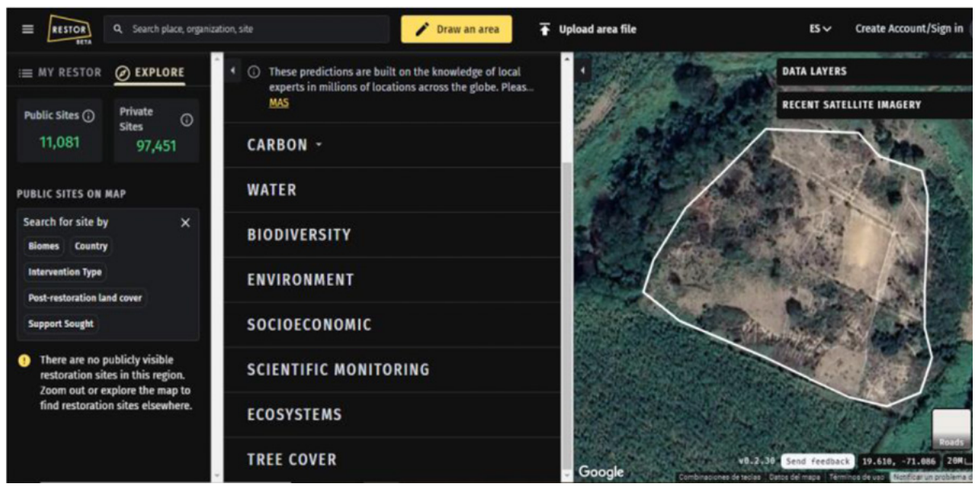
Se refiere a las contribuciones directas o indirectas que generan los ecosistemas favoreciendo el bienestar del ser humano. Diagnosticar el tipo de servicios aportados en este punto permite delimitar las afecciones sociales y económicas implicadas, estableciendo una priorización de los servicios que se pretenden favorecer con el proyecto de restauración. Entre los servicios ecosistémicos se encuentran la formación de suelos, biodiversidad, reciclaje de nutrientes, provisión de alimentos, agua dulce, fibras y madera, regulación del clima, captura de carbono, regulación de la cantidad y calidad del agua, control de plagas y enfermedades, generación de espacios de recreación, turismo, ciencia y educación, entre otros[12].

Paso 4. Selección del ecosistema de referencia

Un ecosistema de referencia es un escenario real o un modelo de ecosistema que se utilizará como base para planificar el proyecto de restauración. Para la selección de dicho escenario se puede utilizar un ecosistema localizado dentro de la misma finca que contenga condiciones naturales intactas (en caso de existir), información histórica acerca del ecosistema previo al disturbio (a través de la revisión de fotografías, estudios o análisis técnicos, otros), o ecosistemas naturales localizados en sitios cercanos a la finca.
Para determinar si un ecosistema puede ser utilizado como referencia o no, se debe garantizar que este no cuente con factores de degradación visibles, que las condiciones hidrológicas y características del suelo sean estables, que cuente con una composición diversa de plantas y animales, que la vegetación existente mantenga niveles apropiados de crecimiento, reproducción, regeneración natural y en general que exista una diversidad en la generación de servicios ecosistémicos.

Una vez que el ecosistema de referencia ha sido seleccionado se debe realizar una caracterización detallada de este para replicarlo en el área degradada. Esta caracterización debería incluir al menos la identificación y descripción de especies animales y vegetales presentes, la valoración de las condiciones fisiográficas (por ejemplo, topografía del terreno), características del suelo (profundidad, textura, acidez, contenido de macro y micronutrientes) y características hidrográficas (presencia y extensión de cuerpos de agua).

Para realizar esta tarea se pueden realizar análisis y mediciones directamente sobre el ecosistema de referencia, localizar estudios técnicos ya desarrollados previamente en la zona, o utilizar herramientas de información abierta. Uno de los instrumentos sugeridos en este punto corresponde a la plataforma "Restor", de la cual se hace referencia a continuación:



10 Factores bióticos, son los organismos que tienen vida y constituyen la biota de una comunidad. Es decir, las plantas, animales y microrganismos de un sistema natural. Pineda, 2021.
11 Factores abióticos, aquellos elementos inertes, físicos, químicos, climáticos, geológicos o geográficos que no tienen vida y están presentes en el ambiente. Como el agua, la luz, energía solar, viento, humedad, atmósfera, lluvia, latitud, rocas, suelos, entre otros. Pineda, 2021
12 Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment - MEA. (2005). World Resources Institute. 2005

Restor es una plataforma de datos de base científica y acceso abierto para apoyar al movimiento global de restauración. Dicho instrumento permite analizar el potencial de restauración de cualquier zona en el mundo, a través de una interfaz gratuita y de uso simple y práctico en la web. Una vez que se incorpora el área a analizar se genera información acerca de la biodiversidad local y sus características, contenido de carbono actual y potencial en suelo, variables biogeográficas, climáticas y edáficas del sitio, entre otras variables. La herramienta también permite analizar los cambios del sitio en el tiempo a través de la comparación de imágenes satelitales históricas, así como identificar iniciativas de restauración en curso cercanas al área bajo análisis. Se puede acceder a esta plataforma a través de la siguiente dirección web: https://restor.eco/

Paso 5. Identificación de objetivos, medidas y acciones del proyecto de restauración ecológica

La meta fundamental de un proyecto de restauración corresponde en guiar al ecosistema degradado hacia el ecosistema de referencia. Para lograr esto se deben establecer objetivos, medidas y acciones que se encuentren alineados con las actividades iniciales y el diagnóstico ecológico previamente explicados.

Lo anterior puede plasmarse en un cronograma de trabajo, detallando los objetivos, acciones y medidas concretas a desarrollar, indicadores y métodos de seguimiento. Se sugiere el uso del equipo de trabajo referenciado en el paso 1 para dar seguimiento al cumplimiento de actividades propuestas.
En sí la restauración ecológica contempla una amplia diversidad de acciones que pueden llegar a ser desarrolladas, las cuales irán en función de los problemas identificados y los objetivos trazados. Se detallan a continuación cinco conjuntos de acciones que podrían ser desarrolladas dentro de un proyecto de restauración:

a. Eliminación de disturbios o barreras.

La identificación de las causas que han provocado la degradación del ecosistema (paso 2.b) debe llevar a la planificación de actividades para eliminar las barreras asociadas o prevenir la recurrencia de un nuevo disturbio. Si bien no en todos los casos se pueden aplicar acciones en respuesta a una degradación (principalmente cuando las causas son naturales), en muchos de los escenarios si es posible emprender acciones de respuesta. La variabilidad de estas actividades es amplia y dependerá de las barreras identificadas.

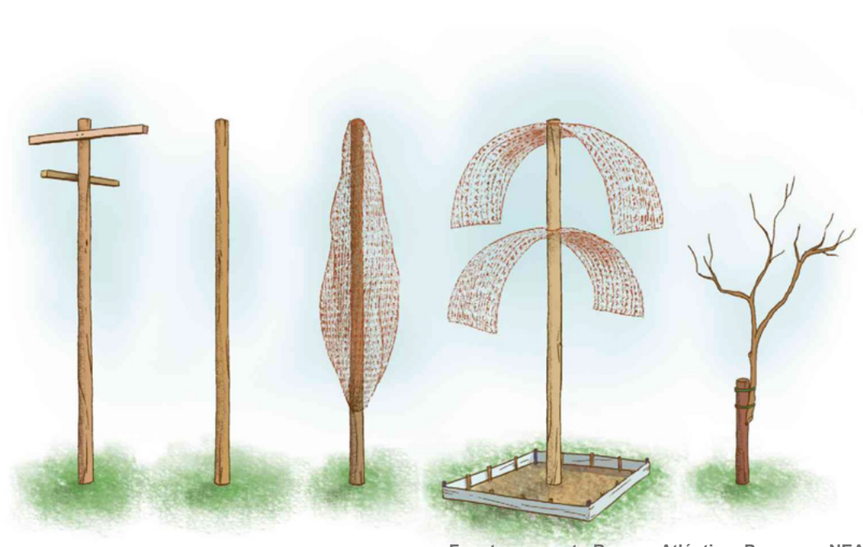
Se presentan en la tabla 2 algunos ejemplos de actividades que podrían desarrollarse para la eliminación de barreras o prevención de degradaciones futuras en el ecosistema.

Barrera identificada o causa de la degradación	Actividades a implementar
Incendios	Implementación de rondas cortafuegos para evitar la propagación del fuego en caso de repetirse
Infraestructura en desuso	Remoción mecánica de la infraestructura y gestión de residuos asociados
Colonización de especies invasoras que impiden crecimiento de otros grupos vegetales13	Remoción de vegetación a través de la aplicación de prácticas mecánicas
Compactación del suelo	Trabajos mecánicos en el suelo para recuperar propiedades físicas
Baja fertilidad en suelo	Aplicación de enmiendas y fertilización según parámetros nutricionales

Tabla 2. Ejemplos de actividades que podrían desarrollarse para la eliminación de barreras o prevención de degradaciones futuras

b. Atracción de fauna

La presencia variada de vegetación nativa conlleva a la atracción de fauna al proporcionar alimento, refugio, sitios de reproducción y descanso. Sin embargo, cuando el sitio a restaurar se encuentra completamente desprovisto de vegetación, es necesario tomar acciones tales como las descritas en las secciones siguientes (restauración activa), requiriéndose tiempo para poder crear las condiciones aptas para el retorno de la fauna.
En respuesta a este punto se pueden implementar prácticas paliativas al inicio del proyecto de restauración, tales como la creación de refugios para fauna por medio de la acumulación de troncos, piedras y vegetación menor o la construcción de estructuras específicas, formando agrupaciones que sirvan como albergues temporales o sitios de paso para fauna nativa. Otro ejemplo constituye la inclusión de perchas artificiales para avifauna incluyendo estructuras con diferentes arreglos que permitan la llegada de aves, generando un aumento en la tasa de deposición de semillas dispersadas, acelerando el proceso de recuperación natural de la cobertura y la acumulación de un banco de semillas en el sitio.



Fuente: proyecto Bosque Atlántico- Programa NEA, 2021

Perchas artificiales.

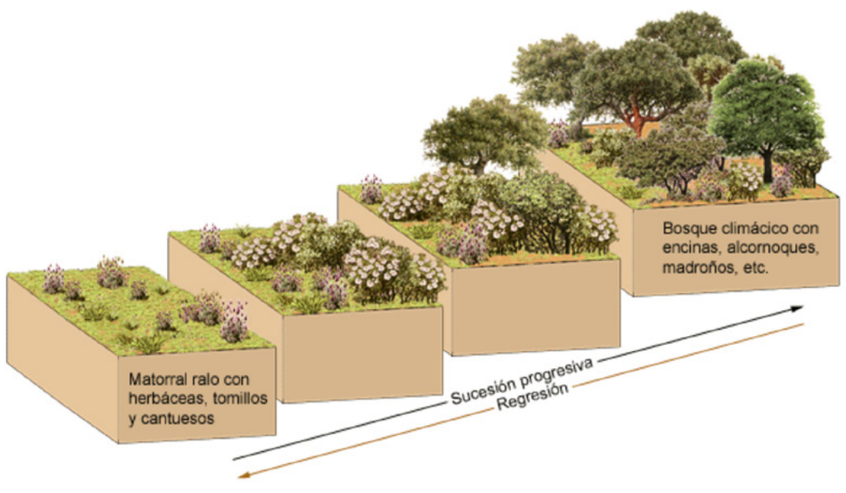
c. Recuperación de suelos.

La restauración de sitios con suelos altamente deteriorados podría requerir la aplicación de prácticas tales como el enriquecimiento de nutrientes, la descompactación mecánica o el trasplante de suelo.

- Enriquecimiento de nutrientes. La aplicación de fertilizantes orgánicos en la cantidad apropiada permite suplir nutrientes escasos, mejorando las condiciones de crecimiento de las plantas y permitiendo alcanzar una cobertura protectora rápidamente. Esta práctica se debe implementar únicamente cuando las condiciones del sitio con respecto a la fertilidad del suelo son críticas y siempre y cuando la aplicación de fertilizantes no genere impactos negativos al entorno (por ejemplo, en caso de existir nacientes de agua o ríos cercanos).
- Descompactación mecánica del suelo. una alta compactación del suelo podría limitar severamente el crecimiento de la vegetación, comprometiendo la restauración del ecosistema. En caso de presentarse este escenario es recomendable aplicar prácticas de descompactación, utilizando herramientas a pequeña escala, evitando generar una alteración más grave al utilizar maquinaria pesada.
- Trasplante de suelo superficial de zonas sin disturbio en bloques o desmoronado: a través de esta práctica se pretende introducir microfauna del suelo y nutrientes al ecosistema a restaurar, aprovechando la presencia de bancos de semillas que podrían germinar cuando se presenten las condiciones ambientales favorables. Para la aplicación de esta técnica es necesario asegurar que el suelo trasplantado provenga de un ecosistema de referencia y que dicho ecosistema no se vea impactado significativamente por su extracción. Asimismo, es necesario asegurar que el trasplante de suelo no conlleve a la introducción de plagas y enfermedades dentro de la finca.

d. Regeneración natural pasiva.

Cuando el impacto sobre el ecosistema es bajo (no se presenta destrucción significativa de sus componentes ni cambios drásticos en los procesos ecosistémicos) y se mantiene un suministro cercano, variado y constante de semillas que puedan ser dispersadas por los animales y/o el viento, este puede recuperarse por sí mismo a través del mecanismo de sucesión ecológica (ver figura 3). Este consiste en la capacidad que tiene todo sistema natural para recuperar sus componentes a lo largo del tiempo, por ejemplo, a través de la germinación de semillas que quedaron en el suelo, el rebrote de troncos cortados, entre otros.



Fuente: Flores, 2015.

Figura 3. Sucesión ecológica.

Este mecanismo de regeneración natural no necesita de intervención humana, sin embargo, si requiere que la causa de la degradación original sea eliminada. En este punto se debe recalcar la importancia de analizar el contexto (paso 2) y el diagnóstico ecológico (paso 3) para valorar si esta es la mejor alternativa de restauración.

e. Regeneración natural asistida

Cuando las condiciones del entorno y las características de la degradación del ecosistema no permiten optar por la regeneración natural pasiva, la regeneración natural asistida puede ser una alternativa. Este método tiene como objetivo acelerar los procesos de sucesión natural al eliminar o reducir las barreras para la regeneración natural, tales como la degradación del suelo, la competencia con especies de malezas, entre otras perturbaciones. La regeneración natural asistida puede ser aplicada de forma efectiva cuando el ecosistema no ha sido altamente degradado, cuenta con cercanía a remanentes de bosque y mantiene un banco de semillas en el suelo. Esto implica por ende utilizar la información del contexto y diagnóstico ecológico referenciados anteriormente para valorar si esta técnica resulta apropiada.

Entre las prácticas de regeneración natural asistida se encuentran la plantación de árboles, arbustos y plantas herbáceas propias del ecosistema de referencia y la dispersión de semillas de especies locales. Para la selección de las especies vegetales a incorporar se puede utilizar la orientación presentada en el paso 4 de esta ficha. En este punto es relevante considerar los requerimientos de luminosidad de cada especie seleccionada a ser introducida dentro del área a restaurar, analizando la dinámica de crecimiento y variabilidad entre especies demandantes de luz[12] y sombra[13].

La inclusión de varios estratos vegetales que incluyan hierbas, arbustos y árboles permite recrear las condiciones naturales del bosque, por lo que debe procurarse la utilización de diferentes especies.

En caso de que el área a restaurar no cuente con ninguna cobertura que provea sombra a los individuos a incorporar, se deben seleccionar entonces especies heliófitas efímeras y heliófitas durables[14]. Una vez que se cuenta con un dosel que proporcione sombra se pueden incorporar especies esciófitas[15] dentro del sitio.

En este sentido, el Sistema de Información de Recursos Forestales de Costa Rica (SIREFOR) cuenta con una base de datos de más de 1.700 especies, clasificándolas según sus requerimientos de luminosidad, su estado en las listas de veda, en la lista de la UICN y CITES.

IdEspecie	CODIGOSP	GENERO	ESPECIE	FAMILIA	GREMIOECOLOGICO	CATEGORIA	PROTEGIDO	IdHabito
21	21	Aegiphila	elata	LAMIACEAE	INDETERMINADO	NC	NP	2
22	22	Aegiphila	mollis	LAMIACEAE	HELIOFITA EFIMERA	NC	NP	1
23	23	Aegiphila	sp	LAMIACEAE	HELIOFITA DURABLE	NC	NP	5
24	24	Agonandra	macrocarpa	OPILIACEAE	HELIOFITA EFIMERA	NC	NP	1
25	25	Aiouea	costaricensis	LAURACEAE	ESCIOFITA	C	NP	1
26	26	Aiouea	sp	LAURACEAE	ESCIOFITA	C	NP	5
27	27	Albizia	adinocephala	FABACEAE/MIM.	HELIOFITA DURABLE	NC	NP	1

Ejemplos del Listado de Especies- SIREFOR, 2018

f. Reforestación.

Uno de los métodos de restauración más utilizados corresponde a la reforestación, la cual se define como el repoblamiento arbóreo de un sitio. Para generar la mayor cantidad de beneficios ecosistémicos bajo esta práctica es crucial asegurar que las especies vegetales seleccionadas se encuentren en el ecosistema de referencia, todas sean nativas de la zona y no cuenten con características de desarrollo invasivo. Asimismo, debe tomarse en cuenta los requerimientos de luminosidad referidos en las secciones anterior.

12 Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment - MEA. (2005). World Resources Institute. 2005

13 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras"

14 Heliófitas efímeras: especies intolerantes a la sombra. Cuentan con reproducción masiva, crecimiento rápido en buenas condiciones de luz, vida corta y son capaces de colonizar espacios abiertos. Las semillas mantienen una viabilidad por largo tiempo. Heliófitas durables: al igual que las efímeras son intolerantes a la sombra, pero cuentan con una vida relativamente larga. Las semillas mantienen una viabilidad por menor tiempo que las efímeras. Universidad de Guadalajara, 2008

15 Esciófitas: grupo ecológico de especies vegetales que no requieren de iluminación directa para su desarrollo, creciendo en condiciones de sombra. Se regeneran bajo el dosel de los árboles dominantes. Universidad de Guadalajara, 2008

Para el desarrollo del material vegetativo se pueden implementar viveros con especies locales[16] dentro de la finca, localizando material semillero dentro del ecosistema de referencia seleccionado. Aparte de la inclusión de árboles dentro del área a restaurar también se debe procurar la inclusión de especies arbustivas y herbáceas, emulando las condiciones del sitio de referencia. Es importante también tomar en cuenta elementos temporales tales como los periodos fenológicos[17], épocas de inicio de lluvias y periodos lunares para la siembra.

Paso 6. Ejecución de las medidas de restauración ecológica

En esta etapa se llevan a cabo las actividades definidas en el apartado anterior, por lo que el éxito dependerá del grado de detalle con el que se han diseñado las medidas y acciones. Con el fin de minimizar el impacto ambiental en las actividades a implementar se recomienda capacitar al personal encargado, haciendo uso de profesionales en el área para transmitir la aplicación de buenas prácticas en cualquier tipo de actividad que se desarrolle. Entre las prácticas que se pueden incorporar para atenuar el impacto se encuentra la señalización de las zonas de trabajo y sus accesos, con el objetivo de disminuir efectos de compactación en el suelo por ingreso de maquinaria y personal, evitando la apertura de múltiples vías de acceso que podrían afectar la vegetación en proceso de regeneración.

Paso 7. Seguimiento y evaluación

Esta fase pretende poner a prueba el éxito de la restauración ecológica planificada y ejecutada. El seguimiento implica el uso de indicadores para evaluar la recuperación de los procesos ecológicos deseados o controlar los indeseados. Implica tanto la verificación del correcto desarrollo de las actividades planificadas como el propio seguimiento de la evolución del ecosistema. Se sugiere, en este paso el establecimiento de parcelas de control para dar seguimiento al desarrollo del ecosistema sin intervención. El monitoreo de las parcelas de control podría realizarse de forma anual y prolongarse el tiempo suficiente para obtener resultados concluyentes acerca de la recuperación de condiciones ecosistémicas básicas. A continuación, se proporciona una orientación respecto a los indicadores clave que podrían ser utilizados para el seguimiento del proyecto:

Período de evaluación	Proceso evaluado	Indicadores
De 1 a 5 años	Establecimiento de la vegetación Atracción de fauna	Supervivencia, crecimiento y estado nutricional de las plantas. Riqueza vegetal y animal
De 5 a 15 años	Desarrollo de la vegetación Mejora de condiciones del suelo Atracción de fauna	Capacidad reproductiva, cobertura y riqueza vegetal, Aporte de hojarasca, nutrientes y humedad en el suelo, Diversidad de otros niveles tróficos, riqueza animal.
Más de 15 años	Recuperación de la estructura y fertilidad del suelo y restablecimiento de interacciones ecológicas Atracción de fauna	Contenido de materia orgánica del suelo, tasas de descomposición de materia en suelo, Diversidad de plantas, grado de interacción entre niveles tróficos, conectividad en el paisaje, riqueza animal.

Fuente: de Fundación Biodiversidad, 2018

Indicadores para la evaluación de resultados del proceso de restauración ecológica.

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de área restaurada con respecto al área total degradada.
- # de plantas sembradas anualmente como parte del proyecto de restauración.
- Ganancias anuales en $ por venta de servicios ambientales
- Otros indicadores referidos en paso 7.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* asignación de personal interno para grupo de trabajo o comité de restauración.
- *Externo:* contratación de personal técnico para apoyo en el desarrollo de actividades, según los objetivos trazados.

Referencia de Costos:

- Según FAO[18] para proyectos de regeneración natural asistida los costos de implementación rondan los $257 por hectárea, mientras que el seguimiento y monitoreo del año 1 al 5 varía de $31 a $213 por ha y año, y del año 5 en adelante de $14 a $17 por hectárea por año.
- Para proyectos de restauración activa con prácticas de reforestación, según CATIE[19] se reportan costos que rondan de $1.040 a $1.600 por hectárea para su implementación.
- Otros: insumos acordes con los objetivos y actividades trazadas. Esto podría incluir material vegetativo, semillas, plántulas, entre otros.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La restauración ecológica surge como una respuesta para recuperar procesos, interacciones y servicios a nivel de ecosistema, los cuales han sido minimizados o eliminados debido a perturbaciones tanto de origen natural como antropogénico. El análisis detallado del sitio a restaurar, el entorno y los causantes de la degradación permiten establecer objetivos y actividades orientadas a la recuperación de los espacios, procurando obtener una reconstrucción del ecosistema original o emulando un ecosistema de referencia. Una vez que se alcanza la restauración del sitio los servicios ecosistémicos se reactivan, trayendo a su vez una serie de beneficios para la finca tales como la incorporación de barreras vivas para el control de plagas y enfermedades, la reducción de riesgos ambientales con impactos directos al cultivo, la provisión de recursos maderables y no maderables en áreas completamente restauradas y la oportunidad de diferenciación ante el mercado.

16 Ver ficha #17 "Vivero con especies locales adaptadas"
17 La fenología de plantas involucra la observación, registro e interpretación de eventos tales como la producción de hojas, flores y frutos; y el estudio de los factores bióticos y abióticos que los ocasionan o los afectan. APC, 2018.
18 Regeneración natural asistida: aprovechar la naturaleza para la restauración. FAO, 2020.
19 Determinación de áreas y costos potenciales para alternativas de restauración ecológica río El Tablón, Chiapas, México. CATIE, 2019.

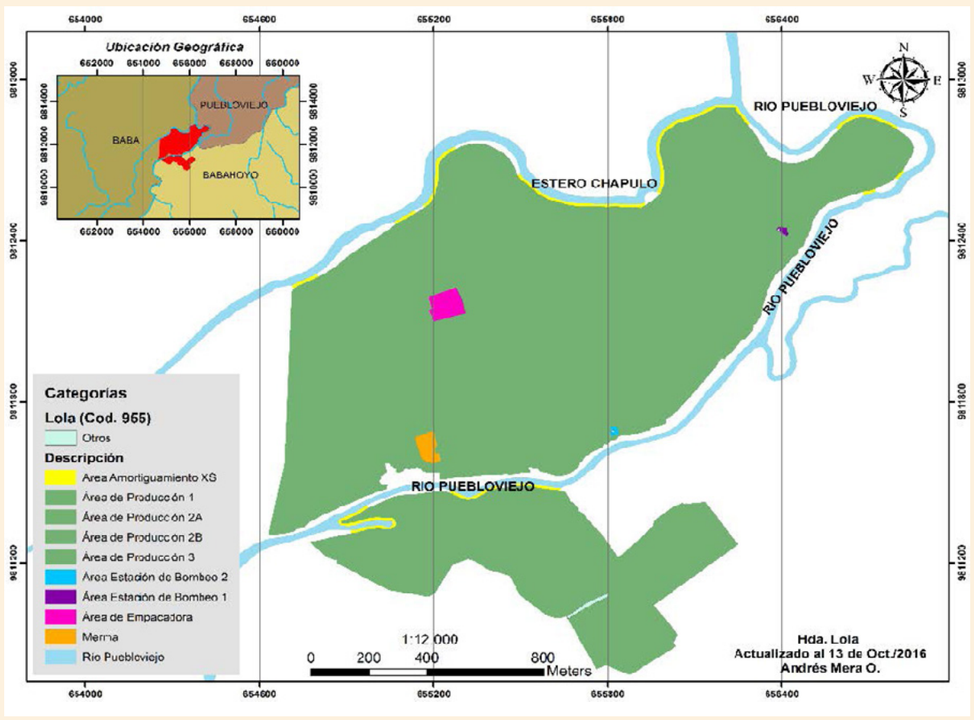
Casos de éxito

Restauración de bosques de galería en Finca Lola, Ecuador.

La finca Lola es una unidad de producción de banano de 209 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

La finca inició en el 2016 un proyecto de recuperación del bosque de galería ubicado al margen del Río Pueblo Viejo, dirigido a eliminar progresivamente áreas de cultivo de banano en una franja de 30 metros del espejo de agua, favoreciendo la restauración del ecosistema a través de procesos de regeneración asistida y reforestación con especies nativas, bajo la guía y soporte técnico de WWF- Ecuador.

La iniciativa incluyó actividades planificadas, de eliminación de especies invasivas (pastos y enredaderas), recolección de plántulas de árboles semilleros, siembra, prácticas de mantenimiento y resiembras. Acciones que se han mantenido con el tiempo, y que han permitido el desarrollo de especies arbóreas y arbustivas dentro de la zona de protección.



Fuente: Dole, 2016 (inicios del proyecto)

Estrategia de Recuperación												
Finca:	Lola											
Código:	955											
Orden	Persona responsable	Ubicación (ej. nombre del ecosistema, número de lote, referencia a un mapa, etc)	Medidas del Ecosistema			Descripción de la actividad	Cronograma de Actividades					
			Afectado				Año 1					
			Longitud	Ancho	m2		dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21
1	Administrador General de finca	Rio Puebloviejo Lola 1 (Lotes 1,2, 3,4 y 5), Lola 2 (Lotes 6 y 11)	908	4	3632	Chapia de especie invasiva	X	X	X			
						Recoleccion de arboles a sembrar		X	X			
						Siembra de arboles			X	X	X	
						Coronamiento y chapia					X	X
						Resiembra por mortandad					X	X

Fuente: Dole, 2020 (Priorización de área afectadas)

Siete años después, el proyecto ha permitido restablecer una cobertura diversa al borde del cauce natural, reactivando de esta manera la generación de servicios ecosistémicos. Por otro lado, la administración de finca eliminó el uso de herbicidas y ha impulsado en conjunto con la empresa proveedora de fumigación aérea, nueva tecnología en los sistemas de cierre automático de las aeronaves y uso de drones en áreas sensibles, evitando pases sobre la franja de vegetación y disminuyendo los riesgos por deriva química. Actualmente (2023) este importante ecosistema, cuenta con una zona de protección de 9,28 hectáreas, favoreciendo la conectividad a nivel de paisaje. A mediano plazo, la meta de la finca es aumentar el área de retiro, ampliando así la franja natural de protección de río.

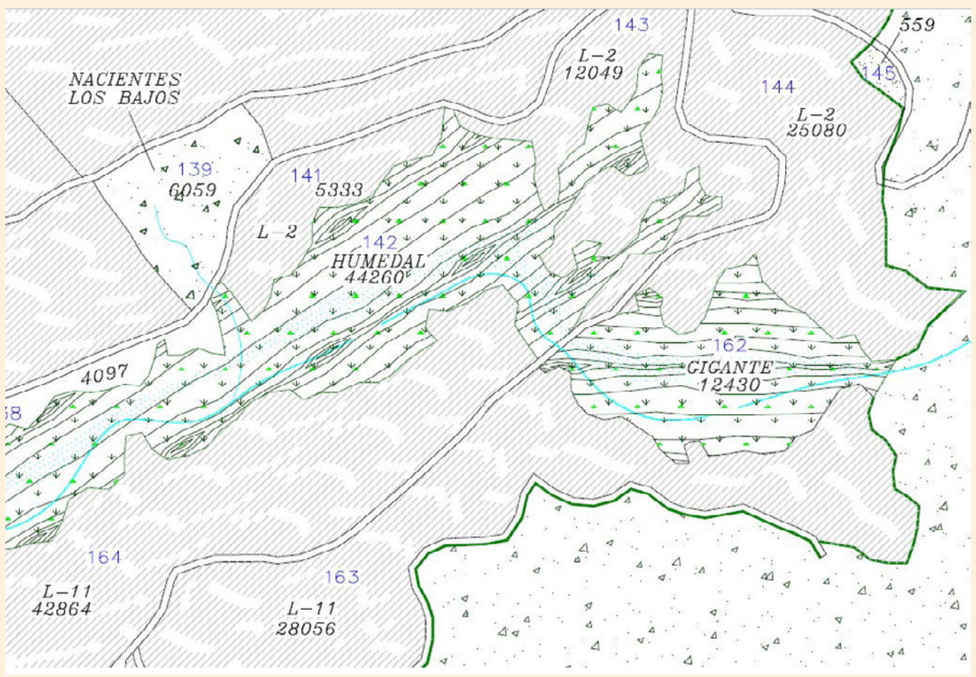
Casos de éxito

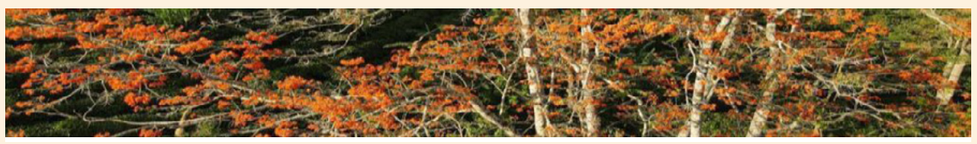
Hacienda Río Negro, es una finca de producción de café de 355 hectáreas, perteneciente a La Minita Corp., ubicada en la zona sur de Costa Rica, en el pueblo de San Luís, de Sabalito en la región de Coto Brus, muy cerca de la frontera con Panamá. Desde el año 2001, se convirtió en la primera finca de café en Costa Rica en obtener la certificación Rainforest Alliance.

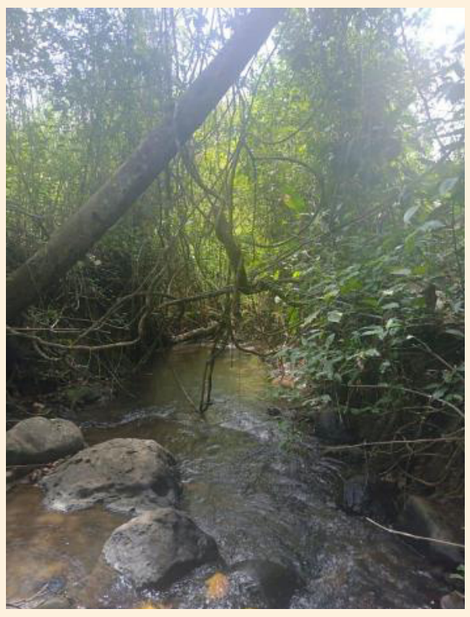
Actualmente, la Hacienda conserva 335 hectáreas de ecosistemas naturales de alta relevancia, no sólo por la biodiversidad que sostienen, sino también por su cercanía con el Parque Internacional La Amistad.

La finca cuenta con una importante cantidad de cauces naturales que recorren y limitan las áreas de cultivo, caso de la Quebrada Azul, la cual nace en el lote 11 y presenta una longitud de 2,5 Km. Este importante ecosistema forma parte de un programa de restauración ecológica que ha implementado la Hacienda durante los últimos 20 años, en donde se ha priorizado la regeneración natural pasiva, considerando el banco de semillas presente y los niveles de degradación observado en este ecosistema.

Siendo el objetivo del programa, asegurar a mediano plazo el restablecimiento del equilibrio biológico y la protección de la biodiversidad, incluyendo especies de alto interés como la danta "Tapirus bairdii" y el puma "Puma concolor". Actualmente la quebrada, mantiene una zona de protección (ambos lados) de 15 a 20 metros con respecto al cultivo de café, asegurando la conectividad y disminuyendo los riesgos de la deriva química hacia el recurso hídrico. Por otro lado, el bosque ripario ya establecido funciona como un corredor biológico y conecta otras áreas de conservación internas, como: Juan Rodríguez y Montaña Verde, finalmente vierte sus aguas al Rio Negro.







Referencias

[1] ¿Qué es un ecosistema? https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees
[3] Resiliencia ecológica. https://reefresilience.org/es/resilience/what-is-resilience/#:~:text=La%20resiliencia%20ecol%C3%B3gica%20se%20refiere,y%20luego%20adapt%C3%A1ndose%20al%20cambio
[4] ¿Qué es REDD+? https://www.conservation.org/peru/novedades/2019/10/29/que-es-redd
[5] Guía práctica de restauración ecológica. guia_practica_re_0.pdf (fundacion-biodiversidad.es)
[10-11] Factores bióticos u abióticos. https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/factores-bioticos-y-abioticos/
[12] Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf
[14-15] Determinación de gremios ecológicos de ocho especies arbóreas de un bosque tropical de jalisco, México. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/t1c1_08.pdf
[17] Fenología de las plantas. https://www.asoprimatologicacolombiana.org/notas-redprim/metodos-de-estudio-fenologia-de-plantas
[18] Regeneración natural asistida: aprovechar la naturaleza para la restauración. Unasylva 252, Vol. 71. https://www.fao.org/3/cb1600es/cb1600es.pdf
[19] Determinación de áreas y costos potenciales para alternativas de restauración ecológica río El Tablón, Chiapas, México. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9126/BCO22118285.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Otras consultas:

- A Practical Guide to Integrated Landscape Management. https://landscapes.global/wp-content/uploads/2022/12/ILM_Practical_Guide_DEC22.pdf
- Biología en teoría. https://bioteoria.wordpress.com/2015/10/18/ecological-succession/
- Elaboración de planes de restauración pasiva para la región amazónica programa socio bosque. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00K45G.pdf
- Guía para restaurar a pequeña escala la selva misionera : una contribución a los Objetivos de la Década de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas 2021-2030. https://docplayer.es/211231779-La-selva-misionera-una-contribucion-a-los-objetivos-de-la-decada-de-las-naciones-unidas-para-la-restauracion-de-los-ecosistemas.html
- Importancia de los factores bióticos y abióticos. https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/abioticosbioticos/importancia
- La regeneración natural de ecosistemas (restauración pasiva). https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/34797/34361
- Manual de técnicas participativas. Estudio de validación del desarrollo rural participativo basado en la conservación de suelos y aguas. https://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/uploads/documents/ease_taller08_m6_anexo2.pdf
- Recuperación de ambientes perturbados. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2540912
- Restauración de hábitats para la fauna. http://www.erecolombia.com/files/restauraci%c3%93n%20de%20h%c3%81bitats%20para%20la%20fauna.pdf
- Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Acta biológica Colombia Vol.16 N°2. https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf
- Upala Agrícola: como una finca de piña se esfuerza por lograr una producción sostenible. https://preferredbynature.org/es/newsroom/upala-agricola-como-una-finca-de-pina-se-esfuerza-por-lograr-una-produccion-sostenible

Colaboración de Experto:
Ingeniero Forestal. Manuel Chavarría Vargas /
Email: manuelchav_25@hotmail.com.

Zonas de protección de recurso hídrico

19

Categoría B

Quinta Pasadena, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

4 Análisis y control de erosión
9 Control de deriva 10 Control biológico de plagas
12 Estimación de huella de carbono
16 Identificación y control de especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación de hábitats naturales degradados
20 Reservorios de biodiversidad
22 Rutas de conectividad internas y externas
24 Protección de Polinizadores
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.3.1, 6.3.3

Criterio de Comercio Justo-para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5
Requisito: 3.2.34

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.5.1.5, 4.5.1.9

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Zonas de protección de recurso hídrico

FICHA 19

Descripción de la medida

Las zonas de protección del recurso hídrico son franjas de vegetación natural que ayudan a mitigar impactos generados por actividades humanas y favorecen la conservación de la biodiversidad asociada a los ecosistemas acuáticos que limitan con áreas productivas. Incluyendo los ríos, quebradas, nacientes (permanentes y temporales), lagunas, esteros y otras fuentes naturales.

En el mundo la mayor parte de los cuerpos de agua saludables tienen sus orillas cubiertas por una vegetación ribereña[1] diversa y estratificada, compuesta por distintas especies de plantas que forman una comunidad.

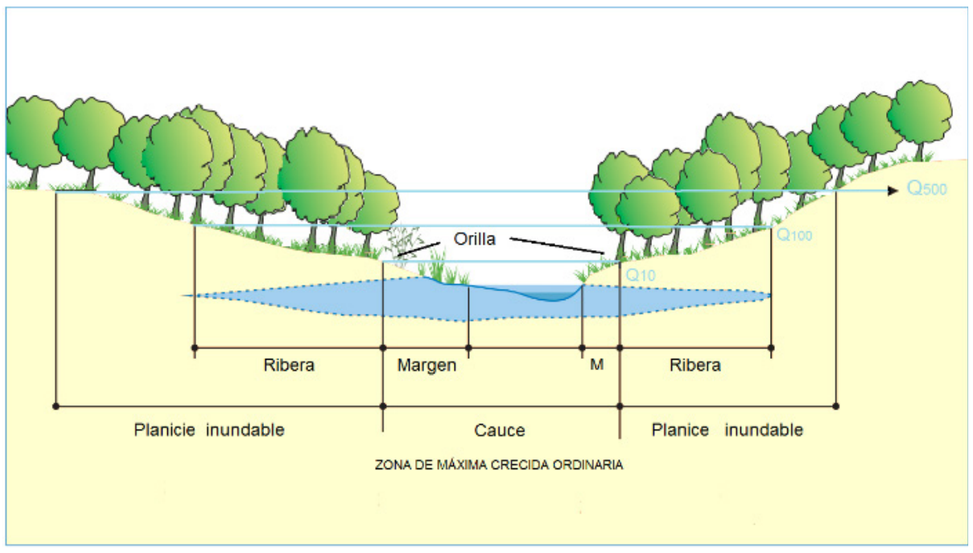
La salud y composición de estas comunidades vegetales son la característica visible más usada para calificar el estado de la zona de protección del recurso hídrico, la cual además funciona como una interfase de transición[2] o filtro entre el ecosistema acuático y el terrestre.

Esta condición propicia un fuerte control sobre el microclima del cauce, modulando la cantidad y calidad de radiación solar que incide sobre el cuerpo de agua en función de la altura y densidad de la vegetación[3] y generando a la vez, cambios en los volúmenes de agua disponible, recurso importante no sólo para la biodiversidad sino también para el consumo humano y el suministro para actividades de riego y procesamiento necesarias en la agricultura.

Cuando las zonas de protección se adelgazan o desaparecen por actividades humanas no controladas, se pueden generar diversos impactos en los ecosistemas, pues se propicia la erosión del suelo (*especialmente en sitios de clima tropical con fuertes lluvias*), la lixiviación de nutrientes y pesticidas, los cambios en la temperatura del agua, entre otras. Todo esto crea ambientes propicios para establecimiento de especies exóticas con características invasivas[4] que pueden desplazar fauna y flora nativa, generando una profunda modificación del ecosistema natural[5].

1 Vegetación ribereña: se refiere a asociaciones vegetales que cubren las zonas de los márgenes de cuerpos de agua, donde las características del suelo, sobre todo el nivel freático, están influidas por la dinámica fluvial. La composición y estructura de la vegetación ribereña refleja la calidad ecológica de las zonas de protección del recurso hídrico, y su condición debe ser evaluada a partir de un punto de referencia determinado para cada cuerpo de agua. Universidad Austral de Chile, 2013.
2 Zonas que mantienen interacciones únicas entre sistemas ecológicos adyacentes y cuenta con atributos físicos y químicos específicos, propiedades bióticas y procesos de flujo de materia y energía, únicos que amortiguan dichas interacciones. Universidad Autónoma Chapingo, 2016
3 Flora y vegetación ribereña en la Reserva Nacional Trapananda, Región de Aysén, Chile. Universidad Austral de Chile, 2013.
4 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras".
5 Restauración de bosques ribereños y agua dulce: ¡gran oportunidad. Universidad Nacional de Tucumán, 2019.

La función ecología en las zonas de protección del recurso hídrico[6] juega un importante papel en el manejo de plagas en los cultivos aledaños, al mantener una alta densidad de aves asociada a la vegetación ribereña, las cuales son depredadoras de roedores e insectos de importancia en la agricultura. Por otro lado, la naturaleza lineal de estas zonas, las constituyen en rutas de conectividad[7], al integrar parches de bosque y propiciar la dispersión de diversas especies.
Otros servicios ambientales de la vegetación ribereña son la captura de CO_2, generación de oxígeno y regulación climática a través de generación de microclimas Según estudios[8] realizados en Colombia en el 2020, la cantidad de carbono total almacenado por hectárea en bosques de galería[9] oscila entre 16 y 74,2 Mg C/ha.



Los ecosistemas ribereños también son reconocidos como de zonas de amortiguamiento, en donde el ancho de la franja vegetal, la continuidad longitudinal, la composición, edad y condición de la vegetación, la geomorfología y fragilidad del sitio, son factores relevantes para considerar en el desarrollo de un plan de restauración[10].

El ancho de las zonas ribereñas[11] recomendado puede variar de acuerdo con cinco diferentes funciones:

a) Protección de la calidad del agua (5-30 m),
b) Hábitat riparia (30-500 m),
c) Estabilización de orillas (10-20 m),
d) Atenuación de inundaciones (20-150 m)
e) Aporte de detritus[12] (3-10 m).

En todo caso es necesario considerar también las normativas internacionales y la legislación de cada país en cuanto a las zonas mínimas de protección del recurso hídrico. Además, es importante valorar que los esfuerzos de conservación y restauración de estos ecosistemas tienen una repercusión a nivel del paisaje, al mejorar el estado de las cuencas hidrográficas que son utilizadas por múltiples actores y minimizar efectos por cambios climáticos, acentuados y visibles especialmente en áreas de producción agrícola.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Provee de hábitat, refugio y otros recursos necesarios para la fauna local o migratoria, incluyendo especies endémicas o con algún nivel de vulnerabilidad[13].
- Promueve el intercambio genético entre organismos.
- Favorece el movimiento de diferentes especies, entre ellas polinizadoras y dispersoras de semillas, ayudando a la regeneración del ecosistema y brindando mayor estabilidad y disponibilidad de recursos.
- Disminuye los riesgos de extinción de especies por efectos de cambios climáticos adversos y aislamiento geográfico, al ser áreas focales de los biocorredores.
- Controla naturalmente la temperatura del agua y la luminosidad que la atraviesa, lo que mejora la biodiversidad y la salud de hábitats acuáticos y terrestres.
- Transforma el ecosistema ripario en un filtro de nutrientes, a la vez que aporta materia orgánica a sistemas fluviales.
- Protege el recurso hídrico mediante la formación de zonas de amortiguamiento a lo largo de ríos, quebradas u otros cauces naturales.
- Favorece el establecimiento de áreas de remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que pueden ayudar a la finca a alcanzar la neutralidad de carbono, o bien pueden ser utilizadas en la venta de bonos de carbono como método de compensación de GEI por diversas organizaciones.

Beneficios para la persona productora

- Mejora en la calidad y cantidad de agua disponible, recurso utilizado en actividades de riego y procesamiento.
- Incrementa la biodiversidad de especies que además de tener un valor intrínseco, brindan servicios para el control natural de plagas presentes en el cultivo[14].
- Favorece el reconocimiento económico por los esfuerzos de conservación, mediante iniciativas de pagos por servicios ambientales implementadas en algunos de los países.
- Ayuda a la estabilidad del suelo a orillas de fuentes naturales, evitando el socavamiento del terreno por erosión fluvial o eólica.
- Permite el desarrollo de zonas de amortiguamiento contra vientos fuertes y otros fenómenos hidrometeorológicos (inundaciones, sequías, huracanes, etc.).
- Fortalece esfuerzos regionales de manejo de cuencas hidrográficas, permitiendo a la finca su participación e integración con las comunidades vecinas.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de la legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

6 Ecología en las zonas ribereñas. Universidad Autónoma Chapingo, 2016
7 Ver ficha #22 “Rutas de conectividad internas y externas”
8 Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare, Colombia. Universidad de los Llanos -Villavicencio, 2020.
9 Bosque de galería es aquel que se encuentra al borde de los cuerpos de agua formando una comunidad de árboles, enredaderas, epífitas y herbáceas de gran complejidad. Ecosistemas De Costa Rica, 2021.
10 Ver ficha #18 “Recuperación de hábitats naturales degradados”
11 Design Recommendations for Riparian Corridors and Vegetated Buffer Strips. U.S. Army Engineer Research and Development Center. 2000
12 Detritus: Resultado de la descomposición de una masa sólida en partículas. Real Academia Española. Consultada 2022.
13 Especies amenazadas, en peligro o con poblaciones reducidas. (ver marco legal de cada país).
14 Ver ficha #10 “Control biológico de plagas”

Zona de Protección del Río Frio/ Santa Marta, COL.

Figura 1. Imagen representativa de un río general junto a cultivo de banano

Metodología de implementación de la medida

Las actividades agrícolas históricamente se han relacionado con la degradación de la calidad del agua y la transformación de zonas de protección del recurso hídrico; razón por la cual la medida de sostenibilidad propuesta busca establecer una estrategia dirigida a la recuperación y conservación de la vegetación ribereña demostrando que es posible mantener la resiliencia[15] de los ecosistemas de agua dulce mientras se cultiva de manera responsable, teniendo como guía los siguientes pasos:

Paso 1: Mapeo e identificación de cuerpos de agua

- La primera actividad es la identificación de todos los cauces naturales ubicados en la finca incluyendo aquellos que forman parte de los límites. Se debe poner especial atención a riachuelos que en el pasado hayan sido transformados o incluidos en el sistema de canales; así como lagunas o ciénagas que fueron disminuidas por efectos de drenaje. Algunas señales de orientación para estos casos son: fondo rocoso, curso sinuoso, presencia permanente de agua, presencia de algas y/u otras formas de vida acuática.
- Como complemento, es recomendable verificar registros nacionales, imágenes aéreas o incluso software en línea como Google Earth, que ayuden a determinar la presencia de fuentes naturales en la finca y permita de forma comparativa (diferentes años) analizar cambios.
- A partir de la inspección en sitio y la revisión de diversas fuentes y medios digitales, la persona productora puede elaborar un mapa que contenga toda la información recopilada y que permita inicialmente visualizar el estado de los ecosistemas acuáticos y sus zonas de protección aledañas. Para la elaboración de mapas[16] se pueden utilizar diversos programas o aplicaciones como la herramienta gratuita de QGIS, lo cual permite integrar los datos de forma espacial, facilitando la toma de decisiones.

En el caso de pequeños productores que tengan limitaciones de uso de herramientas digitales, una opción es diseñar mapas sencillos o croquis, en donde pueden identificar los ecosistemas acuáticos localizados.

Paso 2: Caracterización de las zonas de protección

Una vez identificados los cauces naturales en el mapa, el siguiente paso es la caracterización de la zona de protección, para lo cual es necesario establecer mediciones de la longitud de la fuente natural y ancho de la franja de vegetación aledaña. En este sentido la persona productora puede segmentar la zona de protección para facilitar el análisis, verificando si la franja de vegetación es conforme con las distancias mínimas determinadas en la legislación de cada país[17], o en su ausencia, según criterios técnicos *(indicados en la sección de descripción de esta ficha)* o requerimientos de normativas internacionales. Importante tomar en cuenta que cada país tiene consideraciones diferentes para definir el área que se debe respetar, en donde se prioricen los esfuerzos de conservación o recuperación del ecosistema en ausencia del cultivo principal (por ej: banano, café o piña).

- Por otro lado, las mediciones de la zona de amortiguamiento deben considerar como punto inicial el borde del espejo de agua, teniendo en cuenta el nivel más alto del agua en una época lluviosa normal. Es necesario generar el mismo retiro a cada lado del cuerpo de agua y, si el cauce natural se ubica a lo interno del área productiva, calculando al mismo tiempo el área actual con presencia de cultivo que debe ser retirada y dedicada a la protección del recurso hídrico.

Tomando como ejemplo el río general de la figura 1, el análisis realizado a través de mediciones en campo y uso de herramientas digitales, determinan:

Longitud: 780 metros lineales *(ambos lados 1.560 m)*
Ancho de la zona de protección (ZP): variable por lo cual se segrega el ecosistema en 4 secciones:

- **A1**: ZP de10 metros ancho en 580 metros longitud
- **A2**: ZP de15 metros ancho en 200 metros longitud
- **B1**: ZP de 8 metros ancho en 450 metros longitud
- **B2**: ZP de 30 metros ancho en 330 metros longitud

15 Resiliencia refiere entonces a la capacidad de un ecosistema para responder a algún tipo de perturbación, y a su vez, una medida de la rapidez con que se recupera. Biología La Guía, 2018.
16 Ver ficha #30 "Mapas de sostenibilidad"
17 Zona de Protección del Recurso Hídrico: Colombia: 30 metros (Decreto 1449- Art 3b); Costa Rica: 10-15 metros (Ley Forestal 7575- Art 33b); Ecuador: 30 metros (Acuerdo 365- Art 14); República Dominicana: 30 metros (Ley 64-00- Art 129)

Imagen Representativa: Segmentación de la ZP- Río General

Zona de Protección requerida por Ley: **30 metros** de ancho compuesta de vegetación natural nativa

Cálculo del ZP objetivo (ha): 4,68ha (por ley)
Cálculo del ZP actual (ha)[18]: 2,23ha
Imagen Representativa: Segmentación de la ZP- Río General

Como resultado del análisis, la finca debería trabajar en una estrategia de restauración orientada no sólo a mejorar las condiciones actuales de la zona de protección; sino también en cumplir con el área de retiro faltante, que en este caso del ejemplo son 2,45 hectáreas. De esta forma, una vez se determina la necesidad de ampliación de la zona de protección, la administración de la finca puede valorar posibles espacios de resiembra[19] para poder compensar las áreas de cultivo que serían removidas de manera planificada. Buscando cumplir (en plazos definidos) con los criterios legales y/o técnicos, al mismo tiempo que se reduce el impacto económico que puedan generar estos cambios en la finca.

- Finalmente, la caracterización debe completarse mediante una evaluación del estado ecológico[20] de la franja de vegetación a lo largo de la zona de protección o bien según la segmentación aplicada, actividad que debería ser guiada por un profesional; determinando las actividades a ser implementadas, según la condición general observada en el sitio, considerando al menos:

  - Tipos de especies dominantes y presencia de especies exóticas invasoras
  - Condición estructural de la vegetación[21]; priorizando el trabajo en zonas desprovistas de cobertura natural, o bien con vegetación escasa o dispersa.
  - Disponibilidad de árboles semilleros que puedan ser utilizados en actividades de reforestación/regeneración.

Paso 3: Estrategia de restauración[22].

Los resultados de la caracterización de las zonas de protección permiten direccionar los esfuerzos de restauración ecológica[23] buscando recuperar la biodiversidad, la integridad[24] y la salud ecológica[25] del ecosistema, lo que en conjunto garantiza su sostenibilidad a largo plazo.
La estrategia de restauración a ser implementada, debe ir en función del nivel de degradación que existente en un sitio, de esta forma la persona productora puede priorizar, planificar e implementar las acciones a lo largo de las zonas de protección, teniendo en cuenta que el objetivo es recuperar los bosques y las comunidades de especies autóctonas de la región, promoviendo actividades de regeneración e introducción de especies nativas que brinden alimento, refugio y sitios de anidamiento para la fauna local; cumpliendo al mismo tiempo con la normativa aplicable de manera progresiva.

A continuación, se detallan diferentes estrategias de restauración aplicables, según la condición de cada sitio:

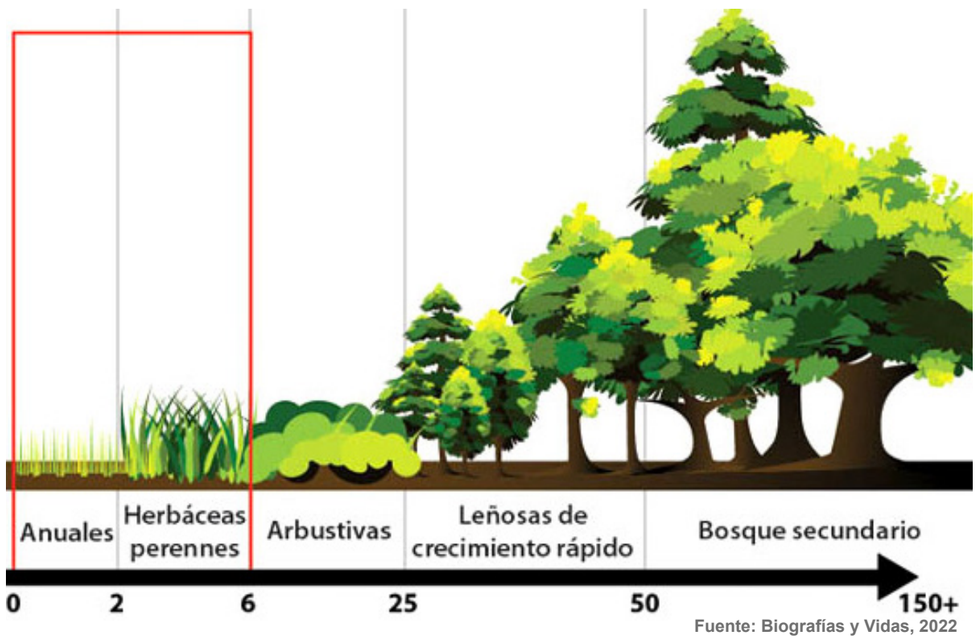
a. Regeneración natural pasiva

Consiste en eliminar o minimizar las perturbaciones causantes de la degradación, dejando que el ecosistema pueda recuperar por sí mismo su estructura y funcionalidad[26]. En este sentido los bosques que se regeneran naturalmente pueden secuestrar grandes cantidades de carbono atmosférico[27].

La regeneración natural pasiva, es un enfoque eficaz cuando la zona de protección a ser restaurada no presenta una alteración importante y mantiene un suministro variado y constante de semillas cerca que puedan ser dispersadas por los animales y/o el viento; de lo contrario podría tomar mucho tiempo recuperar el ecosistema a un estado de sucesión natural efectivo. En ese caso resulta necesario realizar acciones directas que normalmente tienen un costo económico asociado.

b. Regeneración asistida

Como el nombre lo indica, esta estrategia implica acelerar los procesos naturales, generando acciones que beneficien la recuperación del ecosistema. En este caso se busca intervenir (con orientación técnica) las zonas de protección, mediante la siembra de plantas seleccionadas y la eliminación de barreras y amenazas de crecimiento de la vegetación nativa, como por ejemplo, competencia con especies invasivas o dominantes que limitan la germinación de semillas y restringen la diversidad de especies potenciales.
La regeneración asistida, no debe incluir técnicas de control químico para el manejo de herbáceas u otras plantas que se desean extraer o sustituir dentro de las zonas de protección del recurso hídrico.



Fuente: Biografías y Vidas, 2022

Proceso de sucesión se puede acelerar con estrategias de restauración activas.

18 Para determinar la extensión del área, se debe considerar los m2 de cada sección y convertir el dato final en hectáreas, por ejemplo: la sección A1 tiene una franja de vegetación de 10 metros de ancho a lo largo de 580 metros lineales, por lo cual al transformar el dato a m2 representa (5.800m2) en hectáreas sería (0,58 ha).
19 Considerando: zonas ociosas, áreas en descanso, espacios de plantas perdidas o lotes poco productivos, entre otros.
20 El estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020.
21 Se refiere al patrón espacial de distribución de las plantas (estratificación, abundancia). GENMEDOC, 2017
22 Ver ficha #18 "Recuperación de hábitats naturales degradados". Para una mayor información acerca de las estrategias de restauración
23 Restauración Ecológica: es un proceso de ayuda en la recuperación de la salud, integridad y sostenibilidad de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. SER, 2022.
24 Estructura y función
25 Aspectos como resiliencia e interacciones sanas con ecosistema adyacentes.
26 Guía Práctica de Restauración Ecológica. Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica, 2018
27 Claves para Entender el Potencial de la Regeneración Natural en la Restauración de los Paisajes Forestales. CIFOR, 2021.

c. Reforestación

La reforestación es un proceso planificado que requiere, obtención de semilla, producción de plántulas, selección de las áreas a reforestar, preparación del terreno, siembra, mantenimiento y reposición.
La reforestación a lo interno de las zonas de protección de los cauces naturales debe realizarse con especies de plantas nativas seleccionadas, que a la vez no representen un riesgo como hospederas de plagas y enfermedades para el cultivo principal. Esta actividad normalmente requiere de limpieza del entorno y apertura de espacio de siembra para la incorporación de nuevas plantas, lo cual implica que se deben tener los cuidados necesarios para evitar generar alteraciones o focos de deforestación dentro de las áreas de protección del ecosistema; así como retiro de secciones de cultivo (*según aplique*) que deberían estar dedicadas a la conservación del recurso hídrico. Como fuentes de recursos para esta actividad, se recomienda el desarrollo de viveros[28] y la identificación en finca de árboles de especies de interés que pueden proveer semillas o plántulas a bajo costo.

d. Combinación de varias alternativas

Otra posibilidad es la combinación de diferentes estrategias, lo cual es muy común para fincas que tiene áreas de protección con asociaciones vegetales en diferentes estadios de desarrollo o bien en secciones del ecosistema acuático donde no existe una zona de protección, ya que el cultivo se extiende hasta el espejo de agua.

Adicionalmente la persona productora debe considerar otros aspectos relevantes para la implementación y sostenibilidad de la estrategia de restauración:

- La composición estructural sugerida para la restauración de un bosque ripario *(especialmente cuando se tiene la necesidad de iniciar desde cero un proceso de restauración)*: puede tomar como referencia la secuencia de tipos de vegetación indicada en la figura 2. De esta forma, las primeras líneas vegetativas ubicadas junto a la plantación, deberían ser resistentes al fuego y de porte bajo o arbustivo para evitar riesgos durante el desarrollo de trabajos o actividades propias del cultivo, por ejemplo, en aplicaciones vía aérea para el control sigatoka en fincas de banano. Por otro lado, también se debe evitar la siembra de plantas con flores o frutos junto a las áreas de cultivo para disminuir el impacto de la deriva química[29] sobre polinizadores[30] o especies de borde.
- Definir un plan de mantenimiento y poda para especies de copa ancha que generen sombra excesiva que pueda afectar la productividad o acentuar problemas de enfermedades fungosas en estas áreas periféricas.
- Al seleccionar las especies también se deben considerar los servicios ecosistémicos que brindan y las necesidades de la biodiversidad[31] que ocupa el hábitat.

Estrategia de restauración bosque ripario:	
A)	árboles o arbusto rivereños.
B)	especies grandes y coposas.
C)	especies raras, amenazadas y atractivas para polinizadores.
D)	arbustos y árboles de menor altura.
E)	especies arbustivas resistes al fuego sin frutos ni flores.

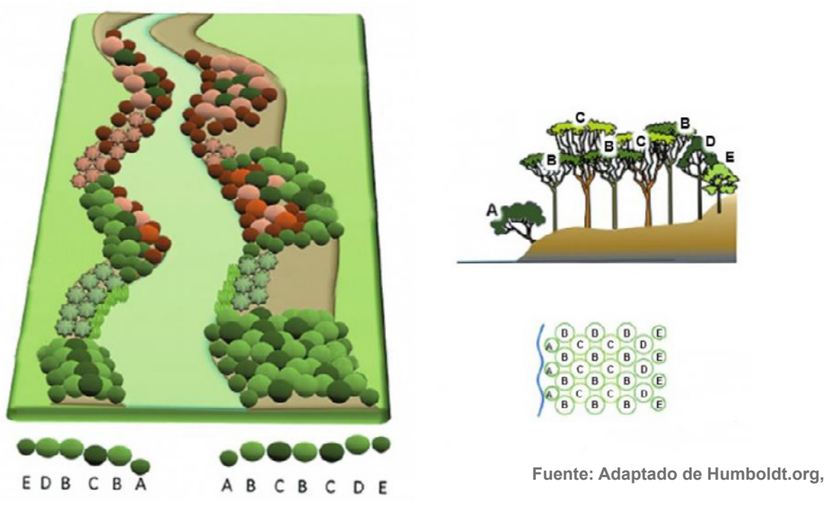
Independientemente de la estrategia a trabajar se debe considerar la importancia de estas zonas de protección a nivel de paisaje, si bien el esfuerzo de restauración inicia en la finca, estos ecosistemas son parte integral de cuencas hidrográficas utilizadas por diversos actores. Por otro lado, estos procesos ofrecen además la oportunidad de integrar a las comunidades vecinas en los esfuerzos de regeneración/reforestación, generando un impacto en educación y sensibilización a nivel local.
Finalmente es necesario considerar un presupuesto y los recursos necesarios para la implementación de la estrategia de restauración.

Paso 4. Implementación del plan

Una vez definida la estrategia de restauración, se elabora un plan de trabajo el cual debe detallar las actividades de asistencia y siembra de especies vegetales, ubicación (con énfasis en sectores prioritarios), responsables y los plazos de implementación. Una práctica sugerida es georreferenciar cada árbol al momento de la siembra, esto permite crear un mapa completo de la zona restaurada y facilita el seguimiento en las primeras etapas de desarrollo y el monitoreo a lo largo del tiempo.

Tabla 1. Dos escenarios de implementación de bosques ribereños.

Finca sin zonas de protección:	Finca que requiere mejorar sus zonas de protección
Año 1: identificación de fuentes naturales y el estado de las zonas de protección	**Año 1**: identificación de fuentes naturales y el estado de las zonas de protección
Año 2: Diseño de un plan de restauración basado en las 4 posibles estrategias	**Año 2**: Diseño de un plan de restauración basado en las 4 posibles estrategias
Año 3: Avance de un 30% del área definida por ley	**Año 3**: Implementación de acciones concretas de restauración en áreas seleccionadas como prioritarias, asegurando el cumplimiento legal.
Año 4: Avance de un 30% adicional del área definida por ley	
Año 5: Avance del 40% restante y cumplimiento legal	



Fuente: Adaptado de Humboldt.org,

Figura 2. Composición estructural sugerida de un bosque ripario.

28 Ver ficha #21 Vivero con especies locales adaptadas
29 Ver ficha #9 "Control de deriva"
30 Ver ficha #24 "Protección de polinizadores"
31 Alimentación, forrajeo, anidación, refugio, entre otros.

Paso 5. Plan de Monitoreo y mantenimiento

a. Monitoreo

Es necesario establecer un plan de monitoreo para poder evaluar el avance de las actividades incluidas en la estrategia de restauración. El plan debe considerar la periodicidad y recurso (humano y económico) que pueda facilitar la finca para el desarrollo de la actividad, sin embargo, se sugiere al menos realizar un monitoreo de campo cada seis meses.

Se puede elaborar una matriz de análisis que incluya las especies seleccionadas, el número de plantas sembradas por cada especie, la cantidad de individuos que se mantienen vivos y los que se deben reponer por perdida. Si se cuenta con los recursos, la persona productora puede georreferenciar las plántulas instaladas para llevar una estadística más exacta.

Una oportunidad interesante, es incluir en el monitoreo la cantidad de CO_2 fijado[32] por las áreas en restauración, esto puede hacerse mediante parcelas de control con ayuda de un profesional en ciencias ambientales.

b. Mantenimiento

Las áreas en regeneración necesitan asistencia. Al menos una vez al año es necesario eliminar pastos y especies exóticas o invasivas con la supervisión de un experto. En áreas de reforestación es necesario vigilar el desarrollo de las plantas hasta que alcancen suficiente madurez. Algunas actividades adicionales necesarias son las rodajas para los arbolitos nuevos, fertilización orgánica, deshierba y resiembra. Dependiendo de la especie se requieren entre 3 y 5 años de cuidados.

También es recomendable colocar rótulos, demarcar las áreas en restauración para evitar que por error se fumiguen o corten. Finalmente, se deben tener en cuenta las zonas manejo diferenciado, considerando al menos una franja de 10 metros sin aplicaciones en cultivos de banano y 10 metros de cordón sanitario sin cultivo en fincas de piña.

c. Capacitación

Capacitación. Finalmente, la capacitación del personal respecto a las zonas de protección de recurso hídrico, zona de manejo diferenciado, áreas en regeneración asistida o en reforestación es clave para el éxito de la implementación de la medida.

Indicadores de desempeño

- Cantidad de hectáreas transformadas en zonas de protección del recurso hídrico.
- Cantidad de metros lineales de rivera protegida según la legislación.
- Cantidad total de árboles sembrados.
- Toneladas de CO^2 fijadas/compensadas. - Ingreso anual en $ por venta de bonos de carbono procedentes de zonas de protección del recurso hídrico.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores a tiempo parcial para la siembra, mantenimiento y vigilancia de las zonas en regeneración o reforestación.
- *Externo:* Profesionales en biología con experiencia en restauración de ecosistemas ribereños.

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa que incluya en detalle el área de las zonas de protección de recurso hídrico ($100 a $300)
- Consulta técnica para el desarrollo de planes de reforestación y/o regeneración asistida, por parte de un profesional ($225 por día).
- Desarrollo de viveros[33] o compra de plántulas para zonas de protección ($4-$8 por árbol)
- Actividad de siembra y reposición de especies vegetales en las zonas de protección, realizado por personal de la finca. Valor base el salario mínimo legal por hora, según país.
- Área de cultivo retirada para dar lugar a los bosques ribereños, el costo por área depende de la productividad de cada finca.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Las zonas de protección del recurso hídrico son fundamentales en la conservación y la salud de los cuerpos de agua, estas son áreas de transición que además tienen el potencial de generar múltiples beneficios para la agricultura, favoreciendo el control biológico de las plagas, la prevención de la erosión y la disminución de los efectos por inundaciones y sequías; sin dejar de lado que mejoran la calidad y cantidad de agua disponible, recurso utilizado en actividades de riego y procesamiento.

Seleccionar una adecuada estrategia de restauración de las zonas de protección permite a la persona productora maximizar los servicios ecosistémicos que recibirá la finca y asegurar los beneficios implícitos para el medioambiente.

32 Ver ficha #12 “Estimación de huella de carbono”
33 Ver ficha #17 “Vivero con especies locales adaptadas”

Casos de éxito

Quinta Pasadena S.A. es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la provincia de Monte Cristi en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral, donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales.
La finca cuenta con un área de conservación de 38,85 hectáreas y esta certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

La finca colinda con el río Yaque del Norte y como parte de su compromiso de sostenibilidad, se protege el bosque ripario aledaño, el cual en un 80% cumple con la distancia se 30metros establecida por la legislación nacional. Para el restante 20% (diezmado por inundaciones) la administración ha planificado un plan de reforestación con especies nativas que son reproducidas en el vivero de la finca y que provienen de árboles semilleros del mismo ecosistema.
No se realiza ningún tipo de intervención y se promueve la regeneración natural y la protección de la biodiversidad que utiliza este hábitat.

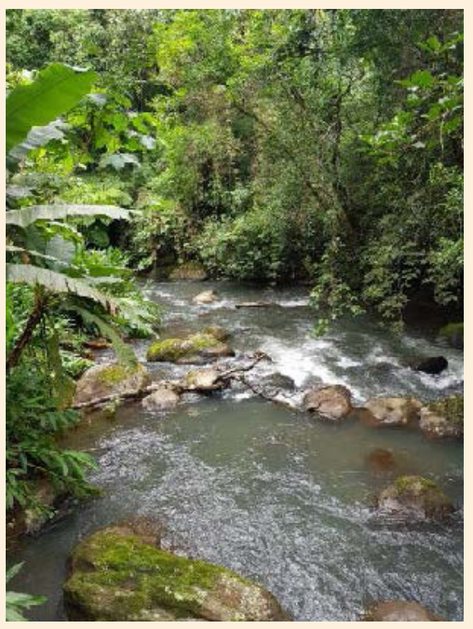
La finca realiza una extracción controlada de agua del río para suplir actividades de irrigación, práctica que cumple con los requisitos de ley, realizando un almacenamiento temporal en reservorios y utilizando sostenibilidad el recurso mediante sistemas de riego por goteo, el cual es alimentado por energía solar proveniente de un complejo de 2.791 paneles solares que fueron adquiridos con el objetivo de reducir el uso de combustibles fósiles; disminuyendo de la misma forma las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental.

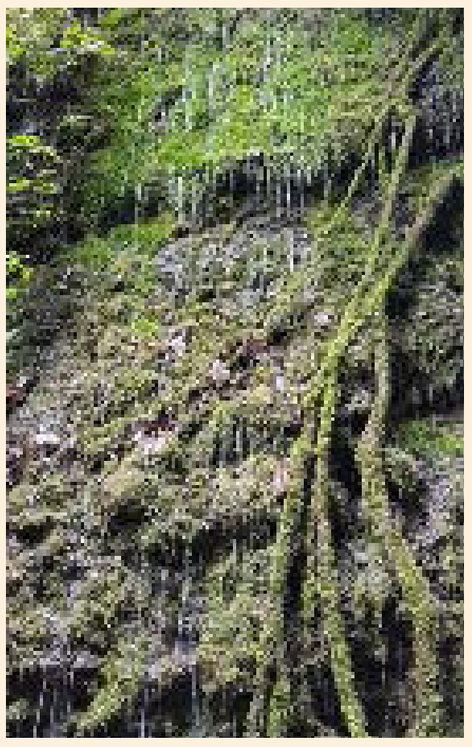
Casos de éxito

Hacienda Río Negro, es una finca de producción de café de 355 hectáreas, perteneciente a La Minita Corp., ubicada en la zona sur de Costa Rica, en el pueblo de San Luis, de Sabalito en la región de Coto Brus, muy cerca de la frontera con Panamá. Desde el año 2001, se convirtió en la primera finca de café en Costa Rica en obtener la certificación Rainforest Alliance. Actualmente, la Hacienda conserva 335 hectáreas de ecosistemas naturales de alta relevancia, no sólo por la biodiversidad que sostienen, sino también por su cercanía con el Parque Internacional La Amistad.

El nombre de la Hacienda se debe al Rio Negro, el cual recorre la finca en dirección este a oeste a través de 5 secciones de cultivo: Taco, Cataratas, Pueblo Nuevo, Pantoja y Tierras Mojadas; siendo esta última en donde el bosque galería conecta con el área de conservación de la Finca Cotón (unidad de producción vecina) que a su vez se integra con el Parque Internacional la Amistad, formando así un corredor biológico de gran importancia para la conservación de especies de flora y fauna regional, incluyendo especies en peligro de extinción como la danta "*Tapirus bairdii*" y el puma "*Puma con color*".

La Hacienda mantiene dos concesiones sobre el río, otorgadas por la Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE- Renovación 2011), la primera para uso industrial (procesamiento del café) por 8,1 l/s y la segunda para la generación hidroeléctrica (240kw) en donde se establecen caudales variables según los meses y épocas del año (invierno y verano), actividad que aporta el 30% de la energía utilizada en el proceso de beneficiado anualmente. Este esfuerzo de producción de energía a través de fuentes renovables junto con un adecuado tratamiento de aguas mieles y manejo de residuos sólidos, son algunos de los esfuerzos que realiza la empresa en pro del medio ambiente y la conservación de los diferentes ecosistemas, incluyendo el Río Negro.





MES	CAUDAL SOLICITADO	CAUDAL OTORGADO	CAUDAL DISPONIBLE	CAUDAL MAXIMO A APROVECHAR
ENERO	1000.00	0.00	1350.00	1000.00
FEBRERO	1000.00	0.00	910.00	910.00
MARZO	1000.00	0.00	780.00	780.00
ABRIL	1000.00	0.00	1070.00	1000.00
MAYO	1000.00	0.00	2680.00	1000.00
JUNIO	1000.00	0.00	3720.00	1000.00
JULIO	1000.00	0.00	3030.00	1000.00
AGOSTO	1000.00	0.00	3910.00	1000.00
SETIEMBRE	1000.00	0.00	5720.00	1000.00
OCTUBRE	1000.00	0.00	7680.00	1000.00
NOVIEMBRE	1000.00	0.00	5600.00	1000.00
DICIEMBRE	1000.00	0.00	2520.00	1000.00

SEXTO: Que el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, debe velar porque el aprovechamiento de agua se realice en armonía con el medio ambiente, para lo cual resulta imprescindible garantizar que la fuente no se quede seca y que haya un **CAUDAL MINIMO REMANENTE (CMR)** entre el punto de toma y el desfogue, equivalente al 10 % del caudal promedio anual del estudio hidrológico de diseño.

SÉTIMO: Que según el estudio hidrológico presentado se ha estimado en la fuente solicitada no hay caudales de aporte aguas abajo, por lo que el caudal de rebosa se estima en el 10,0% del caudal promedio anual, siendo que en el río Negro hay un caudal promedio anual de 3250 litros por segundo, el caudal de rebose equivale a 325 litros por segundo.

Dirección de Asesoría Jurídica

DIRECCIÓN DE AGUAS MINAET COSTA RICA

TELÉFONO: 2221-7514 - FAX: 2221-7516 - APARTADO: 13043-1000 San José
www.da.go.cr - Aguas@imn.ac.cr
Calle2, Ave.16-18 6 160 N. Entrada principal de la Estación del Pacífico, San José, Costa Rica.

Referencias

[1-3] Flora y vegetación ribereña en la Reserva Nacional Trapananda, Región de Aysén, Chile: http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fifb389f/doc/fifb389f.pdf
[2-6] Ecología en las zonas ribereñas: https://www.redalyc.org/pdf/629/62912107.pdf
[5] Restauración de bosques ribereños y agua dulce: ¡gran oportunidad!: View of Restauración de bosques ribereños y agua dulce: ¡gran oportunidad! (ucr.ac.cr)
[8] Captura de carbono en biomasa de sistemas de uso del suelo, municipio de Yopal, Casanare: http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v24n1/0121-3709-rori-24-01-13.pdf
[9] Definición de Bosque de galería: https://ecosistemasdecostarica.blogspot.com/2011/08/bosque-de-galeria.html
[11] Design Recommendations for Riparian Corridors and Vegetated Buffer Strips: http://www.pinelakedistrict.org/doc/resources/Design%20recommendations%20for%20riparian%20corridors.pdf
[12] Definición de Detritus: https://dle.rae.es/detritus
[15] Termino de Resiliencia: ¿Qué es la resiliencia ecológica? | La guía de Biología (laguia2000.com)
[20] Evaluación del estado de las aguas superficiales. https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/concepto-estado/#:~:text=El%20estado%20ecol%C3%B3gico%20es%20una,con%20las%20condiciones%20de%20referencia.
[21] Base Estructural de un Hábitat, Principios para si Definición y Diagnosis, https://www.uv.es/elalum/documents/BaseEstructuralHabitat.pdf
[23] Restauración Ecológica. Society for Ecological Restoration (ser.org)
[26] Guía Práctica de Restauración Ecológica. https://ieeb.fundacion-biodiversidad.es/sites/default/files/guia_practica_re_0.pdf
[27] Claves para Entender el Potencial de la Regeneración Natural en la Restauración de los Paisajes Forestales. https://forestsnews.cifor.org/74318/claves-para-entender-el-potencial-de-la-regeneracion-natural-para-la-restauracion-de-los-paisajes-forestales?fnl=

Otras consultas:

- Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands: https://www.researchgate.net/publication/5299293_Beyond_Deforestation_Restoring_Forests_and_Ecosystem_Services_on_Degraded_Lands
- Cultivando Resiliencia Frente al Cambio Climático: https://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Publicaciones%20AECID/Guia%20did%C3%A1ctica_rev.pdf
- Decreto 1449 de 1977- Colombia: Decreto-1449-de-1977-Gestor-Normativo (funcionpublica.gov.co)
- Influencia de tres tipos de vegetación ribereña en el control de la erosión fluvial en Pantanos de Centla, México: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000400019
- Los beneficios y el poder de la regeneración natural asistida: https://www.rds.org.co/es/novedades/los-beneficios-y-el-poder-de-la-regeneracion-natural-asistida
- Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas: Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas - Revista Ciencias (revistacienciasunam.com)
- Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia; 2. Camargo-Ponce de León y Agudelo-Álvarez 2017.pdf (humboldt.org.co)
- Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v35n1/art01.pdf

Colaboración de Experto:
Ingeniera Ambiental. Laura Robleto Villalobos
Email: consultoraecobalance@gmail.com

Reservorio de biodiversidad

20

Categoría C

Fresh Del Monte, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría C** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica alta, que podrían requerir previamente la implementación de otras actividades incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

C

Medidas Relacionadas

10 Control biológico de plagas
12 Estimación de huella de carbono
16 Identificación y control especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación de hábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
22 Rutas de conectividad internas y externas
23 Involucramiento con iniciativas de conservación
24 Protección de polinizadores
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.2.3, 6.2.4

Criterio de Comercio JustoOrganizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.30

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.5.1.6

Plazo de Implementación

Hasta 5 años

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Reservorio de biodiversidad

FICHA 20

Descripción de la medida

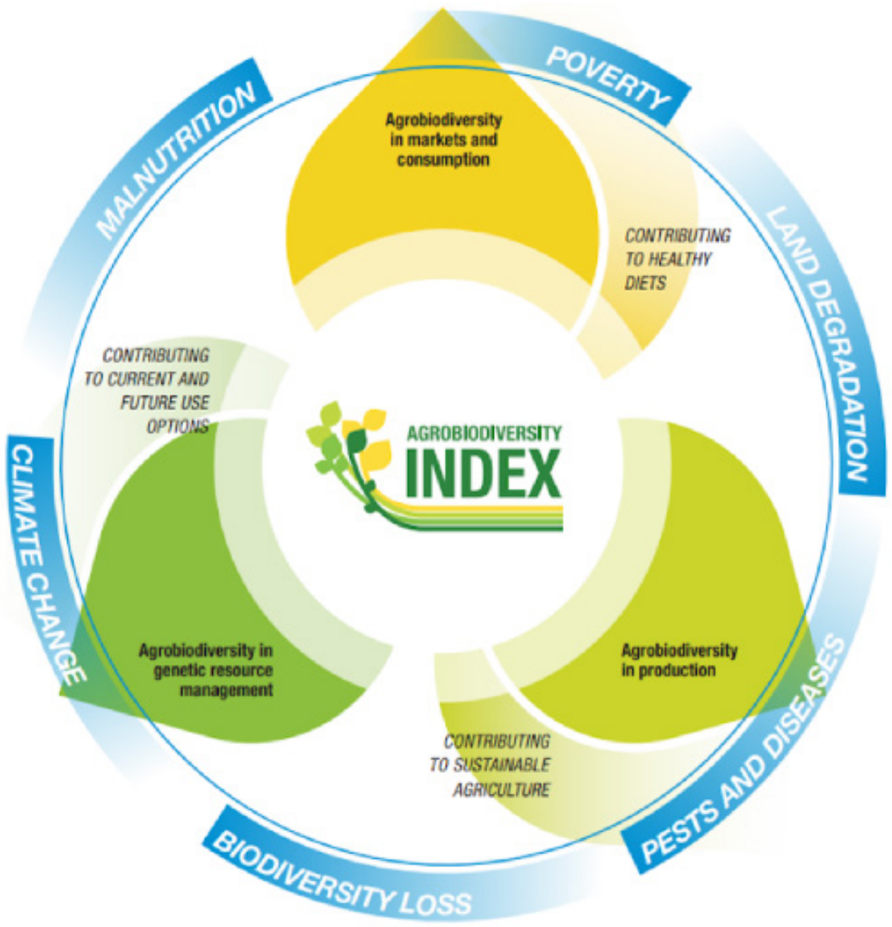
Según la FAO[1] las áreas de bosques siguen disminuyendo a nivel mundial a medida que la población aumenta y las áreas forestales se reconvierten a la agricultura y otros usos. En este sentido el informe Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020, indica que desde 1990 se han perdido unos 420 millones de hectáreas de bosques a nivel mundial a causa de la deforestación. Los datos del último quinquenio (2015 al 2020) muestran una tasa de pérdida de 10 millones de hectáreas por año, en comparación con la tasa de expansión de bosque (5 millones de ha por año) la cual apenas cubre el 50% del área deforestada.

Por otro lado, el 93% de la superficie forestal mundial[2] está compuesta por bosques regenerados de forma natural, los cuales muestran en los últimos 10 años una tendencia decreciente cercana a los 8 millones de hectáreas por año[1].

Los sistemas productivos altamente simplificados, homogéneos y especializados (caso de los monocultivos), no sólo generan impactos ambientales y sociales relevantes, sino que también se exponen a perdida de fertilidad de los suelos y presiones por plagas y enfermedades, las cuales generan un incremento de costos por actividades de control y disminuyen a la vez los niveles de productividad. Contrariamente, las fincas que realizan esfuerzos de conservación y restauración de los ecosistemas naturales y protegen la biodiversidad asociada, tienen una repercusión positiva no sólo a lo interno de la unidad de producción, sino a también nivel del paisaje.

1 Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA), FAO, 2020
2 ”Area de bosque a nivel mundial: 4060 millones de hectáreas, lo cual que representa el 31% de la superficie total de tierra”. FAO, 2020

Organizaciones como Biodiversity Internacional[3], han trabajado en la elaboración de un Índice de Agrobiodiversidad que permite identificar acciones concretas para lograr sistemas alimentarios diversos y sostenibles, con un enfoque en tres pilares (dieta saludable, agricultura sostenible y manejo de los recursos genéticos) y mediante la gestión de seis áreas de riesgo (desnutrición, cambio climático, degradación de la tierra, plagas y enfermedades, pérdida de biodiversidad y pobreza). El Índice, es una iniciativa que esta alineada a cuatro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible[4] y siete de las Metas de Biodiversidad AICHI[5].



Fuente: Bioversity International.2018

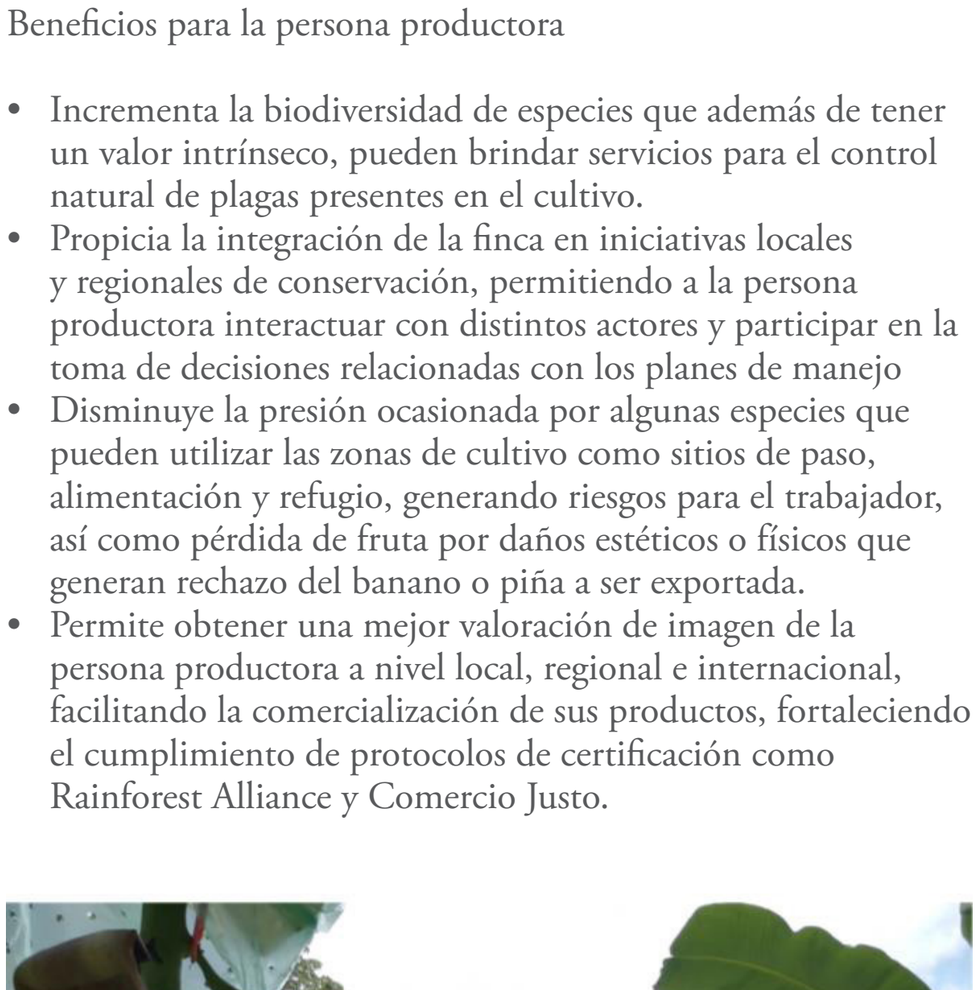
En la actualidad, la persona productora tiene la posibilidad de generar un cambio de la dinámica productiva hacia una agricultura más sostenible, que promueva la protección o implementación de reservorios naturales como parte de la responsabilidad ambiental; generando a la vez un valioso aporte de servicios ecosistémicos de regulación, tales como: mejoras en la calidad del aire, regulación del ciclo del agua, control de la erosión, reciclaje de residuos, control de enfermedades y plagas, polinización, protección y aumento de la biodiversidad, regulación climática y fijación de carbono.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación "FAO" los bosques actúan como reservorios de carbono [6]; se estima que a nivel mundial[7] mantienen existencias de 662 Gt de carbono (163 toneladas por hectárea). La materia orgánica del suelo constituye el mayor reservorio, con el 45,2% del carbono total, seguida de la biomasa por encima del suelo, la biomasa por debajo del suelo, la hojarasca y la madera muerta.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Provee de hábitat, refugio y otros recursos necesarios para la fauna local o migratoria, incluyendo especies endémicas, o con algún nivel de vulnerabilidad[8].
- Favorece el movimiento de diferentes especies, entre ellas polinizadoras y dispersoras de semillas, ayudando a la regeneración del ecosistema y brindando mayor estabilidad y disponibilidad de recursos.
- Favorece el establecimiento de áreas de remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que pueden ayudar a la finca alcanzar la carbono neutralidad.



Finca Upala Agrícola (Piña) - Perezoso "Bradypus variegatus" 2021

Beneficios para la persona productora

- Incrementa la biodiversidad de especies que además de tener un valor intrínseco, pueden brindar servicios para el control natural de plagas presentes en el cultivo.
- Propicia la integración de la finca en iniciativas locales y regionales de conservación, permitiendo a la persona productora interactuar con distintos actores y participar en la toma de decisiones relacionadas con los planes de manejo
- Disminuye la presión ocasionada por algunas especies que pueden utilizar las zonas de cultivo como sitios de paso, alimentación y refugio, generando riesgos para el trabajador, así como pérdida de fruta por daños estéticos o físicos que generan rechazo del banano o piña a ser exportada.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

Finca Elba (Banano) - Reservorio de Biodiversidad Las Tolas, 2022

3 The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0. Bioversity International. 2018
4 Objetivos: 2,12,13,15
5 Metas: 3,4,7,8,13,14 y 15
6 Según datos del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica, para el estrato de pasto con árboles, los mayores valores de CO2 se encuentran en el componente suelo con 398,2 ton/ha, seguido por el componente arbóreo con 45,3 ton/ha, entre ambos aportan un 89% del total. Programa REDD/CCAD-GIZ - SINAC. 2015
7 Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA), FAO. 2020
8 Especies amenazadas, en peligro o con poblaciones reducidas. (ver marco legal de cada país). También se puede consultar: La Lista Roja de la UICN y Lista de Especies CITES.

Metodología de implementación de la medida

La creación de reservorios naturales a nivel de finca es una práctica orientada a proteger y/o mejorar las condiciones de biodiversidad (fauna y flora) en zonas tradicionalmente agrícolas, buscando generar un balance y compensación entre productividad y conservación.

Esta iniciativa pretende que las fincas se comprometan a destinar al menos un 10% de su territorio[9] en zona de reservorio[10] o bien apoyar proyectos externos de conservación, cuya superficie efectiva sea igual o mayor al porcentaje propuesto. Por ejemplo: si la unidad de producción de banano tiene 130 hectáreas en cultivo, el reservorio meta sería de 13 hectáreas.

De esta forma, la estrategia a ser implementada dependerá tanto de la presencia o la ausencia de áreas naturales en la finca, así como del estado de conservación de las mismas.

No serán consideradas como parte de esta medida, las barreras de vegetación natural a orillas de caminos, drenajes e infraestructura o bien los árboles de sombra presentes en cultivos complementarios[11] al tener en cuenta que, si bien generan un aporte en cuanto alimentación, anidamiento y refugio para algunas especies, son estructuras cambiantes por efectos de podas o raleos y que en la mayoría de los casos están expuestas a deriva química durante ciclos de aplicación de plaguicidas.

La persona productora debe considerar los siguientes escenarios (acorde a la condición de cada finca) para la implementación de actividades de formación y protección de reservorios de biodiversidad:

Finca Elba (Banano) - Bosque la Iguana- Reservorio de Biodiversidad Biocorredor que conecta dos causes naturales- Imagen Satelital, 2022

Fincas con presencia de ecosistemas naturales[12]. *(Considerar el paso #1 y 3)*

Paso 1: Identificación y caracterización de ecosistemas internos.

a. Identificación de ecosistemas

Como primera actividad la persona productora, debe llevar a cabo la identificación y cuantificación de los ecosistemas ubicados en la unidad de producción, mediante el diseño de mapas que incluyan:

- Tipos de ecosistemas
- Dimensión del área (en hectáreas o m2)
- Correlación porcentual del área en ecosistema contra el área de cultivo
- Condición del ecosistema (presencia o ausencia de alteraciones)
- Tipo de alteración (si aplica). Ejemplo: quema, deforestación, contaminación por agroquímicos, presencia de especies invasivas, vertido de residuos sólidos o líquidos entre otros.

b. Caracterización de ecosistemas

Una vez elaborado el mapa, es necesario realizar una tipificación[13] de las áreas naturales en la finca. Este análisis debe considerar las condiciones de tamaño, diversidad y estratificación[14] de especies vegetales.

- En caso de presencia de bosques primarios[15] o secundarios[16] que cumplan con la condición de reservorio de biodiversidad (10% en correlación con el área productiva), la finca sólo deberá promover la conservación de los mismos, evitando alteraciones que pongan en riesgo la sostenibilidad del ecosistema; sin embargo si el hábitat es poco diverso (en donde predominan sólo unas cuantas especies y/o con características invasivas[17]) la persona productora puede implementar (con apoyo técnico) planes de regeneración asistida, reforestación o alguna otra estrategia de restauración[18], considerando que la selección de especies promueva aportes de alimentación, forrajeo, áreas de anidamiento y refugio para fauna local, incluyendo vegetación leñosa que durante su crecimiento pueden servir como sumideros de carbono.
- Si el área natural es inferior al porcentaje preestablecido (10%), la administración de finca puede considerar incentivar acciones de reforestación con especies nativas, en sitios de baja productividad o fuerte pendiente que podrían ser utilizados para ampliar el área del reservorio, o bien en zonas externas de la unidad de producción, pero bajo el control y seguimiento de la persona productora. Por ejemplo: *para una finca de producción de piña de 150 hectáreas que presenta dos parches de bosque primario, cuya área en conjunto es de 11 hectáreas, la zona faltante para cumplir con el objetivo del 10% de reservorio de biodiversidad sería de 4 hectáreas.*

Fincas que carecen de ecosistemas naturales. (*Considerar el paso #2 y 3)*

Paso 2: Identificación de sitios para reforestación y proyectos externos.

a. Valoración

Se inicia con la identificación de sitios internos o externos para la implementación de proyectos de reforestación, considerando:

- El área deberá estar bajo el control y seguimiento de la administración. No se recomienda alquilar terrenos para la implementación de este objetivo, dado que pudiese ser una limitante para el desarrollo de diversas actividades (enriquecimiento de especies, resiembras, eliminación de especies invasivas o medición de carbono durante las diferentes etapas de crecimiento y expansión del ecosistema).

9 Como parte de la Estrategia sobre biodiversidad, la Unión Europea promueve reservar al menos el 10 % de la superficie agraria para que vuelva a estar ocupada por elementos paisajísticos de gran diversidad. MITECO, 2020.
10 Superficie mínima de 0.5 hectáreas/ considerando en la definición de bosque por la FAO. Terms and Definitions (FRA 2020), FAO, 2020.
11 Por ejemplo: un productor de banano con parcelas de cacao ubicadas en la misma unidad de producción.
12 Por ejemplo: bosques, nacientes, arroyos, ríos, estanques, lagunas, nacientes, entre otros.
13 Se recomienda que este análisis sea realizado por un técnico. La sugerencia considera características y complejidad de sistemas boscosos definidos por la FAO. Terms and Definitions (FRA 2020), FAO, 2020.
14 Disposición de la cubierta vegetal en estratos de diferentes alturas (dosel, subdosel, sotobosque, arbustivo, herbáceo). Planeta Verde, 2012.
15 Considerar la definición nacional o en ausencia: "Los bosques primarios son bosques regenerados de forma natural compuestos de especies nativas, donde no hay indicios claramente visibles de actividades humanas y los procesos ecológicos no están significativamente alterados." FAO, 2020.
16 Considerar la definición nacional o en ausencia: "Una cobertura vegetal que se ha desarrollado mediante un proceso de regeneración natural, después de haberse eliminado la masa adulta original o gran parte de ella por actividades antrópicas o catástrofes naturales (erupciones volcánicas, deslizamientos, etc.). El rango de crecimiento de las especies varía entre los 2 y los 5 años, con estructuras muy heterogéneas". FRA 2010- Informe Costa Rica. FAO 2010
17 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras"
18 Ver ficha #18 "Recuperación de hábitats naturales degradados"

- En caso de implementación de reservorios a lo interno de la finca, se podría considerar secciones de cultivo con baja productividad o terrenos ociosos.
- Es necesario seguir la guía de un profesional para la selección de especies de siembra. Las cuales deben ser nativas[19], diversas, de fácil adaptación a la zona y que no hayan sido reportadas como invasivas[20] u hospederas de plagas para la región y el cultivo.
- La planificación y ejecución del proyecto de reforestación, debe considerar los costos, especies seleccionadas, mantenimiento, monitoreo y personal a cargo.
- Anual o semestralmente se debe monitorear el sitio para establecer la tasa de mortalidad de especies y resembrar nuevas áreas de ser necesario.

b. Acercamiento con Iniciativas de Conservación

Otra alternativa, es la valoración y contacto con iniciativas comunales o regionales de conservación (en caso de que la finca presente limitantes por disponibilidad de área o bien debido a razones técnicas comprobadas[21] que no permitan la viabilidad de este tipo de proyectos a lo interno de la unidad de producción). Bajo este escenario se deberá considerar al menos:

- Dar prioridad a estrategias de protección que estén en curso y muestren sostenibilidad en el tiempo, con respaldo de entidades del gobierno u Organismo No Gubernamentales "ONG" reconocidos.
- Brindar apoyo a planes de manejo de Áreas Protegidas[22], o contribuir con el resguardo de zonas de recarga acuífera en especial si son utilizadas para la captación de agua por parte de acueductos locales o regionales. También se puede trabajar con proyectos de protección de bosque comunales, o estrategias de adquisición de tierras para protección de recursos naturales.
- La persona productora debe demostrar participación en el proyecto seleccionado. Es decir, es importante que la finca no sólo apoye con donaciones económicas, sino también contribuya con ayuda técnica, visitas de seguimiento, capacitación, creación de planes de trabajo en conjunto, entrega de especies de siembra, entre otros.

Finca Upala Agrícola (Piña) - Vivero 2022

Paso 3: Otras actividades generales, importantes de considerar según su aplicabilidad

a. Implementación de zonas de retiro.

La administración de la finca establecerá un plan de separación o retiro de áreas de cultivo cercanas a ecosistemas acuáticos[23] y terrestres, tomando en cuenta las distancias definidas por la legislación nacional[24], o en ausencia de esta, al menos considerando 10 metros como área mínima de retiro.

b. Comunicación

Promover actividades de comunicación hacia grupos locales y comunidades cercanas, en donde la finca también pueda mostrar avances y resultados relacionados con los proyectos que apoya.

c. Capacitación

Desarrollar programas de capacitación dirigidos a personal de finca, en donde se incluyan temas de conservación de ecosistemas y mitigación de impactos por actividades propias del cultivo, tales como: aplicaciones responsables de agroquímicos, control de malezas, manejo de desechos entre otros. Actividades orientadas a apoyar los esfuerzos de formación y protección de reservorios de biodiversidad.

Indicadores de desempeño

- % de área de la finca en reservorios de biodiversidad
- Cantidad de hectáreas establecidas como reservorios de biodiversidad en la finca
- Cantidad de hectáreas establecidas como reservorios de biodiversidad a lo externo de la finca (bajo control y apoyo de la persona productora).
- Toneladas de CO_2 capturadas por hectárea en áreas de reservorios de biodiversidad
- Ingresos anuales en $ por pago de servicios ambientales y/o ventas de bonos de carbono

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- Interno: Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores a tiempo parcial para la siembra, mantenimiento y vigilancia de las zonas de reservorios.
- Externo: Profesionales en biología con experiencia en restauración de ecosistemas.

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa que incluya en detalle el área de reservorio o sitios viables para su formación ($100 a $300)
- Inventario de especies vegetales en zonas naturales ubicadas en las fincas, utilizando una distribución de unidades muestrales (parcelas), ya sea de forma aleatoria sistemática o por medio de transectos. El costo varía entre $200-$300 por día de trabajo, esto dependerá del área del ecosistema y de la

19 Ver ficha # 17 "Vivero con especies locales adaptadas".
20 Ver ficha #16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras"
21 Riesgo comprobado de posibles aumentos de plagas y/o enfermedades
22 Ver ficha # 23 "Involucramiento con iniciativas de conservación"
23 Ver ficha # 19 "Zonas de protección de recurso hídrico"
24 Zona de Protección del Recurso Hídrico: Colombia: 30 metros (Decreto 1449- Art 3b); Costa Rica: 10-15 metros (Ley Forestal 7575- Art 33b); Ecuador: 30 metros (Acuerdo 365- Art 14); República Dominicana: 30 metros (Ley 64-00- Art 129)

intensidad de muestreo.
- Asesoramiento para mejorar las condiciones de diversidad de ecosistemas y/o establecimiento de nuevas áreas naturales (interna y externa), destinadas a reservorios de biodiversidad mediante el desarrollo de estrategias de regeneración asistida y/o reforestación por parte de un profesional (225$/día)
- Desarrollo de viveros[25] o compra de especies arbóreas para mejoramiento o implementación de áreas naturales de la finca ($4-$8 por árbol)
- Actividad de siembra y reposición de especies vegetales en áreas de reservorios, realizado por personal de la finca. Valor base el salario mínimo legal por hora, según país.
- Separación de franjas de cultivo (mínimo 10 metros) cercanas a los reservorios naturales. El costo de implementación dependerá el área se ser eliminada y del tipo de cultivo
- Capacitación brindada por un profesional relacionado con la conservación de los ecosistemas y la eliminación de impactos por actividades agrícolas (225$/día)
- Apoyo a iniciativas locales de conservación. El costo dependerá del tipo proyecto y la actividad de colaboración (vigilancia, reforestación, otras)

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La formación de reservorios naturales a nivel de finca es una práctica que busca generar un balance y compensación entre productividad y conservación. Estas áreas tienen el potencial de generar múltiples beneficios para la persona productora, favoreciendo el control biológico de las plagas, la prevención de la erosión y la protección del recurso agua sin dejar de lado que mejora la calidad del aire, la conservación y aumento de la biodiversidad, regulación climática y fijación de carbono.

Seleccionar una adecuada estrategia de restauración permitirá a la persona productora maximizar los servicios ecosistémicos que recibirá la finca y asegurar los beneficios implícitos para el medioambiente.

Casos de éxito

Finca Elba es una unidad de producción de banano de 358 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la Provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Elba cuenta con un reservorio de biodiversidad de 15,98 hectáreas, llamado "Bosque las Tolas", el cual también tiene importancia como sitio arqueológico y delimita al oeste con el Estero Jurado.

Desde el 2014, este parche boscoso ha sido protegido y restaurado mediante un proceso de regeneración natural asistida. En el año 2020 se implementó una zona de retiro de 10 metros entre el cultivo y el bosque, con el objetivo de proteger el ecosistema y disminuir posibilidad de impacto por deriva química durante aplicaciones y control fitosanitario en el cultivo

Finca Elba- Bosque las Tolas/ Fuente: WWF Ecuador 2020

La finca también cuenta con otras zonas de importancia natural, que han sido parte de un programa de recuperación de bosques de galería y formación de biocorredores. En el 2019, la administración tomó la decisión de ampliar las zonas de reservorios, eliminando 1,38 hectáreas de cultivo ubicadas al extremo sur de Elba 1 en donde se une el Estero Jurado con el río Pueblo Viejo, área en donde fueron sembradas 1.125 especies de plantas nativas como: Pico Pico "*Acnistus arborencens*", Matico "*Piper aduncum*" y Cordoncillo "*Piper tricuspe*" y en donde actualmente se mantiene un proceso de sucesión natural. Después de 4 años de esfuerzos de conservación, la finca cuenta con un pequeño parche boscoso, llamado "La Iguana" que actúa como biocorredor entre los dos principales cauces naturales que la delimitan. Lo cual ha generado un aumento de biodiversidad que ha sido monitoreado por parte de WWF Ecuador, con registros de más de 200 especies.

Por otro lado, se tienen otros dos ecosistemas: el Estero Jurado, con una zona de protección de 6,71 hectáreas; y el Rio Pueblo Viejo con un bosque ripario de 4,85 hectáreas.

En total la finca presenta 28,92 hectáreas en zonas de conservación, lo cual representa 8,1% en relación con el área de cultivo (358 hectáreas). Para los siguientes 5 años se tiene metas de ampliación de las zonas de protección a la orilla de las fuentes naturales, que superarían el % como reservorios de biodiversidad propuesta en la medida.

Finca Elba- Foto: Reservorio de Biodiversidad La Iguana

25 Ver ficha # 17 "Vivero con especies locales adaptadas"

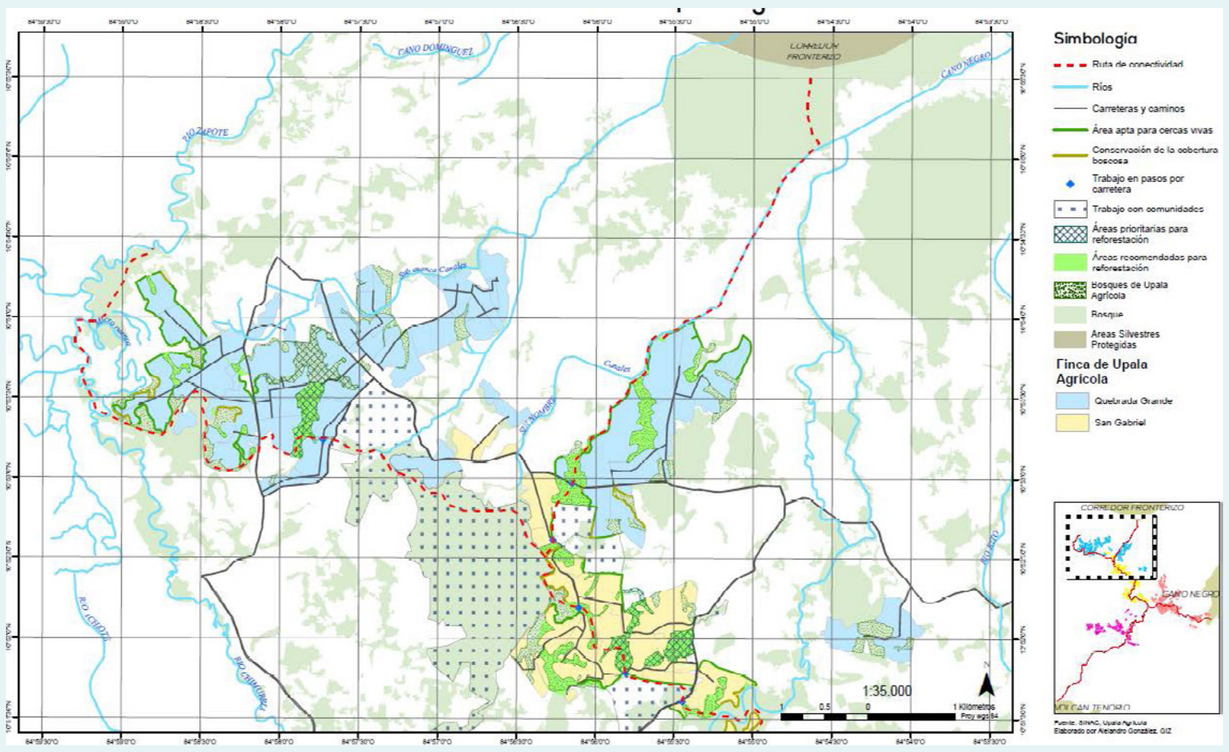
Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como parte de su compromiso de producción responsable y sostenible, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

La finca cuenta con más de 1.000 hectáreas en áreas boscosas, lo cual representa 40% en relación con el área productiva. La mayoría de estos ecosistemas son parte de una iniciativa de rutas de conectividad que nace en el 2017. Recuperado y fortalecido de esta forma áreas sensibles que han beneficiado la biodiversidad local y la conservación del recurso hídrico.

Por otra parte, Upala Agrícola es miembro del Comité Local de Gestión del Corredor Biológico Ruta Los Malecu (CBRM), cuyo objetivo es mantener la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos que benefician a las comunidades vecinas, mediante la conectividad funcional y estructural entre áreas protegidas, tales como Parques Nacionales, Refugios de Vida Silvestre y Zonas Protectoras. En donde el Territorio Indígena Malecu es un punto focal del Biocorredor. Además, el CBRM es parte de la Reserva de la Biosfera de UNESCO Agua y Paz.

Upala Agrícola realiza donaciones al Corredor de diferentes especies provenientes del vivero forestal, ubicado en la finca, el cual mantiene más de 17.000 plantas de especies nativas de 44 especies tales como hule, cerezo, espavel, bala de cañón, cacao, naranja, sotacaballo, mango, aguacate, guapinol, manzana rosa, entre otras; proyecto que también ha suministrado 30.000 plantas para diversas siembras a lo interno de la unidad de producción.



Referencias

[1-2-7-15] Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. https://www.fao.org/3/ca9825es/ca9825es.pdf
[3] The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf
[6] Inventario Nacional Forestal de Costa Rica. https://www.researchgate.net/publication/311922219_Inventario_Nacional_Forestal_de_Costa_Rica_2014-2015_Resultados_y_Caracterizacion_de_los_Recursos_Forestales/link/58628d4208ae8fce49098522/download
[9] Estrategia Nacional para la Conservación De Los Polinizadores. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/estrategiaconservacionpolinizadores_tcm30-512188.pdf
[10-13] Terms and Definitions (FRA 2020): https://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf
[14] Estratificación. http://planetaverdeporsiemrpe.blogspot.com/2012/07/estratificacion.html
[16] Definición de Bosque Secundario. https://www.fao.org/3/al483S/al483S.pdf

Otras consultas:

- Acuerdo 365- Ecuador: Microsoft Word - RO431.doc (fao.org)
- Cultivando Resiliencia Frente al Cambio Climático: https://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Publicaciones%20AECID/Guia%20did%C3%A1ctica_rev.pdf
- Decreto 1449 de 1977- Colombia: Decreto-1449-de-1977-Gestor-Normativo (funcionpublica.gov.co)
- Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010- Informe Nacional de Costa Rica. https://www.fao.org/3/al483S/al483S.pdf
- La incorporación de la biodiversidad agrícola en sistemas alimentarios sostenibles. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/Mainstreaming_Agrobiodiversity/Summary_Mainstreaming_Agrobiodiversity_Spanish.pdf
- Lectura de un paisaje estratificado: propuesta de restauración basada en el ordenamiento multi-escala de las cañadas en la mesa de Xéridas, Santander, Colombia; 2. Camargo-Ponce de León y Agudelo-Álvarez 2017.pdf (humboldt.org.co)
- Los beneficios y el poder de la regeneración natural asistida: https://www.rds.org.co/es/novedades/los-beneficios-y-el-poder-de-la-regeneracion-natural-asistida
- Restauración Ecológica. Society for Ecological Restoration (ser.org)

Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas

21

Categoría C

Upala Agrícola, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría C** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica alta, que podrían requerir previamente la implementación de otras actividades incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

C

Medidas Relacionadas

11 Barreras naturales áreas de actividad humana
12 Estimación de huella de carbono
16 Identificación y control de especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación de hábitats naturales degradados
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.4.7, 6.4.8

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. Requisito: 3.2.23, 3.2.33

Plazo de Implementación

Hasta 5 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas

FICHA 21

Descripción de la medida

Las zonas tropicales de Latinoamérica cuentan con gran potencial para el establecimiento y manejo de sistemas productivos forestales. Gracias a su posición geográfica reciben grandes cantidades de energía solar, lo cual junto con condiciones edáficas y climáticas idóneas favorecen un crecimiento adecuado y acelerado de las especies arbóreas. A pesar de lo promisorio de este escenario, la dependencia por generar ingresos económicos en el menor tiempo posible ha provocado que las actividades de desarrollo forestal por sí mismas sean poco atractivas para las personas productoras, dejándolas en segundo plano y otorgándole mayor protagonismo a otros modelos que cuentan con periodos de retorno más cortos.

Una respuesta a este obstáculo constituye la implementación de sistemas forestales como actividad conjunta o complementaria a la producción agrícola. Esto permite acceder a los beneficios económicos y ambientales asociados a la actividad forestal, sin perder de vista la seguridad financiera aportada por las actividades de producción existentes.

En áreas agrícolas, la persona productora tiene la posibilidad de implementar diversos sistemas forestales, tales como plantaciones de una o más especies, sistemas agroforestales y cercas vivas. La integración del componente arbóreo dentro del modelo de producción confiere una cantidad importante de beneficios, diversificando y maximizando los retornos económicos y ambientales, procurando un sistema productivo más sostenible y menos vulnerable.

Funciones y servicios ecosistémicos aportados por los árboles.
Fuente: Adaptado de CONAFOR, 2016.

Desde el punto de vista financiero este modelo confiere estabilidad al sistema existente, maximiza el aprovechamiento de los espacios físicos y la mano de obra disponible y reduce los riesgos de producción y de mercado al no depender exclusivamente de un solo rubro para la generación de ingresos económicos.

En el campo ambiental este tipo de mosaicos son eficaces para mejorar la integridad ecológica y abordar los desafíos climáticos actuales, convirtiéndose en un componente importante de la restauración a escala de paisaje y mejorando la provisión de servicios ecosistémicos.

Si bien en la región latinoamericana se cuenta con amplia experiencia en el establecimiento de sistemas forestales con especies exóticas[1] gracias a su acelerado crecimiento y paquete tecnológico disponible, bajo este modelo muchos beneficios ambientales se reducen al ser especies fuera de su rango de distribución natural.

1 Según la FAO, para el 2010, las plantaciones de teca "Tectona grandis" reportados en 38 países productores de este madera, eran de 4.346 millones ha, del cual 83% está en Asia, 11% en África y 6% en América tropical. FAO, 2010

Por tal razón, resulta importante procurar el uso de especies nativas[2] para el establecimiento de este tipo de sistemas productivos. La experiencia ha demostrado que la reforestación con especies nativas, además de proporcionar un conjunto diverso de bienes y servicios ambientales, tiene un gran potencial para abastecer segmentos del mercado local e internacional, debido a las características particulares de la madera, capacidad de establecerse en sitios con poca competencia o de plantarse de forma mixta en sistemas agroforestales u otros esquemas productivos.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Favorecen la conservación de nichos ecológicos y protegen la biodiversidad de la zona.
- Disminuyen la degradación de los suelos y aumentan su fertilidad.
- Permiten la conservación de especies vegetales y animales al funcionar como corredores biológicos.
- Al generar madera para consumo local y nacional reducen la presión sobre las áreas silvestres protegidas.
- Combaten la desertificación y mejoran la calidad del agua.
- Permiten remover el dióxido de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.
- Apoyan en la adaptación ante el cambio climático, por medio del aumento de la diversidad de cultivos y formas de producción, disminuyendo la vulnerabilidad ante los efectos de este fenómeno.
- Mejoran el efecto paisajístico.

Beneficios para la persona productora:

- Aportan bienes maderables y no maderables, así como servicios transables tales como la venta de carbono, que incrementan los ingresos económicos en finca.
- Reducen la incidencia de plagas sobre los cultivos agrícolas, funcionando como barreras biológicas.
- Satisfacen las necesidades de materia prima dentro de la finca (por ejemplo: suministro de tarimas).
- Generan diversos emprendimientos aumentando las posibilidades de trabajo en las regiones productivas.
- Permiten el acceso a incentivos locales, por ejemplo, el Pago por Servicios Ambientales (PSA)[3].

Metodología de implementación de la medida

El establecimiento de un sistema forestal en finca requiere de una planificación precisa, en la cual se deben considerar aspectos tales como la identificación de los sitios que cuentan con potencial productivo, así como aquellos que requieren de conservación absoluta según sus funciones e importancia biológica. Posteriormente se deben analizar las características climáticas, fisiográficas y edáficas de los sitios disponibles para luego seleccionar las especies forestales nativas[4] que serán utilizadas en el proyecto. Una vez establecido el sistema forestal se deben aplicar prácticas de seguimiento para mantener el recurso en óptimas condiciones. Cuando el sistema ha alcanzado su punto máximo de rendimiento se debe planificar y ejecutar el aprovechamiento gradual del recurso forestal, de forma tal que las prácticas de extracción de madera cuenten con el menor impacto posible sobre el suelo y la biodiversidad y que a la vez se garantice su renovación, asegurando que los beneficios económicos y ambientales asociados perduren a través del tiempo.

A continuación, se detallan los procesos a seguir para el establecimiento, mantenimiento y aprovechamiento potencial de sistemas forestales desarrollados con especies nativas:

Paso 1. Caracterizar el uso de la tierra dentro de la finca

Conocer la distribución, extensión y características del uso de la tierra en la finca, es un principio básico para la toma de decisiones en torno al manejo productivo. A través de imágenes de alta resolución, así como sistemas de información geográfica (SIG) se pueden realizar análisis espaciales, definiendo estratos con características similares y determinando su distribución y extensión dentro de la unidad de producción.

Una posible estratificación podría ser la siguiente: áreas de cultivo agrícola, infraestructura (incluyendo plantas empacadoras, edificios administrativos, almacenes u otros), ecosistemas (incluyendo ríos, lagunas, áreas boscosas y sitios en regeneración natural), caminos, pastizales, áreas en descanso, otros usos.

Actualmente existe gran cantidad de fuentes de información de donde pueden obtenerse imágenes de alta resolución actualizadas, las cuáles pueden servir como base para realizar esta caracterización. Entidades como ESRI, o plataformas Google Earth, ofrecen imágenes satelitales accesibles de manera gratuita y con herramientas amigables para el usuario, siendo una excelente alternativa para la obtención de esta información.

Una vez que se cuenta con la imagen de alta resolución se pueden utilizar sistemas de información geográfica "SIG" para determinar la extensión total de terreno asociado a cada estrato de uso (un ejemplo es el software libre QGIS).

Es importante asegurar que la imagen seleccionada se encuentre actualizada y cuente con una resolución apropiada para visualizar los usos actuales dentro de la finca[5].

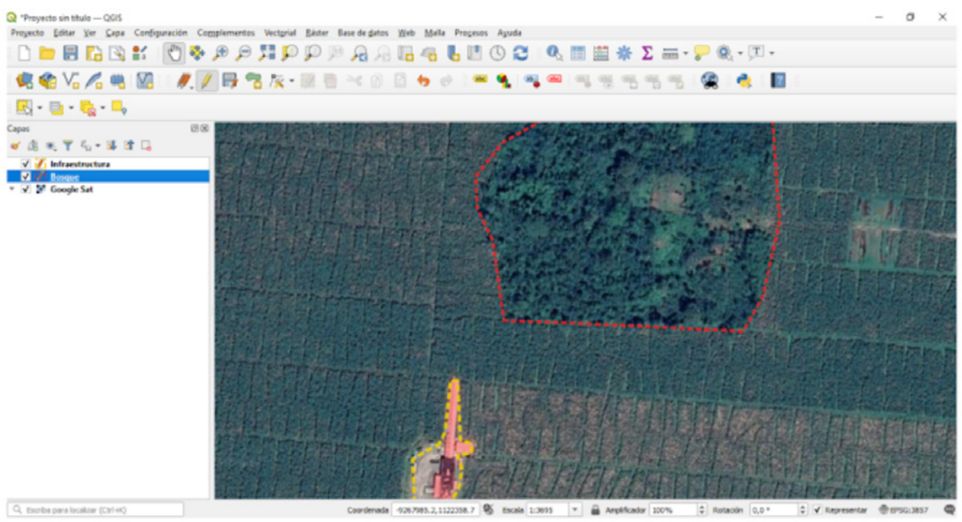


Ilustración del método de identificación de imágenes satelitales y procesamiento en Sistemas de Información Geográfica.

2 Especie nativa, es aquella que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original (histórica o actual) de acuerdo con su potencial de dispersión natural. La especie forma parte de las comunidades bióticas naturales del área. Las especies nativas tienen relaciones evolutivas y ecológicas con otras especies con las que han compartido su historia. Están bien adaptadas a las condiciones locales. Biodiversidad Mexicana, 2021

3 El Pago por Servicios Ambientales "PSA", consiste en un reconocimiento financiero por parte del Estado, u otra organización interesada a los propietarios(as) y poseedores(as) de bosque y plantaciones forestales por los servicios ambientales que éstos proveen y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente. FONAFIFO, 2018

4 El rango de distribución puede consultarse en la página del Royal Botanic Garden.

5 Ver ficha #30 "Mapas de sostenibilidad"

Paso 2: Identificar las áreas con potencial para el establecimiento de sistemas forestales

La caracterización del uso de la tierra en la finca constituye una base preliminar para la identificación de áreas con potencial para el establecimiento de sistemas forestales productivos. Sin dejar de lado, la importancia de valorar criterios legales, administrativos, económicos y ambientales determinantes que ayuden a reafirmar o descartar la capacidad real de desarrollo de este tipo de iniciativas.

Desde el punto de vista ambiental y legal es importante identificar los requisitos relacionados con las zonas de retiro de cuerpos de agua tales como ríos y nacientes, en donde el establecimiento de sistemas productivos forestales no es una opción viable, resultando entonces atractiva la aplicación de prácticas de restauración[6] y conservación de la cobertura boscosa[7]. En este sentido la persona productora debe asegurar la preservación y recuperación de todos los ecosistemas naturales, evitando que sean eliminados o remplazados, para favorecer el desarrollo de proyectos forestales en sitio.
También se deben considerar otras variables, como distancias a vías públicas, infraestructura y al mismo cultivo agrícola, disminuyendo afectaciones por incremento de plagas o enfermedades.
Usualmente las áreas con mayor potencial, son aquellos terrenos sin cobertura o que se han mantenido en descanso por periodos cortos[8] y sobre los cuales no hay planes de expansión del cultivo principal a futuro. En este caso hay que tomar en cuenta el nivel de sucesión natural de la vegetación, ya que estas secciones pueden llegar a ser valoradas legalmente o por normativas internacionales como ecosistemas de importancia; razón por la cual es necesario analizar junto con expertos el cambio de uso del suelo y solicitar permisos con entidades responsables, según corresponda.
Por otro lado, existe la posibilidad de implementar modelos agroforestales, en donde en una misma extensión de terreno se incorporan tanto cultivos agrícolas como forestales. La inclusión de estos sistemas puede darse tanto a nivel de bloques independientes de árboles y cultivos agrícolas[9], como también de forma intercalada[10] . Es importante analizar si el establecimiento potencial del sistema forestal, podría generar obstáculos para el manejo productivo del cultivo agrícola, considerando aspectos como generación de sombra excesiva o limitante, potenciales obstáculos para la fumigación aérea o terrestre, cosecha de fruta u otras.

En conclusión, aquellos sitios que no cuenten con limitaciones legales y su uso actual no corresponda a bosque podrían ser candidatos para el establecimiento de sistemas forestales. Asimismo, áreas de cultivo agrícola y linderos podrían ser visibilizados como potenciales para la inclusión de sistemas similares bajo modalidades tales como sistemas agroforestales y cercas vivas, de las cuales se hace referencia en el paso 4.

Paso 3: Recopilar y analizar las características climáticas, fisiográficas y de suelo de las áreas potenciales

Si bien existe una amplia variedad de especies forestales nativas que pueden ser utilizadas en sistemas productivos, cada una de ellas se adapta de forma diferente a las condiciones del entorno en donde se localizan.

Esto implica que un mismo parámetro podría ser limitante para el desarrollo de ciertas especies forestales, pero a su vez un elemento beneficioso para el crecimiento óptimo de otras especies. Por lo tanto, es necesario analizar las condiciones y características climáticas, fisiográficas y edáficas de las áreas en donde se establecerán los sistemas productivos, para seleccionar posteriormente las especies forestales apropiadas según las condiciones presentes. Algunos de los parámetros más relevantes que deberían ser evaluados se enlistan en la tabla 1.

Tabla1. Parámetros de selección del sistema productivo y especie forestal

Parámetro por analizar	Condiciones favorables para el crecimiento de la mayoría de las especies forestales
Topografía del terreno y pendiente	Planos o casi planos
Profundidad del suelo	No debe ser menor a 75 cm
Pedregosidad	Sin pedregosidad o poco pedregosos
Compactación	Sin compactación ni erosión
Vientos	Sitios poco ventosos
Drenaje	Sin problemas de drenaje o inundaciones
Condiciones del suelo	Suelos fértiles y poco arcillosos
Acidez en suelo	Variable según sea la especie
Precipitación media anual	
Temperatura media anual	
Cantidad de meses secos	
Altitud (msnm)	

Fuente: Elaboración propia, consulta de experto forestal[11]

Paso 4: Seleccionar el tipo de sistema forestal a establecer

Con base en los sitios potenciales identificados en pasos previos se podrían establecer diferentes tipos de sistemas forestales, entre los que se encuentran las plantaciones forestales, cercas vivas y sistemas agroforestales.

a. Plantaciones forestales con especies nativas

Una plantación forestal se define como un rodal establecido mediante la siembra durante el proceso de forestación o reforestación. Pueden ser formados por una sola especie o por rodales de varias especies nativas.

En este tipo de sistemas las plantas se establecen a un espaciamiento definido, comúnmente a distancias que varían de 3 x 3 m (1.111 árboles por hectárea), 3,5 x 3,5 m (816 árboles por hectárea) o 4 x 4 m (625 árboles por hectárea). La distancia entre árboles influye directamente en su crecimiento, a menor cantidad de árboles el espacio para su crecimiento es mayor, por lo que el volumen de madera se concentra en pocos individuos, siendo estos más gruesos y de mayor valor comercial. En contraposición, el contar con una cantidad elevada de árboles desde la siembra aumenta las posibilidades de seleccionar aquellos de buena forma, sanos y gruesos, los cuales llegarán a la cosecha final y producirán madera de calidad (comúnmente 250 árboles por hectárea), permitiendo un mejor manejo durante el crecimiento[12].

6 Ver ficha #18 "Recuperación de hábitats naturales degradados"
7 Ver ficha #19 "Zonas de protección de recurso hídrico"
8 Se hace referencia a zonas en descanso comúnmente con no más de 2 años de abandono, en donde abundan plantas herbáceas, espinosas, arbustivas y mínima cantidad de árboles.
9 Áreas de monocultivos extensivos
10 Mayormente aplicable a fincas de pequeños productores de piña y banano, con un manejo familiar.
11 Ingeniero Forestal. Manuel Chavarría Vargas
12 Guía del productor para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales. Oficina Nacional Forestal, 2009

Promoción de especies forestales nativas en espacios degradados
Fuente: SERFOR, 2016

En fincas agrícolas, el desarrollo de este tipo de proyectos podría orientarse a bloques no productivos *(para el cultivo principal)* en donde se promueva la siembra de plantaciones forestales mixtas, que combinen más de una especie nativa dentro del sistema. Este escenario acelera la sucesión natural, potencia las propiedades benéficas de la interacción de especies, protegen del ataque de plagas tanto a la plantación forestal en sí como al cultivo agrícola en cuestión, compensa el crecimiento entre especies y conservan la biodiversidad de sistemas degradados[13].

b. Cercas vivas

Este modelo consiste en plantar árboles, arbustos o palmas en línea como soportes para la delimitación de la propiedad y separación de bloques o núcleos productivos dentro de la misma finca. El establecimiento de cercas vivas en otras áreas, tales como caminos e infraestructura podría no ser funcional, debido a requerimientos de altura y densidad de árboles, así como a requisitos de normas técnicas comúnmente aplicadas en la producción agrícola[14].

En términos económicos, el uso de cercas vivas representa un menor costo de establecimiento y mantenimiento que las cercas tradicionales (postes con alambre), representando un ahorro para la persona productora debido a su larga vida útil.

El espaciamiento sugerido para los árboles dentro de este modelo va de 1,5 a 2m entre individuos, pudiéndose extender hasta 6m de distancia cuando se mezclan cercas vivas con postes o materiales distintos, utilizados para evitar ingreso de animales o personas al área de cultivo, disminuyendo posibilidad de robos o como medida sanitaria ante amenazas de traslado de algunas plagas o enfermedades (por ejemplo, el caso de Fusarium Raza 4 para el cultivo de banano).

Se sugiere el uso de cercas vivas multiestratos[15] con especies nativas en la delimitación de la propiedad y entre bloques productivos de la finca, con lo cual se puede llegar a generar servicios ecosistémicos tales como la fijación de carbono en la biomasa y la prevención de plagas y enfermedades del cultivo al funcionar como barrera física.

Ejemplo ilustrativo de cercas vivas para la división de propiedades.
Fuente: Fundación Produce Sinaloa A.C, 2011.

Para su inclusión se recomienda un distanciamiento de 10 metros entre la cerca viva y el cultivo agrícola (o mayor en caso de existir requerimientos normativos específicos), permitiendo condiciones de espacio para el mantenimiento de la cerca, el manejo del cultivo y evitando afectaciones en la producción agrícola debido a presencia excesiva de sombra.

c. Sistemas agroforestales (SAF)

En este sistema se presenta una combinación de especies forestales, en tiempo y espacio, con especies agrícolas. Al establecerse se deben aplicar técnicas de manejo de uso del suelo, combinando árboles de uso múltiple y maderable con cultivos agrícolas perennes, lo cual se logra usando una secuencia temporal del cultivo, según las prioridades de la persona productora.

Para ejecutar este modelo es posible asociar cultivos agrícolas en forma de callejones, entre las hileras de los árboles o estableciéndolos en la colindancia de los bloques de producción de árboles maderables. Para este esquema se recomienda emplear especies forestales de copa pequeña o poco densa para minimizar la competencia por luz con los cultivos asociados. De la misma forma al cosechar los árboles en su turno final, el trabajo será menos costoso y con menor riesgo de dañar los cultivos existentes. El espaciamiento sugerido para este sistema ronda entre 10 x 10m, 12 x 12m o 10 x25 m en la mayoría de los casos.

Si bien las plantaciones de piña y banano han sido tradicionalmente establecidas como monocultivos dentro de nuestra región, existen diferentes estudios en donde se han incorporado sistemas agroforestales con resultados satisfactorios[16].

Ejemplo ilustrativo de sistema agroforestal

En el Manual de Agroforestería publicado por GTZ (2007) se recomienda realizar la plantación del banano en asociación con árboles forestales para evitar daños por exceso de calor y cómo protección contra insectos y enfermedades, usando espaciamientos de 10 x 5m bajo podas periódicas. De la misma forma, también en el cultivo de piña se pueden evitar daños por exceso de calor a través del uso de árboles sugiriendo espaciamientos de 8 x 8m o 10 x 6m.

13 Plantaciones forestales mixtas: una alternativa productiva y generadora de servicios ambientales. CONICET, 2019
14 Ver ficha #11 "Barreras naturales áreas actividad humana"
15 Se refiere a aquellas cercas en donde se incluyen más de dos especies leñosas de diferentes alturas y usos incluyendo maderables, medicinales u ornamentales.
16 Experiencias: piña bajo sombra en el occidente de México y cultivo de plátano en el Meta en Colombia.

Considerando que en áreas agrícolas extensivas el manejo del cultivo podría ser complejo en caso de incorporarse árboles dentro del sitio (debido principalmente a limitaciones asociadas a actividades como cosecha y fumigación), se sugiere el establecimiento de SAF para esquemas de producción de pequeña escala, por ejemplo, en bloques de manejo orgánico. Esto permite reforzar beneficios ecosistémicos de este tipo de modelos y variar la producción agrícola con la forestal.

Paso 5: Seleccionar las especies forestales a utilizar

Tal y como se ha referenciado en apartados anteriores, se sugiere el uso de especies nativas[17] para generar múltiples beneficios a nivel ecosistémico. A continuación, se presenta una lista no exhaustiva de especies forestales con potencial para su uso en sistemas productivos tales como plantaciones forestales, sistemas agroforestales y cercas vivas. Se incluye el nombre científico y común de la especie y el país dentro del cual la especie se distribuye naturalmente. Antes de su uso definitivo dentro del sistema productivo resulta indispensable analizar las condiciones en las que cada especie se desarrolla adecuadamente, los factores que limitan su desarrollo, las características de crecimiento de la especie incluyendo aquellas que pudieran incidir o afectar el cultivo agrícola (por ejemplo, desarrollo de copa del árbol y sistema de raíces).

Tabla 2. Especies nativas con potencial para uso en sistemas forestales y su distribución en los cuatro países analizados.

Especie	Distribución natural			
Cordia alliodora (laurel, nogal, capá prieto)	✓	✓	✓	✓
Cedrela odorata (cedro, cedro amargo)	✓	✓	✓	✓
Handroanthus chrysanthus (guayacán, cortez amarillo)	✓	✓	✓	
Ochroma pyramidale (balsa, balso, lana cimarrona)	✓	✓	✓	✓
Triplaris cumingiana (fernán sánchez)	✓		✓	
Cedrelinga cateniformis (chuncho, cedro achapo)	✓		✓	
Parkia multijuga (cutanga, guarango)	✓		✓	
Jacaranda copaia (jacarandá, jacaranda, pavito)	✓	✓	✓	
Terminalia amazonia (amarillón, roble coral, macano, yumbinge)	✓	✓	✓	
Vochysia guatemalensis (chancho, cozolmeca)	✓	✓	✓	
Dipteryx panamensis (almendro de montaña, choibá)	✓	✓	✓	
Hyeronima alchorneoides (pilón, motilón)	✓	✓	✓	
Bombacopsis quinata (ceiba tolua, pochote)	✓	✓		
Tabebuia rosea (ocobo, roble, roble sabana)	✓	✓	✓	
Licaria trianda (cigua prieta)	✓	✓	✓	✓
Prunus occidentalis (almendro)				✓
Pinus occidentalis (pino criollo)				✓

Fuente: CONABIO, OTS, ITTO, CEDAF, SINCHI, Royal Botanic Garden.

Paso 6. Establecimiento del sistema forestal

Una vez que se ha seleccionado el modelo productivo, así como las especies forestales a utilizar, se debe proceder con el establecimiento del sistema forestal.

Para esto se deben aplicar las siguientes prácticas:

a. Seleccionar material vegetativo de alta calidad

Para el establecimiento de las plántulas en etapa de viveros es importante asegurar que las semillas se encuentren sanas, provenientes de árboles de fuste recto y robusto. El material germinado podría ser trasladado a campo una vez que la altura del tallo sea de al menos dos veces el tamaño de la raíz (tallo de aproximadamente de 25 a 30cm). Se debe asegurar que las raíces se encuentren bien formadas (no enredadas), y que las hojas se encuentren vigorosas (con un color vivo) y libres de plagas.

b. Limpieza de los puntos de siembra

Se deben eliminar las piedras, troncos, vegetación degradada y capa vegetal viva de los puntos en donde se establecerá el sistema forestal, para asegurar el crecimiento de los árboles y disminuir la competencia en etapas iniciales. Esto puede realizarse de forma manual o mecanizada. Los residuos generados de esta labor pueden ser reincorporados en el sitio a través de su mezcla con el suelo. Antes de ejecutar esta tarea es necesario tener presente las regulaciones de corta, así como la importancia ecológica de las especies vegetales existentes.

c. Marcación de los puntos de siembra

Usando como base el espaciamiento definido entre árboles se procede a la marcación de los puntos de siembra (trazado). Para esto se puede utilizar una varilla o un mecate, señalizando el distanciamiento escogido y manteniendo la distancia entre las líneas a lo largo de la pendiente (en caso de presentarse). El espaciamiento puede variar dependiendo del objetivo del sistema productivo y la especie.

d. Rodajea

En caso de que la limpieza del terreno se realice de forma manual se deben entonces aplicar rodajeas en los puntos de siembra. Esto consiste en eliminar la vegetación y pastos a nivel del suelo, en al menos 50 centímetros alrededor del lugar donde será plantado el árbol. Esta actividad se efectúa periódicamente hasta que la altura del árbol sea suficiente para librar la competencia por luz.

e. Siembra

Es preferible plantar al inicio de la época lluviosa, con el objetivo de que los árboles puedan desarrollar sus raíces al llegar a la época seca. Durante la siembra es posible adicionar abono químico u orgánico en el fondo del agujero en donde será plantado cada árbol, para luego cubrirlo con una leve capa de tierra para que las raíces no sean dañadas por el agroquímico aplicado. Cuando el sitio cuenta con un grado de pendiente importante se recomienda aplicar siembras en contorno, lo cual consiste en orientar las hileras del cultivo siguiendo las curvas de nivel. Esta práctica contribuye a disminuir la escorrentía del agua y el arrastre del suelo.

17 El rango de distribución puede consultarse en la página del Royal Botanic Garden.

Paso 7. Mantenimiento y manejo

Durante los primeros años el mantenimiento de los sistemas forestales es vital. En este punto la competencia por luz y nutrientes provoca un crecimiento acelerado de especies pioneras, las cuales pueden comprometer la permanencia de los árboles plantados dentro del sistema. El mantenimiento en estas primeras etapas incluye la eliminación de la maleza, limpieza de la rodajea, aplicación de prácticas para la prevención de incendios forestales y fertilización del suelo. La frecuencia en la ejecución de estas actividades dependerá de la calidad del sitio, las condiciones climáticas, las especies utilizadas, la cantidad y calidad de los árboles y el crecimiento de la vegetación rastrera.

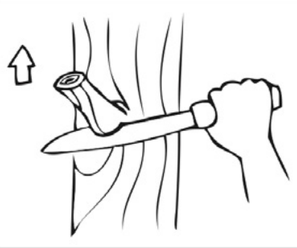
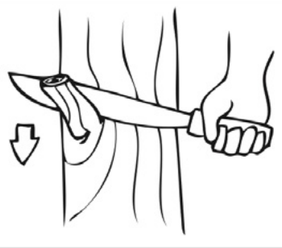
Con respecto al manejo, se deben aplicar técnicas y prácticas silviculturales tales como la poda y el raleo para favorecer un mejor crecimiento de los árboles y una mejor calidad de la madera. Esto lleva a una serie de beneficios entre los que se encuentra contar con árboles de mayor vigor, calidad y grosor, productos finales de buena calidad, plantaciones sanas, libres de plagas y enfermedades, menor riesgo de ocurrencia y daños causados por incendios, facilidad de acceso de personas o maquinaria al sistema forestal establecido y mayor ingreso de luz natural al sistema.

a. Poda

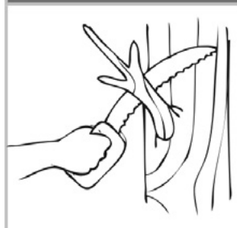
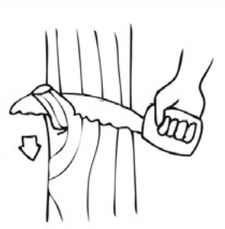
Consiste en la corta de ramas para producir madera libre de nudos, siendo estos uno de los principales defectos que disminuyen su calidad y valor económico. La poda debe ser ejecutada en época seca para facilitar la pérdida de humedad del área de corte, disminuyendo el peligro de desgarrar la corteza del árbol. Esto también reduce el riesgo de ataque por plagas y enfermedades. Es importante aplicar la poda antes de que los árboles formen ramas muy gruesas, pues bajo este escenario los cortes tardan más tiempo en cicatrizar.
La primera poda se aplica cuando los árboles han alcanzado una altura de tres metros, podando en este caso hasta una tercera parte de la copa. El corte de las ramas debe hacerse al ras del tronco, sin desgarrar la corteza, tal y como se observa en la figura. La segunda poda se debería realizar posterior al primer raleo (ver en sección siguiente), podando hasta una altura de 3,5m de la base del árbol. Para ello se pueden utilizar herramientas tales como serrucho de mango largo, cuchillo y escalera o podadora de extensión.
Una vez ejecutada esta tarea es importante efectuar un buen manejo del material de residuo, para impedir acumulaciones que podrían poner en riesgo la finca, tales como incendios o generación de plagas y enfermedades.

Asimismo, constituye una buena práctica la limpieza permanente de las herramientas utilizadas, pues en caso de presencia de enfermedades en los árboles podados, el uso de herramientas sin la toma de medidas podría transmitir rápidamente el agente.

Poda con cuchillo en ramas menores a 5 cm de grosor

Corte 1	Corte 2	Corte correcto
		
El primer corte se hace de abajo hacia arriba, para evitar que se desgarre la corteza.	El segundo corte se hace de arriba hacia abajo.	El resultado es un corte a ras del tronco, sin daños en la corteza.

Poda con cuchillo en ramas mayores a 5 cm de grosor

Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte correcto
			
El primer corte elimina el peso de las ramas. Se efectúa al menos a 20 cm del tronco, de arriba hacia abajo.	El segundo corte se realiza de abajo hacia arriba.	El tercer corte se hace de arriba hacia abajo.	El resultado es un corte a ras del tronco, sin daños en la corteza.

Pasos para la aplicación de la poda en sistemas forestales.
Fuente: ONF, 2009.

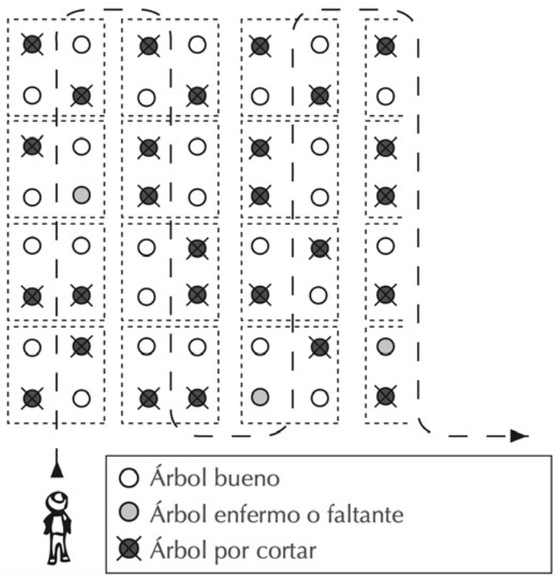
b. Raleo

Esta práctica consiste en la eliminación de un porcentaje de árboles con el fin de favorecer el crecimiento los remanentes que cuenten con mejores condiciones. A través de esta práctica se aumenta el espacio para el crecimiento de los árboles restantes, disminuyendo la competencia y poniendo a disposición mayor cantidad de luz, agua y nutrientes. Esta actividad a la vez asegura una generación de ingresos económicos a partir de la venta de madera saliente en los raleos, se desarrollan plantaciones más sanas y con mayor aireación e ingreso de luz, evitando la generación de plagas y enfermedades, entre otros beneficios
La cantidad de raleos a realizar depende de la calidad genética de los árboles, así como de la especie, rondando entre 2 a 4 raleos durante todo el ciclo productivo.

En el primer raleo se deben eliminar tanto árboles que generan competencia como aquellos que se encuentran enfermos, bifurcados con dos o más ejes, suprimidos (aquellos que cuenten menor crecimiento en grosor y altura que el resto), mala forma (torcidos) o muertos en pie.

Comúnmente la intensidad de raleo varía entre 30 a 50% de los árboles plantados inicialmente, y se ejecuta una vez que los árboles cuenten con alturas de 5 a 7 metros, o en el momento en que las copas de los árboles se estén entrelazando.

Para el caso de raleos posteriores se repite la misma práctica, procurando que a la corta final lleguen cerca de 250 árboles por hectárea en el caso de plantaciones forestales. En el caso de SAF y cercas vivas podría ser necesaria la aplicación de solamente un raleo, con la posibilidad de resiembra para reposición de los árboles cortados, considerando que el espaciamiento entre árboles ya favorece un crecimiento adecuado de los individuos.



Método de aplicación de raleos en plantaciones forestales
Fuente: ONF, 2009.

Paso 8. Aprovechamiento del recurso y restablecimiento a largo plazo

El aprovechamiento forestal se refiere a la cosecha (corta y extracción) de madera en árboles que han llegado a su pico máximo de rendimiento. Esta actividad representa una de las de mayor impacto sobre el suelo y agua, razón por la cual debe planificarse y ejecutarse siguiendo las mejores prácticas disponibles para disminuir el impacto asociado.
Esto incluye:

a. Planificar la tala y las líneas de arrastre

Se deben diseñar y planificar las rutas de extracción de la madera y su conexión con caminos en la finca o sitios para la acumulación de la madera extraída (patios de acopio). Es recomendable que la distancia entre el árbol más lejano a extraer y el punto de acopio temporal de la madera extraída no supere los 500m lineales. Esto reduce los tiempos de desplazamiento del personal encargado de la corta, así como la maquinaria utilizada durante el arrastre (en caso de emplear maquinaria).

b. Evitar la tala rasa del sistema

Uno de los beneficios de contar con sistemas forestales mixtos con especies nativas es que los individuos podrían tener diferentes turnos de corta. Esto implica que la corta final se daría de forma progresiva a lo largo del tiempo, manteniendo siempre árboles dentro del sitio, favoreciendo la conservación de beneficios ecosistémicos. Si a esto se suma la reposición de los árboles luego de su cosecha, el sistema se mantendrá generando beneficios de forma constante, por ejemplo: captura de carbono a través del crecimiento de los nuevos árboles de reposición.

c. Volteo

La dirección del volteo debe realizarse evitando las zonas de protección y conservación. Se sugiere que los trabajadores que intervengan en la cosecha mantengan una distancia de seguridad de los árboles a cortar. Se deben disponer de medidas y vías de escape para minimizar accidentes en caso de caídas no controladas de árboles. Una vez que el árbol es cortado se debe desramar en el lugar de tala, distribuyendo los residuos en la zona de corta. Esto genera un aumento en el contenido de materia orgánica en el suelo cerca de los cultivos principales, así como captura de carbono.

d. Realizar el arrastre de madera

La escogencia de la tecnología a utilizar depende de factores tales como la distancia de arrastre, la cantidad de madera a extraer, la topografía de la finca, el clima, entre otros. Se pueden llegar a utilizar sistemas de arrastre combinados, utilizando la fuerza de animales de carga o tractores agrícolas dadas las dimensiones comúnmente extraídas en sistemas productivos forestales. Esto minimiza el impacto sobre el suelo con respecto a otros métodos de extracción con maquinaria pesada.

Paso 9. Búsqueda de incentivos y recursos financieros adicionales.

Si bien la venta potencial de madera proveniente de raleos y corta final del sistema forestal constituye el principal medio de generación de ingresos económicos dentro del ciclo productivo, durante este proceso es posible acceder a otras fuentes de recursos. Modelos tales como la venta de carbono en mercados locales e internacionales y la participación en programas de Pago por de Servicios Ambientales podrían generar ingresos económicos adicionales para la persona productora.

Indicadores de desempeño

- Hectáreas de terreno bajo sistema forestal productivo.
- Cantidad de árboles plantados por hectárea.
- Cantidad de especies forestales nativas incluidas en finca.
- Ingresos anuales en $ por venta de madera del proyecto.
- Ingresos anuales en $ por incentivos forestales.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- Interno: personal encargado de establecer y dar mantenimiento a los árboles.
- Externo: persona técnica forestal encargada de dar seguimiento al sistema productivo y aplicar prácticas de manejo.

Costos económicos[18]:

- Establecimiento: plantación forestal de 1.000 a 1.200$/ha, Cercas vivas de 1.200 a 1.500$/km
- Mantenimiento en primeros años: 100 a 250$/ha.
- Poda: 50 a 100$/ha • Raleo: 75 a 150$/ha.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El establecimiento de sistemas forestales con especies nativas favorece el desarrollo sostenible en las fincas, pasando de ser unidades de producción meramente agrícola a fincas de producción diversificadas. Modelos tales como las plantaciones forestales mixtas, sistemas agroforestales con integración del cultivo agrícola y el componente arbóreo, así como cercas vivas pueden ser desarrollados plenamente en las fincas de producción, conllevando a la generación de beneficios económicos y ambientales, tales como la provisión de material maderable, fijación de carbono, protección de la biodiversidad y suelo.

18 Consulta experto: Ingeniero Forestal. Manuel Chavarría Vargas

Casos de éxito

Producción de banano orgánico bajo la modalidad agroforestal[19].
Universidad Earth, en su campus Guácimo, Limón, Costa Rica, mantiene desde el año 2008 un proyecto de producción de banano orgánico bajo la modalidad agroforestal[20].

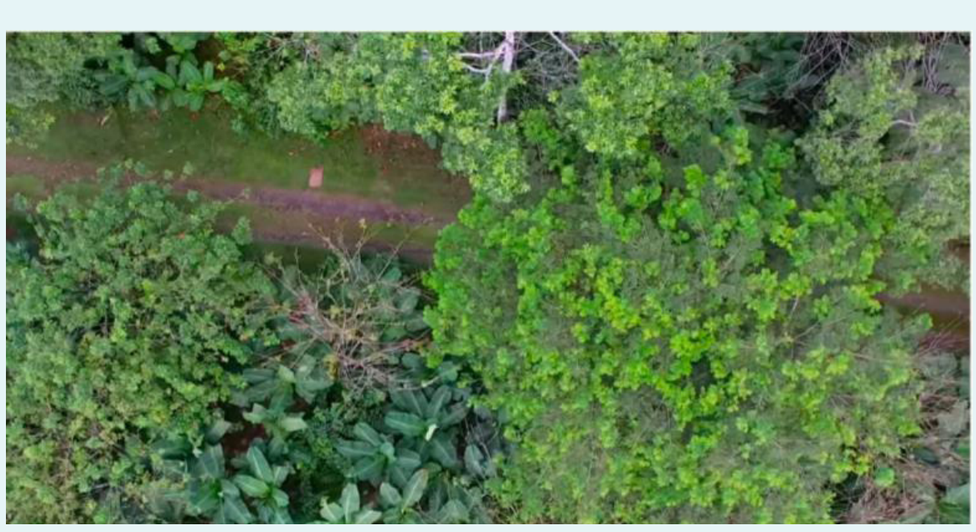
Se han establecido cuatro sistemas de producción agroforestal[21], incluyendo:

1. Banano – especies forestales (con árboles de pilón *Hyeronima alchorneoides*). Orientado a productores de mediana escala, cuyo principal interés comercial es el de la producción de banano. Los maderables (pilón) tienen por objetivo ser cosechados al momento de hacer la resiembra de banano, de manera que con la venta de esta madera se pueda financiar el establecimiento del siguiente ciclo del banano.

2. Banano-laurel-cacao (con árboles de *Cordia alliodora y Theobroma cacao*), orientado a pequeños productores.

3. Banano-frutales (con especies como toronja rosada *Citrus paradi* y rambután *Nephelium lappaceium*), también pensando en una pequeña persona productora, ya que se cultivan árboles cuyos frutos el agricultor puede comercializar o utilizar para autoconsumo familiar.

4. Banano-leguminosas (procurando el aporte de sombra, nitrógeno y materia orgánica al suelo). está pensado en el mediano o gran productor que quiere enfocarse en la producción de banano, pero a diferencia de un monocultivo tradicional, se incorporan leguminosas que brindan sombra, nitrógeno y materia orgánica al suelo.



En los SAF se establecen prácticas culturales que potencializan el cultivo y disminuyen los impactos negativos, como son la confección de domos y la red de canales que favorecen el control adecuado del nivel freático y el manejo de los excesos de agua superficial. Todos los sistemas utilizan Erythrina berteroana como tutor, para apuntalar las plantas de banano y como banco de nutrientes, ya que las podas de estas barreras se depositan como mulch al pie del cultivo.
El control de enfermedades como la sigatoka se realiza mediante el monitoreo constante para realizar podas de material enfermo y por la aplicación de productos orgánicos como aceites vegetales, extractos naturales, microorganismos benéficos, bioles, entre otros
Los estudios realizados demuestran que los sistemas agroforestales son resilientes a los cambios climáticos, debido a su alto nivel de diversidad de especies y pueden contribuir a la economía local y a la adaptación al cambio climático. Por lo tanto, cultivar banano orgánico de forma agroforestal potencia estas ventajas en favor de las personas productoras rurales.

19 Sistemas agroforestales. Adaptación y mitigación en la producción de banano y cacao. IICA, 2017
20 Fotografías tomadas del IICA
21 Se puede obtener más información de este proyecto en el video disponible

Casos de éxito

Hacienda Río Negro, es una finca de producción de café de 355 hectáreas, perteneciente a La Minita Corp., ubicada en la zona sur de Costa Rica, en el pueblo de San Luís, de Sabalito en la región de Coto Brus, muy cerca de la frontera con Panamá. Desde el año 2001, se convirtió en la primera finca de café en Costa Rica en obtener la certificación Rainforest Alliance.

Actualmente, la Hacienda conserva 335 hectáreas de ecosistemas naturales de alta relevancia, no sólo por la biodiversidad que sostienen, sino también por su cercanía con el Parque Internacional La Amistad.

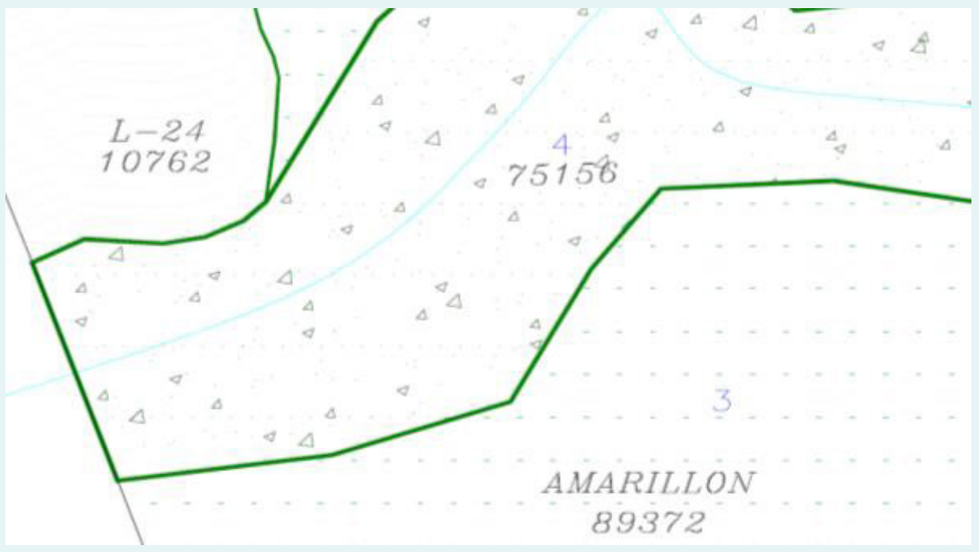
La finca se constituye en un cultivo agroforestal, en donde predominan árboles nativos en asocio con diferentes variedades de café como Caturra, Catuaí y Obata. Desde el 2009, se estableció un proyecto de siembra de Amarillón (*Terminalia amazonia*), el cual abarcó una área de 82,91 hectáreas, dirigido a brindar sombra al café, conservar el recurso suelo y suministrar madera y leña para uso interno, especialmente como recurso para construcción y energía en el proceso de beneficiado.

Con el crecimiento de las plantaciones de Terminalia amazonia y las condiciones climáticas, se vio la necesidad de generar varios raleos hasta alcanzar una densidad que permitiera el crecimiento tanto del componente forestal (árboles de amarillón) como el componente agrícola (plantaciones de café), concentrando el desarrollo de la madera en los mejores individuos.

Los raleos se programaron hasta llegar a una densidad de 90 a 100 árboles por hectárea, en ningún caso se consideró la eliminación de más del 50% de los individuos existentes.

La actividad fue realizada con apoyo de un ingeniero forestal, profesional que tuvo a cargo las recomendaciones y demarcación para corta y aprovechamiento.

Los árboles de amarillón están distribuidos en los lotes 23, 24, 25, 26 y 29; siendo el lote 24 el primero en el cual se va a completar el ciclo de aprovechamiento, en concordancia con el ciclo de renovación del cultivo de café, donde se van a remplazar con otras especies de árboles que permitirán mantener un dosel y diversidad con especies nativas.



Referencias

[1] Teak Resources and Market Assessment 2010. https://www.fao.org/3/an537e/an537e00.pdf
[2] Distribución de las Especies. Distribución de las especies | Biodiversidad Mexicana
[3] Pago por Servicios Ambientales. https://www.fonafifo.go.cr/es/servicios/pago-de-servicios-ambientales/
[12] Guía del productor para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales comerciales. Guia_productor_ONFuz37186.pdf (onfcr.org)
[13] Plantaciones forestales mixtas: una alternativa productiva y generadora de servicios ambientales. Plantaciones forestales mixtas: una alternativa productiva y generadora de servicios ambientales - Argentina Forestal
[19] Sistemas agroforestales. Adaptación y mitigación en la producción de banano y cacao. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3049/BVE17068963e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Otras consultas:

- Catálogo de modelos de producción forestal para pequeños productores. Paraguay. http://awsassets.panda.org/downloads/03_catalogo_de_modelos_de_produccion_forestal_para_pequenos_productores.pdf
- ¿Cuáles deberían ser las especies forestales nativas para plantaciones comerciales? Revista Ambientico #267. https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/31476/33771/267.pdf
- Establecimiento y manejo de cercas vivas. https://docplayer.es/65632862-Establecimiento-y-manejo-de-cercas-vivas.html
- Guía del productor para el establecimiento y manejo de pequeñas plantaciones forestales comerciales. San José, CR. Comunicaciones Milenio. https://onfcr.org/wp-content/uploads/media/uploads/cyclope_old/adjuntos/Guia_productor_ONFuz37186.pdf
- Guía técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales con árboles forestales maderables. https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf
- Manual de Agroforestería. http://www.mag.gov.py/bina/dato/Manual%20de%20agroforesteria.pdf
- Manual de buenas prácticas de aprovechamiento forestal, Lima. http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/manual_de_buenas_practicas_de_aprovechamiento_forestal.pdf.pdf
- NASA. s.f. https://landsat.gsfc.nasa.gov/data/where-to-get-data/
- Plantaciones forestales con especies nativas. Recursos Naturales y Ambiente. No 43. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6673/Plantaciones_forestales_con_especies_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Plantaciones forestales mixtas promueven restauración del bosque y corredor biológico en el entorno del embalse Planta Angostura. https://multimedia.uned.ac.cr/ecen/sap-marena-2019/wp-content/uploads/sites/3/2019/10/SAP-MARENA-UNED-06set2019-Nu%C3%B1ez.pdf
- Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales. Guía Técnica 2,013.pdf (mag.gob.ec)
- Sistema agroforestal de banano orgánico como estrategia al cambio climático. https://www.youtube.com/watch?v=iPTFAqd2xro
- Sistemas agroforestales maderables en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas_agroforestales_maderables_en_Mexico.pdf
- Sistema de arrastre de madera para plantaciones forestales combinando búfalos de agua con tractor agrícola. https://www.scielo.sa.cr/pdf/kuru/v16n39/2215-2504-kuru-16-39-53.pdf
- Sistemas forestales integrales para la sierra del Ecuador. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1426&context=abya_yala

Colaboración de Experto:
Ingeniero Forestal. Manuel Chavarría Vargas
Email: manuelchav_25@hotmail.com.

Rutas de conectividad internas y externas

22

Categoría C

Universidad Earth, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica alta, que podrían requerir previamente la implementación de otras actividades incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

C

Medidas Relacionadas

10 Control biológico de plagas
12 Estimación de huella de carbono
16 Identificación y control de especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación hábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
23 Involucramiento con iniciativas de conservación
24 Protección de polinizadores
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.4.7, 6.4.8

Plazo de Implementación

Hasta 5 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Rutas de conectividad internas y externas

FICHA 22

Descripción de la medida

Los biocorredores son espacios que conectan áreas de importancia biológica entre sí con el objetivo de mitigar los impactos negativos provocados por la fragmentación del hábitat mayormente ocasionado por procesos productivos, industriales y otras actividades humanas.

El desarrollo de la conectividad a través de corredores naturales resulta fundamental para la conservación de la biodiversidad, el aseguramiento del intercambio genético, la dispersión y la colonización de las diferentes especies; permitiendo a la vez la restauración y preservación de la salud de los ecosistemas naturales.

Por otro lado, los biocorredores no solamente ayudan a mantener la diversidad y el equilibrio natural, sino también participan directamente del ciclo hidrológico y en los procesos de captura de CO_2[1], reduciendo las olas de calor y el impacto de las inundaciones o deslizamientos en áreas urbanas y productivas; siendo áreas relevantes para la adaptación al cambio climático.

1 Sumidero de carbono: Reservorio de carbono en el cual se capta y deposita más carbono (la fijación o el secuestro de carbono) del que se libera. Puede ser utilizado para mitigar parcialmente las emisiones de gases de invernadero. EPA, 2001.

La conectividad puede ser:

a) Estructural, mediante formaciones de vegetación natural que serían utilizadas por diferentes especies para su desplazamiento, refugio, anidación y alimentación; desarrollándose de esta forma corredores biológicos con objetivos amplios y generales.
b) Funcional, al tomar en cuenta el comportamiento, las condiciones y necesidades específicas de las especies que utilizan estas zonas de transición.

Para la implementación de biocorredores, las fincas agrícolas deben considerar la posibilidad de conectividad interna o externa

Escenarios de conectividad entre ecosistemas internos:

- Biocorredor de enlace entre hábitats: conecta dos o más parches boscosos ubicados en distintas zonas de la finca, mediante procesos de regeneración natural o siembra de barreras vegetativas (árboles y arbustos) implementadas en linderos, caminos internos o sitios no aptos para cultivos, permitiendo el desplazamiento mayormente de especies de borde[2] como aves, reptiles y mamíferos pequeños.

- Biocorredor lineal: brinda continuidad a través de un mismo ecosistema (por ejemplo, a lo largo de un río), protegiendo no sólo la fauna presente sino el recurso hídrico local; sin dejar de lado el fortalecimiento y regeneración del bosque de galería.

Escenarios de conectividad entre ecosistemas externos:

- Biocorredor fluvial: al igual que los biocorredores lineales, el objetivo en este caso es promover la conectividad a lo largo de un ecosistema acuático (ríos, quebradas, ciénagas, otros); favoreciendo la regeneración del bosque adyacente, la protección de la fauna presente y la conservación del recurso hídrico, buscando la integración de diferentes actores (fincas, empresas, comunidades) a nivel de la microcuenca[3].

- Biocorredor de dispersión de fauna: permite la conectividad (estructural y funcional) de dos o más bloques de hábitats distanciados, integrando una ruta de dispersión para fauna nativa.
  Por ejemplo: dos parches de bosque ubicados en diferentes propiedades cercanas, que ofrecen servicios de alimentación y refugio para algunas especies, generalmente aves y mamíferos pequeños. Alternativa viable mediante un acuerdo de cooperación mutua entre las partes.

Conectividad: Adaptado INTA 2018

Figura 1 (a). Dos ambientes, hábitats o ecosistemas aislados entre sí (o fragmentados), debido al impacto de actividades productivas y otras modificaciones humanas.

Figura (c). Corredor biológico continuo que protege la biodiversidad nativa y los servicios ecológicos derivados de ella.

- Biocorredor regional: son estrategias de conservación impulsadas normalmente por ONGs[4], entidades locales y Ministerios de Ambiente, dirigidas a disminuir impactos de diferentes actividades sobre áreas de conservación estatal[5] o zonas de influencia de acuíferos importantes; integrando así a diferentes actores bajo sus planes de manejo. Iniciativa que puede ser una alternativa para fincas agrícolas que presenten ecosistemas y que se ubiquen geográficamente dentro del área de influencia del biocorredor regional y que voluntariamente estén de acuerdo en modificar o implementar prácticas más sostenibles, acordes a los planes estratégicos del mismo.

La selección de la estrategia a implementar para la formación de biocorredores dependerá finalmente de las características de la finca y sus objetivos de conservación; así como la posibilidad de generar alianzas entre diferentes actores en una escala de paisaje.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Provee de hábitat, refugio y otros recursos necesarios para la fauna local o migratoria, incluyendo especies endémicas, o con algún nivel de vulnerabilidad[6].
- Promueve el intercambio genético entre organismos y la recolonización de hábitats
- Favorece el movimiento de diferentes especies, entre ellas polinizadoras[7] y dispersoras de semillas, ayudando a la regeneración del ecosistema y brindando mayor estabilidad y disponibilidad de recursos.
- Facilita las migraciones estacionales de diferentes especies.
- Disminuye los riesgos de extinción de especies por efectos de cambios climáticos adversos y aislamiento geográfico.
- Protege de recurso hídrico, mediante la formación de biocorredores a lo largo de ríos, quebradas u otros cauces naturales.
- Favorece el establecimiento de áreas de remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que pueden ayudar a la finca alcanzar la neutralidad de carbono, o bien pueden ser utilizadas en la venta de bonos de carbono como método de compensación de GEI por diversas organizaciones.

2 Especies que se mantienen activas a orillas de las líneas de bosque.
3 Territorio que drena sus aguas hacia un curso principal de una subcuenca. Es decir que la cuenca se divide en subcuencas las que a su vez de dividen en microcuencas. UICN, 2009.
4 Organismos No Gubernamentales.
5 Parques Nacionales, Refugios de Vida Silvestre, Reservas Biológicas, Humedales de Importancia Internacional, entre otros
6 Especies amenazadas, en peligro o con poblaciones reducidas. (ver marco legal de cada país).
7 Ver ficha #24 "Protección de polinizadores"

Beneficios para la persona productora

- Incrementa la biodiversidad de especies que además de tener un valor intrínseco, pueden brindar servicios para el control natural de plagas presentes en el cultivo.
- Propicia la integración de la finca en iniciativas locales y regionales de conservación[8], permitiendo a la persona productora interactuar con distintos actores y participar en la toma de decisiones relacionadas con los planes de manejo de biocorredores externos.
- Disminuye la presión ocasionada por algunas especies que pueden utilizar las zonas de cultivo como sitios de paso, alimentación y refugio, generando riesgos para el trabajador, así como pérdida de fruta por daños estéticos o físicos que generan rechazo del banano o piña a ser exportada.
- Favorece el reconocimiento económico por los esfuerzos de conservación, mediante iniciativas de pagos por servicios ambientales implementadas en algunos de los países.
- Facilita el desarrollo de estrategias de sostenibilidad y uso racional del agua, recurso que puede ser requerido por la persona productora en labores de irrigación.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance.

Metodología de implementación de la medida

Paso 1. Actividades iniciales para la formación de biocorredores

La finca debe considerar inicialmente el desarrollo de las siguientes actividades, según la estrategia de conectividad seleccionada:

<u>Biocorredores Internos</u> (lineales o de enlace entre hábitats)

- Identificar y dimensionar el tamaño de los ecosistemas (acuáticos[9] y terrestres[10]) presentes en la finca. Hábitats naturales que se ubican a lo interno o que bordean la unidad de producción y que serían denominadas áreas núcleo, por su importancia como sitios principales de conservación.
- Realizar un análisis espacial mediante el uso de herramientas digitales como mapas satelitales[11] o fotografías aéreas disponibles, delimitando geográficamente las áreas núcleos y otros pequeños parches naturales, identificando los puntos de fragmentación y posibles sitios para el desarrollo de biocorredores, ya sean estos lineales o de enlace entre hábitats.
- Confirmar en campo, a partir de los insumos obtenidos en el análisis espacial, las distancias entre ecosistemas, así como las rutas viables de conectividad, a través de linderos, caminos internos o sitios no aptos para cultivos. En ningún caso las rutas de enlace deben ser ubicadas a lo interno de zonas de cultivo, debido a riesgos químicos que pudieran generar impactos sobre la biodiversidad que utilizaría el biocorredor.

<u>Biocorredores externos</u> (fluviales o de dispersión de fauna)

- Identificar empresas o propiedades (colindantes) que presenten ecosistemas naturales. Terceros que estén interesados en apoyar este tipo de estrategias de conservación.
- Dimensionar el tamaño de los ecosistemas (acuáticos8 y terrestres9) ubicados en las fincas o propiedades cercanas. Hábitats naturales que serían identificadas como áreas núcleo.
- Realizar un análisis espacial mediante el uso de herramientas digitales, plataformas con imágenes satelitales[10] o fotografías aéreas disponibles, delimitando geográficamente las áreas núcleos y otros pequeños parches naturales, identificando los puntos de fragmentación y posibles sitios para el desarrollo de biocorredores externos, ya sean estos fluviales o de dispersión de fauna.

Finca Quinta Pasadena (banano) - Foto: Conectividad Fluvial,2021

- Confirmar en campo, las distancias entre ecosistemas, así como las rutas viables de conectividad, a través de linderos, depresiones o canales naturales localizados entre fincas o propiedades. En ningún caso las rutas de enlace deben ser ubicadas a lo interno de zonas de cultivo, debido a riesgos químicos que pudieran generar impactos sobre la biodiversidad que utilizaría el biocorredor.

8 Ver ficha # 23 "Involucramiento con iniciativas de conservación"
9 Ríos, quebradas, lagunas, esteros, nacientes, humedales en general.
10 Parches de bosque en cualquier estadio.
11 Por ejemplo: Google Earth.

Paso 2. Elaboración de mapas.

Incluyendo el componente estructural del **futuro biocorredor interno o externo**, considerando la información obtenida en los análisis previos y según los siguientes conceptos técnicos:

a. La matriz

Es el área dedicada a usos múltiples dentro de la finca, como por ejemplo secciones de cultivo, actividades pecuarias, infraestructura entre otros.

b. Área Núcleo

Son los parches o franjas de ecosistemas de mayor tamaño.

c. Sumideros

Son fragmentos pequeños del ecosistema original, los cuales por su tamaño no son capaces de mantener poblaciones viables de especies.

d. Puntos de fragmentación

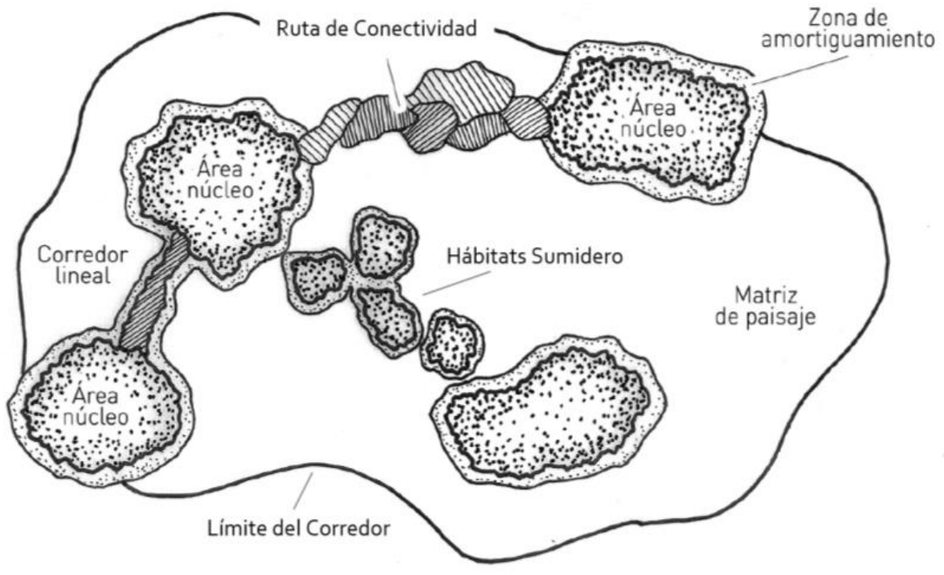
Es la zona donde el ecosistema(s) se separa, siendo visible la ausencia de vegetación natural. Longitudinalmente es el espacio entre parches de bosque.

e. Rutas de conectividad

Determinan la conectividad, tienen una función de enlace entre sumideros y áreas núcleo. Sobre esta ruta se diseña el biocorredor. En el caso de biocorredores externos se toman en cuenta los ecosistemas que están ubicados en diferente fincas o propiedades.

f. Zonas de amortiguamiento

Son los espacios de transición entre el área núcleo y la matriz del biocorredor, por ejemplo, entre los parches boscosos y el área de cultivo. Básicamente, la función de la zona de amortiguamiento es controlar y reducir los impactos provenientes de la actividad agrícola, mediante una franja de cultivo con un manejo diferenciado en donde se disminuya el uso de agroquímicos o bien con la implementación un cordón sanitario[12] entre ambos sectores. El ancho mínimo recomendado de la zona de amortiguamiento es de 10 metros.



Conectividad: Adaptado UNAL, 2015

Paso 3. Plan de diseño.

La persona productora debe definir un plan de diseño del biocorredor *(internamente o bien acordado entre las partes- según corresponda)* a partir de los diferentes componentes descritos en el mapa, considerando las características y necesidades de las especies de fauna presentes en los ecosistemas, incorporando así el concepto de funcionalidad en el corredor. De esta forma las líneas de conectividad podrían mantener o incorporar vegetación nativa[13] que cumplan funciones vitales para las especies que la utilicen, como alimentación, anidamiento y refugio.

Paso 4. Estrategia de recuperación.

El siguiente paso, es la selección de la estrategia de recuperación a ser implementada en las rutas de conectividad, teniendo en cuenta las siguientes alternativas[14]:

a. Barreras de vegetación natural constituidas constituidas

En este caso se pueden utilizar las líneas de vegetación ya establecidas en finca o entre fincas como enlace entre ecosistemas, siempre y cuando las mismas no se ubiquen en zonas de riesgo (al límite de poblados y caminos públicos) que puedan generar una presión de cacería sobre las especies de fauna durante su desplazamiento, o bien que tengan una función de retención de deriva química durante los ciclos de aplicación. Por otro lado, las barreras deben estar constituidas de árboles y arbustos de diferentes especies y preferiblemente mantener al menos tres filas paralelas de vegetación a lo largo del biocorredor o bien lo que defina la legislación nacional aplicable, especialmente para zonas de protección junto a cauces naturales[15].

b. Regeneración natural

Es una buena alternativa de recuperación cuando la ruta de conectividad entre parches de bosque es corta y existe posibilidad de dispersión de semillas desde el área núcleo. El proceso de regeneración podría ser asistido por la persona productora, eliminando especies dominantes e invasivas[16] que no permiten el crecimiento de otras plántulas e incorporando nuevas especies.

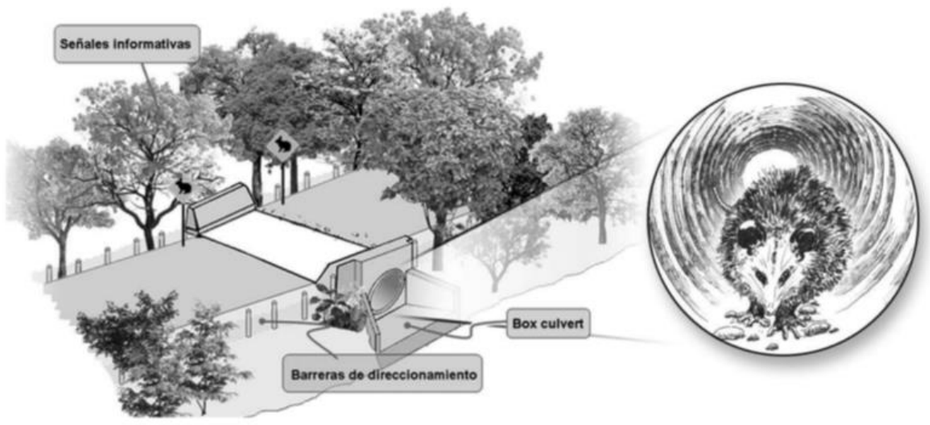
c. Reforestación

La actividad de siembra debe contemplar la selección de especies de flora nativa que pueden ser útiles para la fauna local y que no generen riesgos para la actividad agrícola como sitios hospederos de plagas y enfermedades.
Una buena práctica es utilizar recurso de semillas y plántulas provenientes del área núcleo, asegurando de esta forma que se trata de especies adaptadas y con mayor probabilidad de supervivencia. Importante también considerar el uso de especies leñosas perennes que a su vez generan otros servicios ecosistémicos como la captura de carbono.

12 Área despejada entre el cultivo y el ecosistema
13 Ver ficha # 17 "Vivero con especies locales adaptadas".
14 Las estrategias se implementan según la condición y el objetivo de la ruta de conectividad, estas son recomendaciones.
15 Ver ficha # 19 "Zonas de protección de recurso hídrico".
16 Ver ficha # 16 "Identificación y control de especies exóticas invasoras".

d. Pasos de fauna fauna

Es una opción viable para sitios en donde los procesos naturales de conectividad son limitados (ocasionados por el cruce de carreteras, tendidos eléctricos o presencia intermedia de algún tipo de infraestructura).
Siendo algunos ejemplos: los pasos aéreos *(utilizando plataformas o cables suspendidos),* los pasos subterráneos *(adaptados para mamíferos terrestres, anfibios o peces)* y los pasos a desnivel[17].



Paso subterráneo de mamíferos pequeños Universidad Nacional de Colombia,2015

Paso 5. Valoración de posibles escenarios de riesgo.

Actividad relevante para la sostenibilidad de los biocorredores y las especies asociadas; así como las medidas de mitigación a ser implementadas.

Algunos ejemplos de riesgos:

- Ubicación de los biocorredores en zonas de alta presión de cacería.
- Localización de carreteras o tendidos eléctricos cercanos a las rutas de conectividad
- Alta presencia de especies invasivas a lo largo del biocorredor
- Procesos de regeneración natural con especies poco diversas y funcionales para fauna local

Paso 6. Plan de repoblamiento.

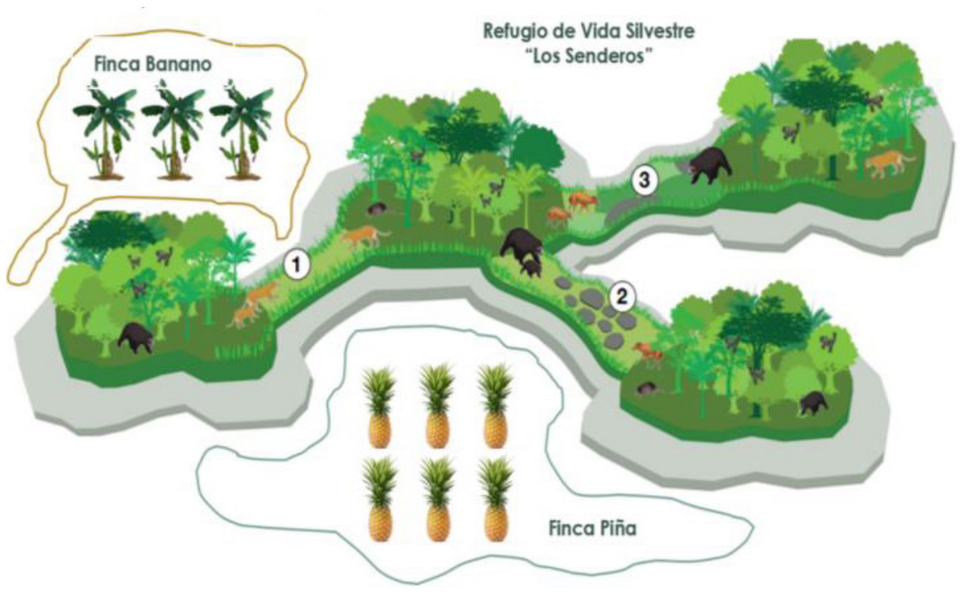
Definiendo un plan semestral de resiembra dirigido a zonas a lo interno del biocorredor en donde se identifica alta pérdida de plantas ocasionada por diferentes factores tales como: incendios, deforestación, presión por plagas y enfermedades, entre otros.

Paso 7. Seguimiento.

Evaluando anualmente la funcionalidad de la ruta de conectividad, según los objetivos planteados y realizar adecuaciones estructurales en el corredor en caso de ser posible y necesario, por ejemplo, ampliar el ancho de la franja vegetal de intercambio o incluir nuevas especies de plantas.
Finalmente, una alternativa adicional, en caso de que la unidad de producción se ubique geográficamente dentro del área de influencia del Biocorredor Regional, podría ser la integración y adecuación de las actividades de la finca, según el plan de manejo del área de conservación.

En este caso la persona productora debe considerar:

- Consultar al Ministerio del Ambiente o bien ONGs que trabajen en la temática, la presencia de iniciativas de biocorredores regionales en el área de influencia de la finca, coordinando reuniones con las entidades a cargo para analizar los planes de manejo y el alcance de las actividades.
- Desarrollar una propuesta de trabajo conjunto con el biocorredor regional, que determine las acciones a ser implementadas en finca acordes a los objetivos del plan de manejo.
- Participar activamente en reuniones con diferentes partes interesadas y llevar registros de las actividades en finca.



Biocorredor: Adaptado de APRODES, 2014

Indicadores de desempeño

- Porcentaje de sumideros conectados al área núcleo del biocorredor interno
- Cantidad de hectáreas de la finca transformadas en rutas de conectividad interna
- Número de áreas núcleo interconectadas a través del biocorredor externo
- Cantidad de hectáreas en rutas de conectividad externa
- Número de actividades implementadas por la finca como parte de su integración con el biocorredor regional
- Ingresos anuales en $ por pago de servicios ambientales y/o ventas de bonos de carbono

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para la siembra, mantenimiento y vigilancia de las rutas de conectividad
- *Externo:* Profesionales en biología o ciencias afines con experiencia en formación de biocorredores y planes de reforestación y/o regeneración asistida.

17 Para mayor detalle de los pasos de fauna, se puede consultar el Manual para la Producción Sostenible de Banano. GIZ, 2019.

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa estructural del biocorredor ($100 a $300)
- Consulta técnica para el desarrollo de planes de reforestación y/o regeneración asistida, por parte de un profesional (225$/día).
- Desarrollo de viveros[18] o compra de plántulas para zonas de protección ($4-$8 por árbol)
- Actividad de siembra y reposición de especies vegetales en las rutas de conectividad, realizado por personal de la finca. Valor base el salario mínimo legal por hora, según país.
- En el caso de la integración de la finca a iniciativas como corredores regionales, el costo de las actividades a realizar dependerá de las necesidades acordadas entre las partes.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El desarrollo de biocorredores es una iniciativa que permite a la persona productora promover prácticas de conservación, integrando a nivel de paisaje los ecosistemas remanentes ubicados en la finca con otros sistemas naturales cercanos; mediante programas internos de restauración, o bien a través de alianzas con actores locales o proyectos regionales promovidos por diferentes instituciones ambientales.

La correcta planificación e implementación de biocorredores es una solución efectiva que ayuda a disminuir la fragmentación de hábitats, permitiendo la dispersión/colonización de nuevas especies y por ende la restauración y mejora de la salud de los ecosistemas naturales.

Una finca que implementa estrategias de conectividad biológica logra además: proveer hábitat y refugio a la fauna local y migratoria, mantener el equilibrio ecosistémico del paisaje productivo, disminuir los riesgos de extinción de especies silvestres por efectos adversos del cambio climático y aislamiento geográfico, favorecer la diversidad e intercambio genético entre organismos, proteger el recurso agua utilizado para actividades de irrigación y procesamiento de la fruta, constituir reservorios de carbono y lograr reconocimientos nacionales e internacionales por los esfuerzos de preservación de los sistemas naturales y su biodiversidad.

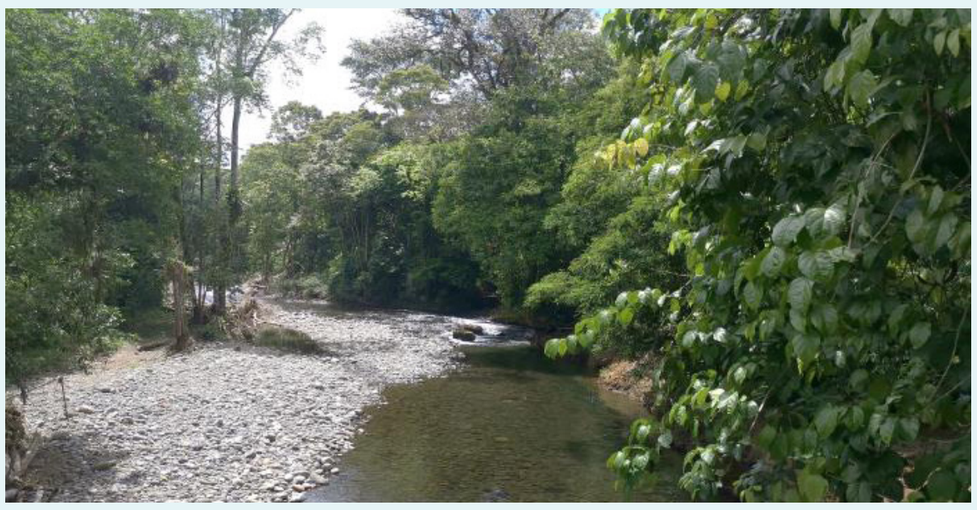
18 Ver ficha # 17 “Vivero con especies locales adaptadas”.

Casos de éxito

Universidad Earth en su campus Guácimo, Limón, Costa Rica, cuenta con una finca comercial de banano la cual está integrada por 4 bloques de cultivo separados geográficamente; áreas productivas que limitan con diferentes ecosistemas naturales, principalmente ríos y quebradas que son parte integral de la cuenca del Río Parismina.

Los esfuerzos de conservación impulsados por la institución han llevado a proteger más de 700 hectáreas de bosques de galería y reservas forestales, mediante una estrategia de conformación de biocorredores que favorecen la conectividad entre hábitats y ayudan a preservar la biodiversidad de las especies que los ocupan.

El Bloque de cultivo #4, está dividido en tres secciones productivas, separadas a su vez por cuatro cauces naturales (●): dos quebrada y dos ríos *(Dos Novillos y Destierro)*, que mantienen zonas de protección natural mayores a 20metros de ancho. El Río Dos Novillos mantiene franjas de vegetación biodiversas y con diferentes estratos arbóreos.

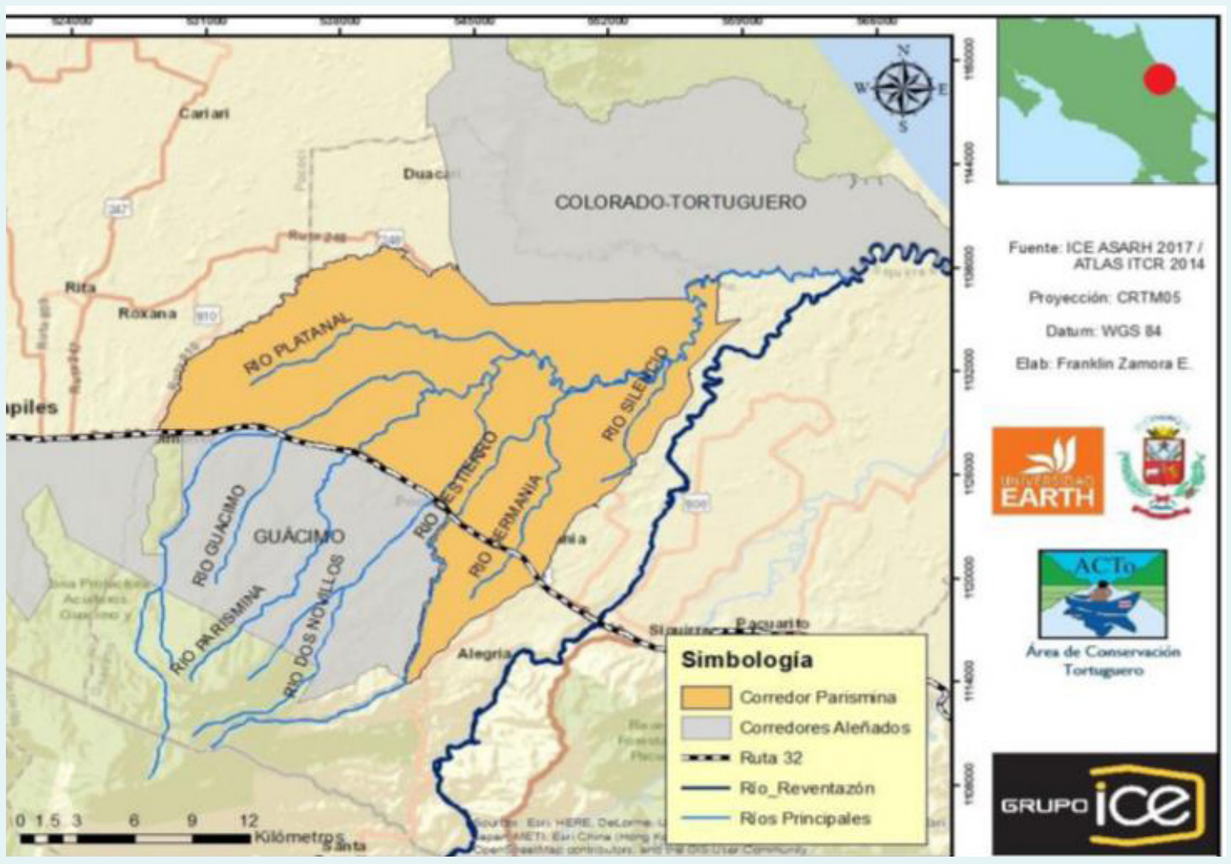


La Universidad Earth también forma parte del proyecto de conformación del Corredor Biológico Parismina[19], cuyo objetivo principal es proteger la ruta migratoria del pez Bobo *(Joturus pichardi)* e interconectar otros corredores con áreas silvestres protegidas como el Parque Nacional Tortuguero. La institución integra el comité gestor, el cual tiene un plan de trabajo de 4 años (2017 al 2022).

El pez bobo es culturalmente muy apreciado, en la zona atlántica, con periodos de veda definidos por el Ministerio de Ambiente y Energía "MINAE" y tiene requerimientos de hábitat muy específicos, que benefician muchas otras especies, migratorias y no migratorias.

Según datos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza "CATIE", el Corredor Biológico Río Parismina constituye una de las 15 rutas nuevas de conectividad de naturaleza climática en Costa Rica, la cual pretende mitigar el escenario previsto de cambio climático para el año 2050 al permitir que las especies busquen climas similares a los actuales y persistan bajo condiciones climáticas futuras[20].

La red hídrica y bosque presentes en el Corredor Parismina actúan como conectores estructurales con otros corredores aledaños. Según el perfil técnico, el corredor se constituye en una ruta con gradientes altitudinales que presenta una importante diversidad de hábitats que favorecen a su vez la dinámica poblacional de las especies de fauna regional.



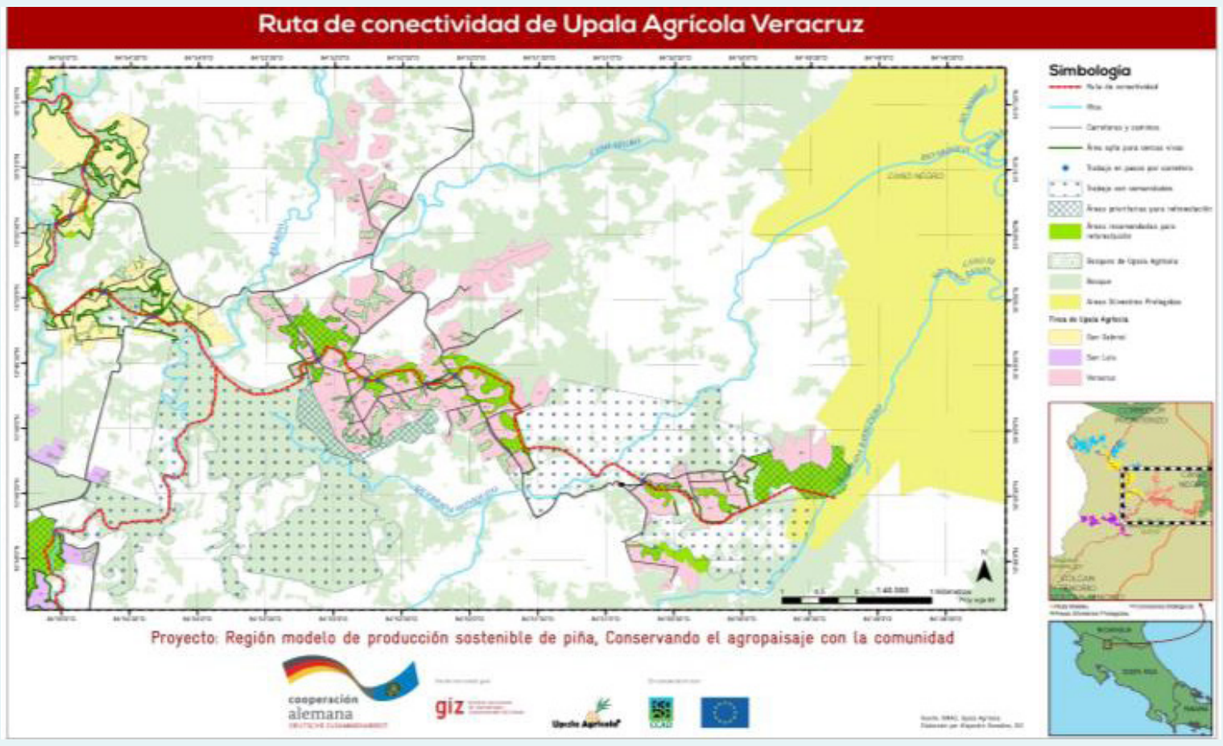
19 El corredor biológico Parismina abarca una extensión aproximada de treinta y dos mil, doscientas tres hectáreas (32,203.28 has). Comité Pro-Creación del Corredor Biológico Río Parismina. 2018

20 Estrategia y plan de acción para la adaptación del sector biodiversidad de Costa Rica al cambio climático (2015-2025). MINAE- SINAC, 2015.

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como parte de su compromiso de producción responsable y sostenible, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.
El trabajo de rutas de conectividad es una iniciativa que nace en el 2017 con la idea de unir parches de bosque ubicados en diversos sectores de la finca (más de 1.000 hectáreas).

Un primer paso ha sido la identificación de estas zonas, para luego integrar y aumentar la cobertura boscosa existente. Recuperando y fortaleciendo de esta forma áreas sensibles que han beneficiado la biodiversidad local y la conservación del recurso hídrico. Hasta el 2022 se contabilizan 11.500 árboles sembrados en rutas de conectividad, lo cual representa más de 28 hectáreas.



Por otro parte Upala Agrícola, es miembro del Comité Local de Gestión del Corredor Biológico Ruta Los Malecu (CBRM), cuyo objetivo es mantener la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos que benefician a las comunidades vecinas, mediante la conectividad funcional y estructural entre áreas protegidas, tales como Parques Nacionales, Refugios de Vida Silvestre y Zonas Protectoras.[21] En donde el Territorio Indígena Malecu es un punto focal del Biocorredor. Además, el CBRM es parte de la Reserva de la Biosfera de UNESCO Agua y Paz. Upala Agrícola realiza donaciones al corredor de diferentes especies provenientes del vivero forestal ubicado en la finca.

Corredor Biológico
Ruta Los Malecu

21 Proyecto de Corredores Biológicos, 2016.

Referencias

[1] Glosario de Términos: http://www.unasostenible.una.ac.cr/index.php/glosario-mizq/Glosario-1/S/Sumidero-de-Carbono-61/
[3] Guía para la Elaboraciones de Planes de Manejo de una Cuenca Hidrográfica: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-095.pdf
[17] Manual-para-la-producción-sostenible-de-bananoGIZ.pdf (bpmesoamerica.org)
[19] Perfil Técnico del Corredor Biológico Río Parismina Ruta del Pez Bobo: perfil_tecnico_corredor_biologico_rio_parismina2.pdf (enbcr.go.cr)
[20] Estrategia y plan de acción para la adaptación del sector biodiversidad de Costa Rica al cambio climático. https://www.sinac.go.cr/ES/docu/coop/proy/Estrategia%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf
[21] Proyecto de Corredores Biológicos: http://biocorredores.org/corredoresbiologicos/corredores-biologicos/corredor-biologico-ruta-de-los-malecu#:~:text=El%20Corredor%20Biol%C3%B3gico%20Ruta%20Los,Upala%2C%20Los%20Chiles%20y%20Guatuso.

Otras consultas:

- Análisis del Sistema Socio-Ecológico para el Diseño del Corredor Biológico entre Los Acuíferos Guácimo Pococí y el Sector Sur del Humedal Ramsar Caribe Noreste, Costa Rica: Analisis_del_sistema_socio_ecologico.pdf (catie.ac.cr)
- Bio-Corredor Amboró-Madidi, Zonificación Ecológica: (PDF) Bio-corredor Amboró-Madidi, zonificación ecológica (researchgate.net)
- Bosques y Selvas de Galería: libro_bio_t2_048.pdf (fundacionempresaspolar.org)
- Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra: bl001s.pdf (fao.org)
- Cartilla Técnica: ¿Qué es Cuenca Hidrológica?: cuenca_hidrologica.pdf (gwp.org)
- Corredores Biológicos: Corredores Biológicos - (cct.or.cr)
- Corredores para la Conservación: http://www.aprodes.org/pdf/corredores.pdf
- Determinación de parámetros para corredores biológicos de uso múltiple: el caso de Texiguat, El Paraíso, Honduras: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/568/1/IAD-2010-T027.pdf
- Estrategias de Conservación de Biodiversidad en Plantaciones Forestales: https://inta.gob.ar/sites/default/files/ana_lupi_h9.pdf
- Guía para el Manejo del Arbolado Urbano en el Valle de Aburrá: https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Zonas%20verdes/GuiaparaelmanejodelarboladourbanoenelValledeAburraNuevo.pdf
- Uso del Efecto de Borde de la Vegetación para la Restauración Ecológica del Bosque Tropical: Redalyc.Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical

Involucramiento con iniciativas de conservación

23

Categoría B

COOPEPIÑA, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de **complejidad técnica media**, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

16 Identificación y control especies exóticas invasoras
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación hábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
22 Rutas de conectividad internas y externas
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
29 Sensibilización en temas medioambientales

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.1.2, 6.1.3

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 3.2.30, 3.2.31, 3.2.32

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 23

Involucramiento con iniciativas de conservación

Descripción de la medida

La agricultura es una actividad esencial para la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico mundial, sin embargo, inevitablemente también trae consigo cambios significativos en el medio ambiente que, sin un correcto manejo, pueden generar impactos negativos muchas veces irreversibles.

Durante la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, realizada en Estocolmo, 1972[1], se colocó en un primer plano los problemas ambientales más importantes, marcando el inicio del derecho internacional ambiental y la creación de leyes, políticas e instituciones en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe[2]. Así mismo se ha derivado desde entonces el desarrollo de iniciativas de conservación dentro de las cuáles podemos citar las Áreas Protegidas.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)[3] define Área Protegida como: "Un área geográficamente definida, reconocida, dedicada y gestionada legalmente o por otros medios eficaces, con el fin de lograr la conservación a largo plazo de la naturaleza, los servicios de los ecosistemas y los valores culturales asociados"; reconociendo así las funciones críticas y estratégicas de estas áreas para la conservación de la biodiversidad biológica, la preservación de los bienes y servicios de los ecosistemas, así como para el desarrollo social y económico de los países. Se estima que las Áreas Protegidas, abastecen de agua potable a las 100 ciudades más grandes del mundo y a un tercio de la población mundial que se ubica aguas abajo. Además, son una estrategia efectiva para la mitigación del cambio climático, contribuyendo a la reducción de la desertización y de los riesgos de transmisión de enfermedades infecciosas como la malaria, el ébola y otras[4].

Según el Informe Planeta Protegido 2020[5], la cobertura de las Áreas Protegidas a nivel mundial alcanzó:

- 22,5 millones de km^2 (16,64%) de ecosistemas terrestres y aguas continentales.
- 28,1 millones de km2 (7,74%) de aguas costeras y océanos. Latinoamérica y el Caribe (LAC) cuenta con más de 8,8 millones de km^2 en áreas protegidas terrestres y marinas, lo que la convierte en la región más protegida del mundo en cobertura terrestre [6].

1 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 5 a 16 de junio de 1972, Estocolmo.
2 El impacto de las Declaraciones de Río y Estocolmo sobre la legislación y las Políticas Ambientales en América Latina. Cabrera, 2013
3 Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) 1992.
4 Protected Planet Report 2016. UNEP-WCMC and IUCN, 2016
5 Protected Planet Report 2020. UNEP-WCMC, UNEP, IUCN, 2020
6 Informe Planeta Protegido 2020: Latinoamérica y el Caribe. RedParques, UNEP-WCMC, CMAP-UICN, WWF, CONANP y Proy IAPA, 2021

La UICN[7], destaca el valor de las Áreas Protegidas (AP) y los servicios culturales y ecosistémicos asociados a la conservación de estos espacios que se encuentran inmersos en mosaicos de paisaje que incluyen distintas actividades humanas entre ellas la agricultura.

Bajo este escenario, es de suma importancia la integración del sector agrícola en iniciativas de conservación, educación e investigación promovidas por los gobiernos locales y las Áreas de Protegidas, apoyando al mismo tiempo actividades incluidas en los planes de manejo de cada AP y realizando acciones concretas para reducir impactos generados por la actividad productiva, que pudiesen afectar la sostenibilidad de estas iniciativas.

Siendo de esta manera, indispensable conocer las diferentes categorías de Áreas Protegidas constituidas en cada país.

En relación con los tipos de Áreas Protegidas, la Comisión Mundial de Áreas Protegidas de la UICN creó una terminología internacional de categorías de manejo según sus objetivos de conservación (ver tabla 1).

	Categoría	Objetivo Principal de manejo
Ia	Reserva natural estricta	Investigación científica
Ib	Área silvestre	Preservar su condición natural y proteger la vida silvestre
II	Parque nacional	Protección de ecosistemas, recreación y educación
III	Monumento o característica natural	Conservación de rasgos naturales específicos
IV	Área de gestión de hábitats/ especies	Mantener, conservar y restaurar especies y hábitats
V	Paisaje terrestre/ marino protegido	Protección de paisajes y recreación
VI	Área protegida con uso sostenible de los recurso naturales	Protección de los ecosistemas y uso sostenible de los recursos naturales

Tabla 1. Categorías de Manejo de Áreas Protegidas de la UICN
Fuente: UICN 2008

Adicionalmente existen otros espacios naturales relevantes que se extienden entre Áreas Protegidas y funcionan como zonas de conectividad, estos espacios son los corredores biológicos[8] y son esenciales para la funcionalidad de los ecosistemas y la protección y dispersión de la biodiversidad.

Finalmente, otras iniciativas de conservación interesantes que podrían ser consideradas por la persona productora son:

- El Pagos por Servicios Ambientales "PSA", en donde se brindan incentivos financieros a los propietarios de fincas que desarrollen plantaciones forestales, sistemas agroforestales o bien ejecuten proyectos de regeneración natural o protección y manejo de los bosques, favoreciendo de esta manera la mitigación del cambio climático, la protección y recuperación de la biodiversidad, las fuentes de agua y la belleza escénica[9].

- Iniciativa REDD+[10]: Es un marco respaldado por las Naciones Unidas que apunta a frenar el cambio climático al detener la destrucción de los bosques. REDD significa "Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de los bosques"; el símbolo + implica que en su implementación hay componentes de conservación, gestión sostenible de los bosques con participación de población local y aumento de las reservas forestales de carbono[11].

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Genera sinergias entre fincas y Áreas Protegidas, que contribuyen con el bienestar del ecosistema.
- Apoya iniciativas de conservación públicas con objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático, ya que al proteger, restaurar y conservar los ecosistemas claves a nivel de paisaje, se protegen los sumideros de carbono.
- Disminuye los riesgos de extinción de especies gracias a acciones más amplias que se puedan tomar entre los distintos actores.
- Promueve el intercambio genético entre organismos y la recolonización de hábitats, gracias a la mejora de la conectividad entre corredores biológicos, los cuales también favorecen el movimiento de especies polinizadoras y dispersoras de semillas, ayudando a la regeneración del ecosistema y brindando mayor estabilidad y disponibilidad de recursos.
- Contribuye con las metas internacionales en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), Metas Aichi, Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Beneficios para la persona productora:

- Fortalece la relación y apoyo con las iniciativas de conservación a nivel local y nacional, acciones que también pueden generar un ingreso económico, caso del Pagos por Servicios Ambientales "PSA".
- Incentiva las buenas prácticas agrícolas y fortalece capacidades.
- Promueve la conservación y la reducción de emisiones al mismo tiempo que se busca una sostenibilidad financiera de la actividad.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de los productos en mercados internacionales, que demandan productos de calidad que respeten el medio ambiente.
- Facilita la participación de las fincas en certificaciones de reconocimiento internacional como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

Metodología de implementación de la medida

La medida busca promover un acercamiento y apoyo de la persona productora en iniciativas de conservación, educación e investigación promovidas por los gobiernos locales y las Áreas de Protegida, mediante la implementación de acciones concretas dirigidas a reducir impactos generados por la actividad productiva, fortalecer los planes de manejo de la AP y acceder a proyectos verdes con un enfoque de beneficio mutuo, que brinde a la finca ingresos adicionales al mismo tiempo que trabaja en pro del medio ambiente.

7 Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. UICN, 2008.
8 Ver ficha #22 "Rutas de conectividad internas y externas"
9 Programa de Pago por Servicios Ambientales. Oficina Nacional Forestal, 2020.
10 Costa Rica, Colombia, Ecuador; República Dominicana
11 REDD+. Conservación Internacional, 2019.

Paso 1. Identificación de iniciativas de conservación

La primera actividad a realizar es la identificación de iniciativas de conservación cercanas a la unidad de producción, así como requisitos legales y administrativos que ayuden a orientar y generar vínculos entre las partes.

a. Análisis Satelital y Mapeo

Es necesario localizar y georreferenciar áreas claves e iniciativas de conservación (Corredores Biológicos, Áreas Protegidas, e inclusive Reservas Privadas) ubicadas geográficamente en la zona de influencia[12] de la finca. Una vez identificadas, es importante elaborar un mapa que permita visualizar el contexto y la distancia con respecto al sitio de interés, teniendo en cuenta que en el caso de un corredor biológico la operación agrícola podría estar ubicada a lo interno del mismo.

Actualmente existe gran cantidad de fuentes de información de donde pueden obtenerse imágenes de alta resolución actualizadas, las cuáles pueden servir como base para realizar la actividad de identificación. Entidades como ESRI, o plataformas Google Earth, ofrecen imágenes satelitales accesibles de manera gratuita y con herramientas amigables para el usuario, siendo una excelente alternativa para la obtención de esta información.

Imagen Satelital: Parque Nacional Palo Verde (Sitio Ramsar), en Guanacaste en Costa Rica. Presencia de parcelas de pequeños productores al límite del Área Silvestre Protegida

Por otro lado, se puede accesar a sitios y recursos públicos generados por los Ministerios de Ambiente[13] u otras Instituciones[14] de cada país, con acceso a mapas e información relacionada con las Áreas Silvestre Protegidas y Corredores Biológicos. Esta información es el un punto de partida para la toma de decisiones en cuanto a la selección y cercanía de sitios de interés.

En la figura 1 se muestra el *ejemplo* de una finca de piña realiza un análisis espacial, el cual refleja la ubicación de un Parque Nacional, a 1.600 metros lineales del extremo noroeste de la unidad de producción (Lote 23). El plano cartográfico, utilizado permite observar adicionalmente que el río que bordea el cultivo y que también delimita con dos bloques productivos de banano, ingresa al Área Protegida.

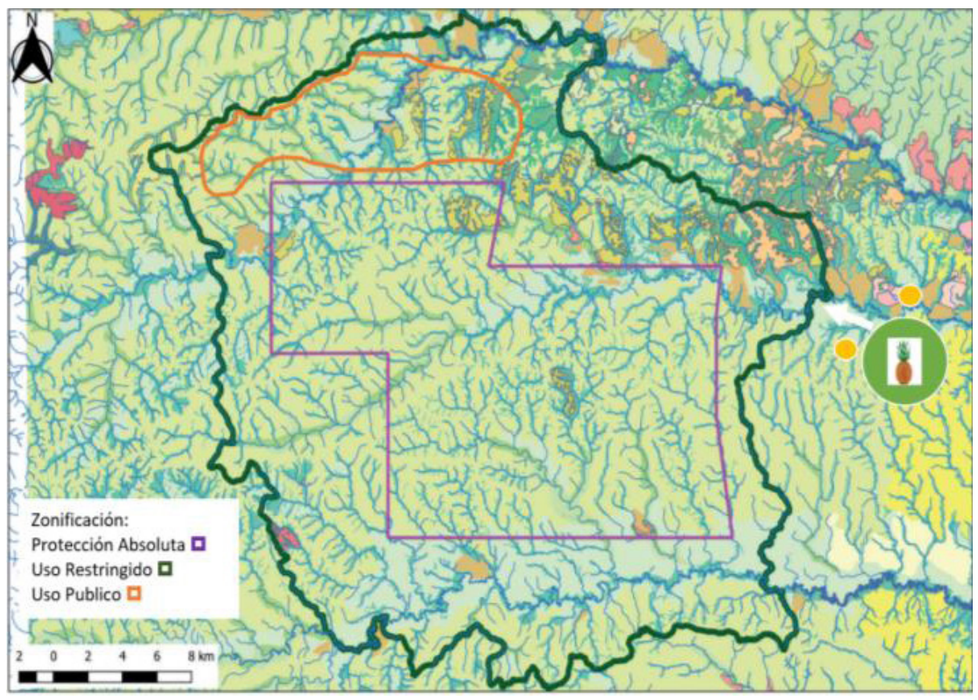


Figura 1. Ejemplo Parque Nacional cerca de una finca de piña.
Fuente: Imagen adaptada de ANLA, 2018

b. Requisitos Legales aplicables:

Una vez identificada la iniciativa de conservación, es necesario que la persona productora verifique la normativa ambiental aplicables a la operación agrícola, considerando la cercanía con el AP o el biocorredor, condición que podría ayudar a direccionar cambios en algunas actividades relacionadas con la producción, dirigidos para generar un menor impacto (tema que será ampliado en el paso 4).

Paso 2. Acercamiento a los planes de manejo y primeros contactos

Una buena práctica es analizar los planes de manejo y gestión de estas áreas, ya que permite visualizar los objetivos y acciones que ya han sido desarrolladas o bien que están programadas a futuro y sobre las cuales la persona productora podría contribuir y buscar acercamientos con los comités, personal a cargo, organizaciones u otras instituciones responsables de la gestión de estas iniciativas.

Una vez establecido el contacto, el siguiente paso es coordinar espacios de trabajo y reuniones conjuntas, definiendo actividades de interés y líneas de acción común. Para esto la persona productora puede promover a nivel interno un comité o grupo de seguimiento que facilite la comunicación, planifique e implemente tareas.

El conocimiento de los planes de manejo y los objetivos del Área Protegida, junto con los mapas de ubicación, brinda una nueva perspectiva en el análisis.

12 Se sugiere considerar al menos un rango de 2 kilómetros desde el perímetro de la unidad de producción hasta el límite del AP. Distancia recomendada por WWF en proyectos de sostenibilidad en fincas de banano en Colombia y Ecuador.
13 Costa Rica, Colombia, Ecuador y República Dominicana
14 Costa Rica, Colombia y Ecuador

Por ejemplo (ver figura 2), retomando el caso anterior de la finca de piña, se puede determinar que, a partir del plan de manejo definido para el Parque Nacional, el área cuenta con tres zonas de manejo en donde la zona central esta categorizada como de protección absoluta (abarcando el 48% del AP) siendo el objetivo para este sector la protección de ecosistemas representativos y de especies de flora y fauna endémicas, emblemáticas y en peligro de extinción que ya han sido identificadas en el Parque. Al revisar el mapa elaborado en el paso 1 e incluir las nuevas condiciones, el comité de finca concluye que el río ahora no sólo ingresa al Parque, sino también cruza una zona de alta relevancia, lo cual reafirma la importancia del compromiso que debe mostrar la persona productora con acciones de protección en esta sección de la microcuenca, en conjunto con las fincas vecinas y el comité gestor del plan de manejo; acciones dirigidas a minimizar impactos que puede incidir sobre estas especies[15].

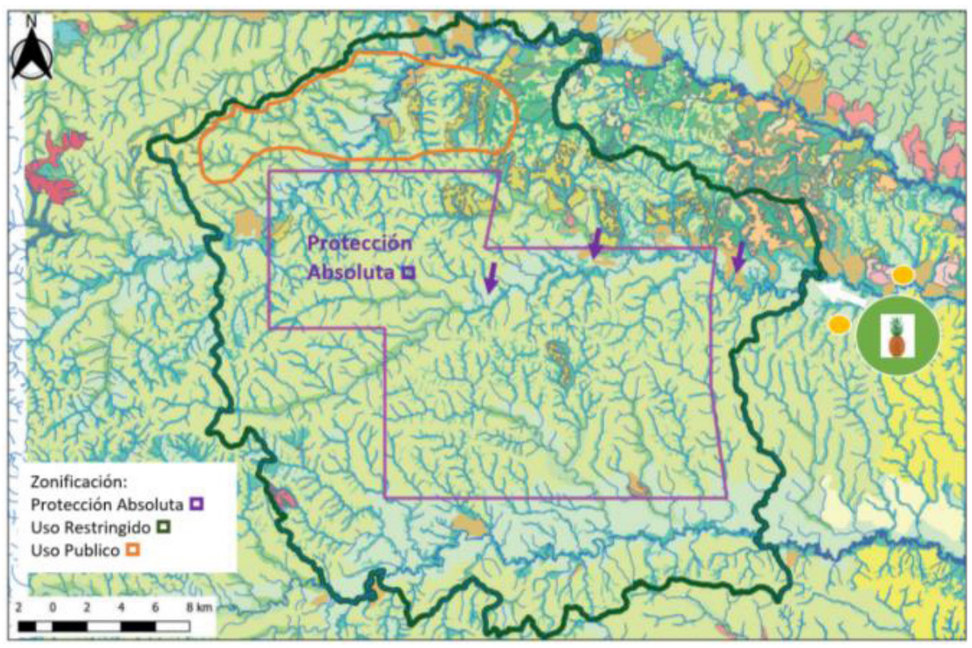


Figura 2. Ejemplo Parque Nacional cerca de una finca de piña.
Fuente: Imagen adaptada de ANLA, 2018

Paso 3. Apoyo a la gestión de las áreas de conservación

Una vez identificados los objetivos y metas de las Áreas de Conservación, así como sus planes de manejo, se busca contribuir con actividades que pueden alinearse con estrategias de investigación, reforestación, conservación de agua, financiamiento, apoyo técnico y capacitación, entre otras. *Por ejemplo:* al incluir una nueva variable al caso anterior (presencia de dos nacientes que suministran agua potable a las comunidades vecinas), se visualiza una oportunidad de apoyo (construcción de pasos elevados en áreas de acceso público cercanos a los sitios de toma de agua, ver figura 3). Durante las reuniones entre las partes, la persona productora propone facilitar mano de obra requerida durante la etapa de construcción.

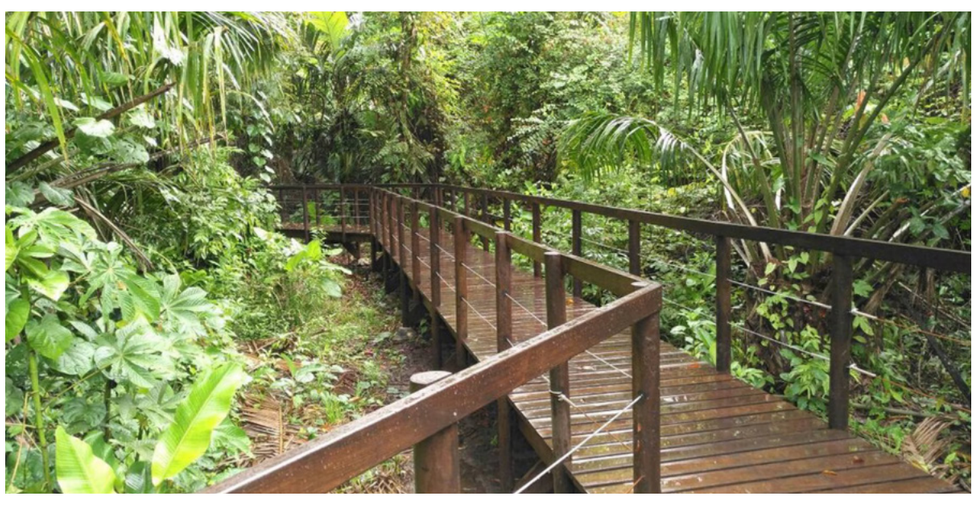


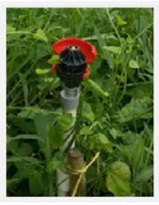
Figura 3. Paso Elevado, Parque Nacional Cahuita.
Fuente: La Nación, 2017

Paso 4. Cambios en actividades agrícolas para generar un menor impacto

Basados en el marco legal, la identificación de las zonas de protección y el análisis de los planes de manejo, la persona productora o comité de finca puede proponer y comunicar al AP, una lista de buenas prácticas que no sólo mejoren la gestión de la finca en términos ambientales, sino ayuden a prevenir directa o indirectamente impactos sobre el Área Protegida y promuevan la integración de los ecosistemas de finca con el sitio de interés bajo un enfoque de paisaje, teniendo en cuenta el desplazamiento de especies en búsqueda de diferentes recursos (refugio, alimentación, anidamiento, otros).

Las actividades pueden ser documentadas e incluidas en un Manual de Buenas Prácticas donde se describan las acciones particulares a ser implementadas y que sirva como guía para otras personas productoras que deseen trabajar en iniciativas similares[16]. De igual manera se recomienda elaborar un cronograma de actividades (que incluya fechas, responsables y recursos) que permita programar anualmente la implementación gradual de las prácticas identificadas.

Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Conservación	Acciones Generales
Identificación de los valores naturales de la finca (presencia de arroyos, ríos, bosques, nidos, pasos de fauna, otros)	Fertilización respetuosa/ finca de producción de banano: Acciones: - Programar la fertilización según a los análisis de suelos. - Incluir al menos un ciclo de aplicación de materia orgánica anualmente, - Uso de dosificadores según tipo de fertilizantes: - Colocar protectores en los aspersores ubicados en los canales primarios que vierten agua en los cauces naturales, evitando que la actividad de fertirriego genere contaminación por nitratos y fosfatos en el agua, que pudiesen llegar hasta los ecosistemas del Área Protegida, generando afectación en la vida silvestre. - Incluir al menos un ciclo de fertilizantes nitrogenados encapsulados/ lenta liberacion - Devolver el raquis o vástago a campo y colocarlo de forma uniforme en suelos pobres
Protección, conservación y mejora del suelo (labranza mínima, control mecánico o manual de la vegetación espontánea, uso de coberturas benéficas)	
Fertilización respetuosa (Incorporación de materia orgánica, introducción de leguminosas, uso de restos de cosecha) ➔	
Uso racional del agua (Respetar dotaciones asignadas en las concesiones, cálculo de necesidades de riego, uso de hidrómetros, incorporación de sistemas de recirculación de aguas de proceso)	
Medidas para reducir el uso de fitosanitarios (Monitoreo y establecimiento y respeto de umbrales técnicos de tratamiento, control biológico de plagas, uso de trampeo, Conocimiento y protección de insectos auxiliares)	
Mejora de la biodiversidad en fincas (Conservación y restauración de ecosistemas, formación de reservorios de biodiversidad, eliminación de especies exóticas invasoras)	**Cronograma (ejemplo):** **Actividad:** Colocación de protectores en los aspersores de los canales primarios A1,B1,B2 **Fecha:** Julio del 2022/ **Responsable:** Coordinador de campo y Cuadrilla de Riego/ **Recursos:** 320 protectores color rojo.
Gestión de Residuos (Disminuir el uso de material plásticos, recolectar, almacenar y gestionar adecuadamente residuos inorgánicos, manejo adecuado de aguas residuales según ley)	
Lucha contra el Cambio Climático (Implementar medidas de mitigación y adaptación)	



Paso 5. Impulso de alianzas estratégicas con otros sectores

Finalmente existen otras estrategias de conservación a las cuales las personas productoras podrían tener acceso según el desarrollo de estas en cada país. Este es el caso de los modelos por pago de servicios ambientales (PSA) orientados hacia el sector agrícola, en donde la persona productora puede recibir un reconocimiento económico por el desarrollo de plantaciones forestales, sistemas agroforestales y proyectos de regeneración natural, protección y manejo de los bosques; o bien mediante la incursión de iniciativas como REDD+, cuyo objetivo es aumentar las reservas de carbono, evitando la deforestación y destrucción de los remanentes boscosos[17].

15 Las especies sombrilla, pueden apoyar la conservar de un ecosistema y otras especies. Su protección conlleva de forma indirecta a la conservación de otras especies que comparten su hábitat. Ver ficha #25 "Monitoreo de especies indicadores de bienestar el ecosistema".

16 Como referencia a esta temática, se puede consultar el Manual: Juntos por Doñana. Buenas prácticas agrícolas para la conservación de los recursos naturales, elaborado por WWF como una herramienta para mejorar las prácticas agrícolas en el entorno del Parque Nacional Doñana en España. WWF, 2014.

17 En Costa Rica por ejemplo se ha venido diferentes sectores han impulsado un nuevo sistema de medición de los servicios ambientales denominado UDESAS (Unidad de Servicios Agroambientales), como una propuesta que innova el esquema actual de PSA, considerando el valor de algunos métodos de manejo de gases efecto invernadero como por ejemplo los biodigestores, plantas fijadoras de nitrógeno, y el uso de buenas prácticas agropecuarias y forestales. Esta iniciativa, buscando integrar principalmente pequeños y medianos productores, que actualmente implementan diversas maneras de cuidar el ambiente. De esta forma y dependiendo de la actividad realizada y la extensión en la finca, se le asignan puntos, denominados -UDESAS- con un valor de $10 a cada uno, monto que sería la base de este reconocimiento. REDDCR, 2015.

Indicadores de desempeño

- Iniciativas de conservación apoyadas.
- Número de actividades implementadas por la finca acordadas con el Área Protegida.
- # de hectáreas en pago de servicios ambientales.
- # de hectáreas incluida en la iniciativa REDD+.
- Ingresos anuales en $ por pago de servicios ambientales.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades.
- *Externo:* Profesional especialista en conservación que asesore en las actividades, metas y objetivos, como parte de la estrategia de apoyo a iniciativas de conservación.

Referencia de Costos:

- Análisis de datos y desarrollo de mapas ($100 a $300)
- Consultoría Técnica para el desarrollo del Marco Legal, el Manual de Buenas Prácticas y la estrategia de apoyo (225$/día).
- Actividades en finca para la implementación de la estrategia (costo variable según las actividades)
- Tiempo requerido por parte del equipo de apoyo y enlace entre la finca y el AP. (Valor según el salario mínimo legal por hora, de cada país).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El involucramiento con las iniciativas de conservación externas contribuye a generar sinergias entre las fincas y las Áreas Protegidas cercanas, acciones dirigidas hacia la protección de los ecosistemas y la adaptación y de mitigación al Cambio Climático. Los esfuerzos que la persona productora realice con respecto a esta medida le beneficiarán para poder optar por certificaciones internacionales y contribuirá significativamente a lograr las metas y objetivos nacionales e internacionales en temas de conservación y desarrollo sostenible; sin dejar de lado, que es una excelente oportunidad de mercado frente a una sociedad cada vez más sensibilizada, que demanda productos de calidad que respeten el medio ambiente.

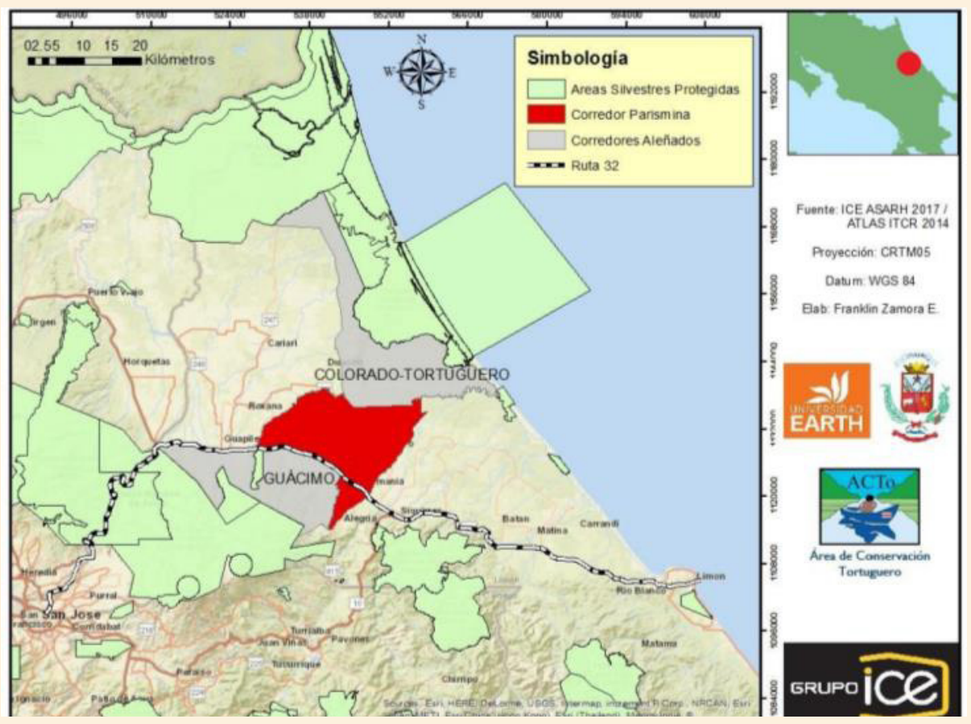
Casos de éxito

La Universidad Earth en su campus de Guácimo, Limón, Costa Rica, cuenta con una finca comercial de banano la cual está integrada por 4 bloques de cultivo separados geográficamente; áreas productivas que limitan con diferentes ecosistemas naturales, principalmente ríos y quebradas que son parte integral de la cuenca del Río Parismina.

CORREDOR BIOLÓGICO RÍO PARISMINA Ruta del Pez Bobo

En el 2018, la Universidad EARTH, junto con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Área de Conservación Tortuguero (ACTo), la Municipalidad de Guácimo, productores y otros miembros de la comunidad se unieron para conformar de forma oficial ante el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), el Corredor Biológico Río Parismina- Ruta del Pez Bobo *"Joturus pichardi"*, en la provincia de Limón en Costa Rica.

Por sus características, este espacio geográfico de más de 32.000 hectáreas representa un puente entre diferentes Áreas Silvestre Protegidas y dos corredores biológicos de gran importancia: Guácimo y Colorado-Tortuguero reconocidos por su biodiversidad y por ser acuíferos principales y zonas de generación de agua para comunidades cercanas[18].



Conectividad Potencial del Corredor con Áreas Silvestre Protegidas
Fuente: ICE 2018

El pez bobo es culturalmente muy apreciado en la zona atlántica, con periodos de veda definidos por el Ministerio de Ambiente y Energía "MINAE" y tiene requerimientos de hábitat muy específicos, que benefician muchas otras especies, como el jaguar *"Panthera onca"*, la danta *"Tapirus bairdii"* y la lapa verde "Ara ambiguus", entre otras.
La finca por su lado mantiene zonas de protección natural mayores a 20 metros de ancho a lo largo de los principales cauces naturales como el Río Dos Novillos y el Río Destierro, con franjas de vegetación biodiversas y con diferentes estratos arbóreos.

18 Historias EARTH (2019)

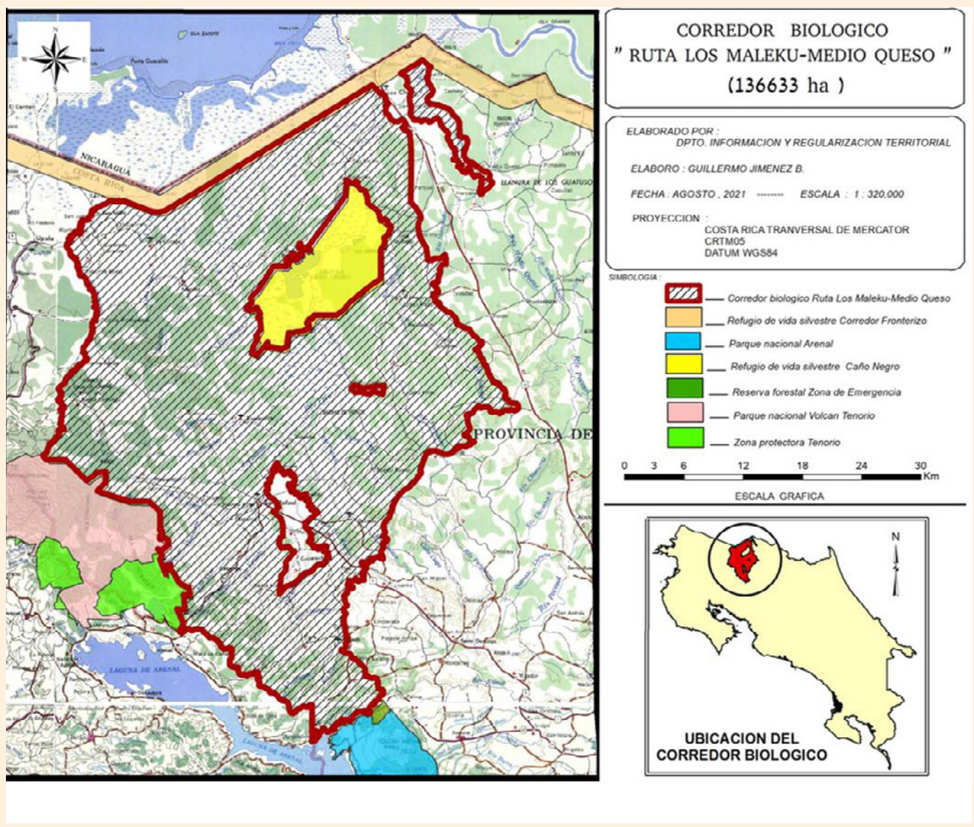
Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como parte de su compromiso de producción responsable y sostenible, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

Corredor Biológico
Ruta Los Malecu

El Corredor Biológico Ruta Los Malecu, fue oficializado con la creación del Programa Nacional de Corredores Biológicos del SINAC en el año 2006, el primer Comité Local de Gestión se creó en el año 2011, con la participación de representantes de diferentes sectores de los cantones de Upala, Los Chiles y Guatuso. Este territorio se ubica en Alajuela, en el sector norte de Costa Rica[19].

Dentro del corredor se localizan dos grandes cuencas hidrográficas pertenecientes a la vertiente del Atlántico, que corresponde a la cuenca del Lago de Nicaragua y la cuenca del Río San Juan, que se dividen a su vez en siete subcuencas. Entre ellas la más llamativa en cuanto su distribución es la subcuenca hidrográfica del río Frío.



Corredor Ruta Los Malecu/ Fuente: SINAC, 2021

Área de muchos humedales, siendo uno de los más relevantes el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Caño Negro, que es sitio Ramsar desde 1991. Actualmente Upala Agrícola[20] es miembro del Comité Local de Gestión del Corredor Biológico Ruta Los Malecu (CBRM), cuyo objetivo es mantener la calidad y cantidad de servicios ecosistémicos que benefician a las comunidades vecinas, mediante la conectividad funcional y estructural entre áreas protegidas, tales como Parques Nacionales, Refugios de Vida Silvestre y Zonas Protectoras. En donde el Territorio Indígena Malecu es un punto focal del Biocorredor. Además, el CBRM es parte de la Reserva de la Biosfera de UNESCO Agua y Paz.
Upala Agrícola realiza donaciones al Corredor de diferentes especies provenientes del vivero forestal ubicado en la finca.

19 Proyecto de Corredores Biológicos, 2022.
20 Upala Agrícola (2022)

Referencias

[1] Informe de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo 1972 | Naciones Unidas
[2] El impacto de las Declaraciones de Río y Estocolmo sobre la legislación y las Políticas Ambientales en América Latina. Vista de El impacto de las declaraciones de Río y Estocolmo sobre la legislación y las políticas ambientales en América Latina (ucr.ac.cr)
[3] Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). undb-factsheets-es-web.pdf (cbd.int)
[4] Protected Planet Report 2016. https://livereport.protectedplanet.net/pdf/Protected_Planet_Report_2016.pdf.
[5] Protected Planet Report 2020. https://livereport.protectedplanet.net/
[6] Informe Planeta Protegido 2020: Latinoamérica y el Caribe. https://redparques.com/modules/ecom/documentos/publicacion/INFORME-2020-final.pdf
[7] Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. PAG-021.pdf (iucn.org)
[9] Programa de Pago de Servicios Ambientales. https://onfcr.org/psa-2
[11] ¿Qué es REDD+? https://www.conservation.org/peru/novedades/2019/10/29/que-es-redd
[16] Juntos por: Doñana. Buenas prácticas agrícolas para la conservación de los recursos naturales. http://awsassets.wwf.es/downloads/agricultura_donana.pdf
[17] Pago de servicio ambiental campesino: PSAC. http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/informe_final_psa_campesino.pdf
[18] Corredor Biológico Parismina: Liderazgo transformacional para la sostenibilidad. Historias EARTH. 2019. https://www.earth.ac.cr/es/feature/parismina-biological-corridor-a-transformational-leadership-project/
[19] Corredor Biológico Ruta Los Malecu (CBRM). Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Historias 2022. http://biocorredores.org/corredoresbiologicos/corredores-biologicos/corredor-biologico-ruta-de-los-malecu
[20] Corredor Biológico Ruta Los Malecu. https://upalagricola.com/alianzas/

Otras consultas:

- Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático. (iucn.org)
- Corredores Biológicos https://www.sinac.go.cr/ES/correbiolo/Paginas/default.aspx
- Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas. https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/paps-016-es.pdf
- El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1
- Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia. http://www.andi.com.co/Uploads/guia_para_la_definicion_identificacion_y_delimitacion_del_area_de_influencia_0.pdf
- Las áreas protegidas de América Latina: Situación actual y perspectivas para el futuro. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2011-019.pdf
- REDD+ Landscape / CCAD - Gestión del paisaje y de los recursos para aumentar las reservas de carbono en Centroamérica. https://www.sica.int/redd/proyectos/redd-landscape-ccad
- Perfil Técnico del Corredor Biológico Río Parismina Ruta del Pez Bobo. perfil_tecnico_corredor_biologico_rio_parismina2.pdf (enbcr.go.cr)
- Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi.: https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf
- Plan de Manejo del Parque Nacional Braulio Carrillo - Costa Rica. https://docplayer.es/8486983-Plan-de-manejo-del-parque-nacional-braulio-carrillo.html

Colaboración de Experto: Bióloga. M.Sc. Katia Barrantes Salas / Email: katya@kwconsultores.com

Protección de polinizadores

24

Categoría B

BANELINO, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de **complejidad técnica media,** que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

7 Labranza de bajo impacto
8 Optimización de plaguicidas sintéticos
9 Control de deriva
10 Control biológico de plagas
17 Vivero con especies locales adaptadas
18 Recuperación hábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
22 Rutas de conectividad internas y externas
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 4.5.6.

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB/4.1.3.1

Bee Friendly Farming Handbook.
Criterios: 1 al 7

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 24

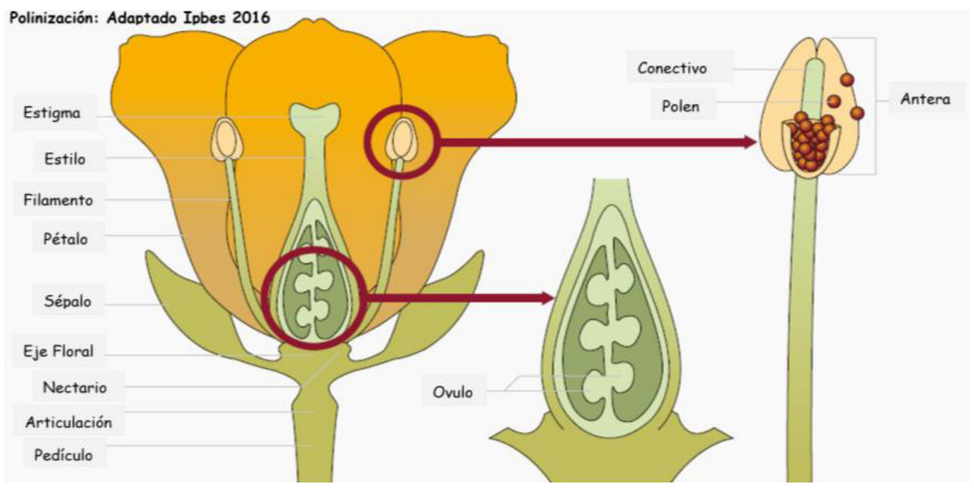
Protección de polinizadores

Descripción de la medida

La polinización es la transferencia de polen (célula masculina) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) y hace posible la fecundación y por lo tanto la producción de frutos y semillas. Si bien la polinización puede ser llevada a cabo tanto por vectores bióticos (animales[1]) como abióticos (agua o viento), la gran mayoría de plantas con flores (angiospermas) dependen de los primeros, principalmente de la polinización por insectos[2]; proceso que a su vez es fundamental para el buen funcionamiento de los ecosistemas por cuanto producen alimentos, forman hábitats y aportan recursos a muchas otras especies.

Los polinizadoras son mayormente silvestres, y comprenden un grupo diverso de animales en el que predominan los insectos, especialmente las abejas, pero también incluyen algunas especies de moscas, avispas, mariposas, polillas, escarabajos, gorgojos, tisanópteros, hormigas, mosquitos, murciélagos, aves, primates, marsupiales, roedores y reptiles, entre otros.

Las abejas[3], por ejemplo, son los insectos que por excelencia participan en esta labor, por lo que poseen una gran importancia económica y ecológica en los agroecosistemas; de hecho, una gran parte de los alimentos[4] que hoy en día se consumen y comercializan masivamente, dependen directa o indirectamente de la polinización realizada por abejas[2].



Polinización: Adaptado Ipbes, 2016

Abeja polinizando, Infocampo 2019

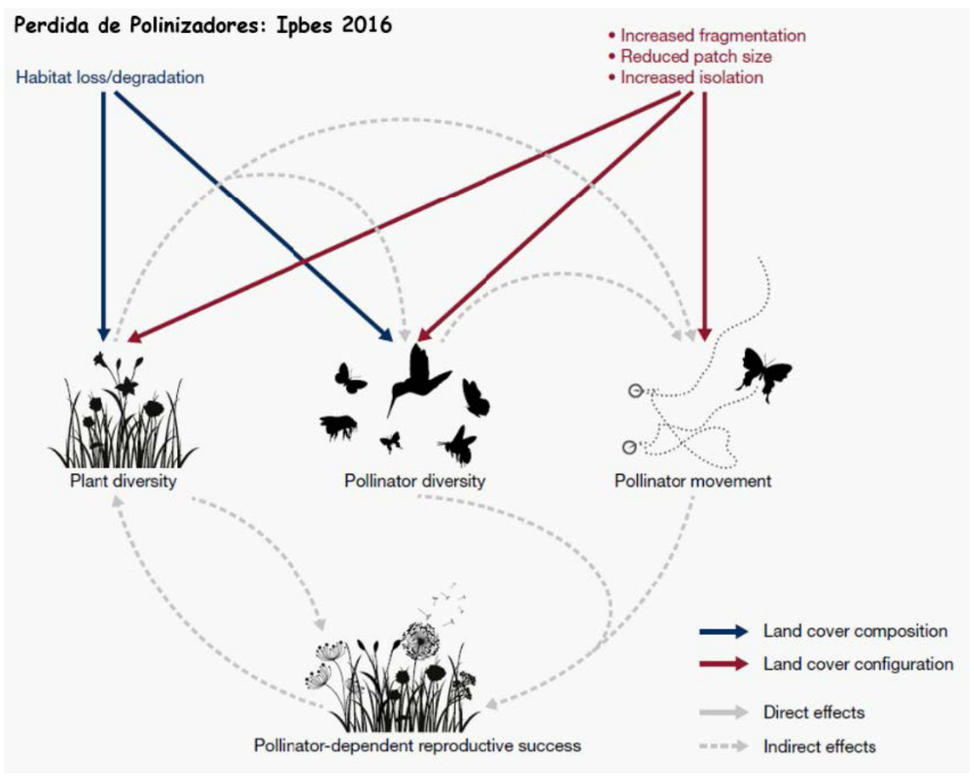
1 A nivel mundial, casi el 90% de las especies de plantas con flores silvestres dependen, al menos parcialmente, de la transferencia de polen por animales. Ipbes 2016.
2 Polinización como servicio ambiental. FAO 2014
3 Mas de 20.000 especies de abejas son polinizadoras. Ipbes 2016.
4 Más del 90% de los principales tipos de cultivo a nivel mundial son visitados por abejas. Ipbes 2016.

Por otro lado, la apicultura representa una fuente de ingresos importante para muchas poblaciones rurales; siendo la abeja melífera occidental el polinizador gestionado (manejado) más extendido del planeta. Se calcula que en el mundo existen alrededor de 81 millones de colmenas que producen 1,6 millones de toneladas de miel al año[5].

A nivel mundial la polinización es un servicio esencial, cuyo valor (únicamente referido a la producción de alimentos) se valora en 153.000 millones de euros[6]. Según el Informe de Evaluación sobre Polinizadores, Polinización y Producción de Alimentos de IPBES[7], más de las tres cuartas partes de los principales tipos de cultivos alimentarios dependen en cierta medida de la zoopolinización en cuanto al rendimiento o la calidad[8], lo cual representan hasta el 35% de la producción agrícola mundial.

La Convención en Diversidad Biológica (2000) resaltó la importancia de los polinizadores y el establecimiento de la iniciativa internacional para la conservación y el uso sostenible de los polinizadores. La FAO por su parte estableció el Plan de Acción Global en Servicios de Polinización para una Agricultura Sostenible como guía para los países miembros, la cual a la vez provee una lista de herramientas necesarias para el uso y conservación de los servicios de polinización, y ayuda en la formulación de políticas que aseguran la sostenibilidad de estos servicios para los ecosistemas.

A pesar de la relevancia de la polinización, según diversos estudios científicos[9], la disminución de las principales especies polinizadoras silvestres[10] es el resultado de diversos factores como: la fragmentación, deterioro y pérdida de hábitats[11], la agricultura extensiva e intensiva, el uso de productos fitosanitarios (especialmente insecticidas), las plagas y patógenos, las especies exóticas invasoras, la contaminación ambiental, el crecimiento urbano y los efectos del cambio climático, siendo estos los principales motores del declive de los polinizadores nativos.



Perdida de Polinizadores: Ipbes, 2016

Para la segunda mitad del siglo XXI, se espera que, debido al cambio climático, la composición de la comunidad de polinizadores cambie como resultado de la disminución en la abundancia de algunas especies y el aumento en otras, lo que podría generar cambios en las interacciones entre plantas y polinizadores generando un impacto en los ecosistemas[12].

Bajo este escenario, la conservación de las diferentes especies polinizadoras es una prioridad a nivel mundial; en especial para el sector agrícola, en donde se deben promover prácticas sostenibles dirigidas a reducir los riesgos asociados a los plaguicidas, proteger y restaurar los ecosistemas, aumentar las características paisajísticas de las tierras de cultivo, mitigar los efectos del cambio climático, contribuyendo así a la preservación y recuperación de estas especies y sus hábitats.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Favorece la reproducción de las plantas y la producción de frutos y semillas silvestres, constituyéndose un grupo biológico clave para la conservación de la biodiversidad[13].
- Estabiliza los bosques, que son reservorios de carbono y de producción de oxígeno.
- Facilita y acelera la recuperación de hábitats degradados y la conectividad de ecosistemas fragmentados.
- Contribuye indirectamente a la protección del agua y del suelo, servicios ecosistémicos que son aportados por una flora diversa promovida por la polinización.
- Ayuda en gran parte a la transferencia de genes entre sistemas vivos. El mutualismo entre las plantas y polinizadores sostiene una diversidad de aproximadamente 350.000 especies animales[14], al brindar alimentación, sitios de refugio y reproducción.

Beneficios para la persona productora:

- Permite valorar la importancia de los polinizadores como indicadores claves de salud de los agroecosistemas, ayudando a mantener rendimientos óptimos y calidad en las cosechas; asegurando de esta forma la disponibilidad de alimentos a nivel local y mundial[15].
- Promueve el desarrollo de proyectos sostenibles y alternativos de apicultura, brindando a la persona productora ingresos complementarios mediante la producción de miel; ayudando al mismo tiempo a diversificar los grupos polinizadores con la implementación responsable de colonias gestionadas, proyectos que también facilitan el desarrollo de actividades de capacitación y educación a nivel local.
- Propicia la formación de sumideros de carbono (práctica integral de una agricultura de conservación) que además es una variable que considerar para la reducción de huella de carbono de la finca, al constituirse en áreas de remoción directa de Gases de Efecto Invernadero “GEI”.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos[16], fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance.

Foto: finca Movaba (Piña)

5 Anexo II a la decisión IPBES-4/1. Ipbes 2016.
6 Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores. MITECO, 2020.
7 Plataforma Intergubernamental Científico–Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas. IPBES
8 En el caso de los cultivares de banano comestible, los ovarios de crecimiento rápido en las flores se desarrollan sin polinización, formando racimos, AgroArbol, 2020/ En piña la formación del fruto ocurre sin necesidad de fecundación, lo que se conoce con el nombre de partenocarpia, Agropedia 2018; a nivel comercial se utiliza una técnica de inducción floral mediante la aplicación de hormonas, las que contribuyen a que la producción piñera sea altamente rentable, FAO 2005.
9 Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production. Ipbes 2016/ Sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. FAO 2014
10 La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), indica que el 16,5% de los polinizadores vertebrados están amenazados de extinción a nivel mundial. Ipbes 2016.
11 Para murciélagos, los estudios demuestran efectos negativos de la pérdida de hábitat sobre la diversidad y abundancia de las comunidades, aunque la magnitud del efecto puede variar entre especies, asociada principalmente a su tamaño y a su comportamiento de forrajeo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2020.
12 Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production. Ipbes 2016
13 Se calcula que el 87,5% (aproximadamente 308.000 especies) de las plantas silvestres angiospermas del mundo depende, al menos parcialmente, de la zoopolinización para su reproducción sexual. Ipbes 2016.
14 Conservación y utilización sostenible de los polinizadores. CBD, 2018
15 Los cultivos que dependen de los polinizadores representan hasta el 35% de la producción mundial agrícola. Otras estimaciones, indican que más del 75 % de los distintos tipos de cultivos alimentarios en el mundo depende de la polinización animal. MITECO, 2020.
16 Se visualiza a futuro la posibilidad de reconocimiento a productores que realicen prácticas de conservación de polinizadores, a través de sistemas de pago por servicios de polinización. IPBES Home page | IPBES secretariat

Metodología de implementación de la medida

Una estrategia de protección de polinizadores debe desarrollarse a partir de la información a escala local o regional de la diversidad y estado de los grupos y especies de interés, permitiendo planificar y direccionar acciones efectivas de conservación a largo plazo y promover el mejoramiento de las áreas naturales (cercanas a las unidades de producción), ecosistemas que brindan refugio, alimento y sitios de anidamiento y reproducción.

Paso 1. Programa de monitoreo de polinizadores (grupos seleccionado)

Un primer paso para la conservación de los polinizadores es conocer el estado de estos a nivel de finca, especialmente en los ecosistemas naturales localizados en la unidad de producción; en este sentido es importante planificar un monitoreo de línea base en donde se puede determinar la presencia, diversidad y estado de las diferentes especies seleccionadas.

El programa de monitoreo debe ser acordado con biólogos expertos en polinización que puedan determinar las pautas a seguir según las condiciones particulares de cada finca (zona de vida, variaciones climáticas estacionales, presencia de ecosistemas y su estado de conservación, entre otros). En este sentido la FAO, propone realizar estudios con métodos sistemáticos al menos por cuatro años y utilizando guías de identificación de campo[17]. Este tipo de investigación ayuda a cubrir los vacíos de conocimientos existentes y planificar estrategias de conservación más eficaces y dirigidas.

Los inventarios pueden estar dirigidos a grupos de especies reconocidas a nivel mundial por su función polinizadora, tales como:

- Murciélagos
- Abejas y Abejorros
- Colibríes
- Mariposas

Las metodologías de monitoreo varían según los grupos seleccionado de polinizadores, a nivel de literatura técnica se destacan los siguientes protocolos:

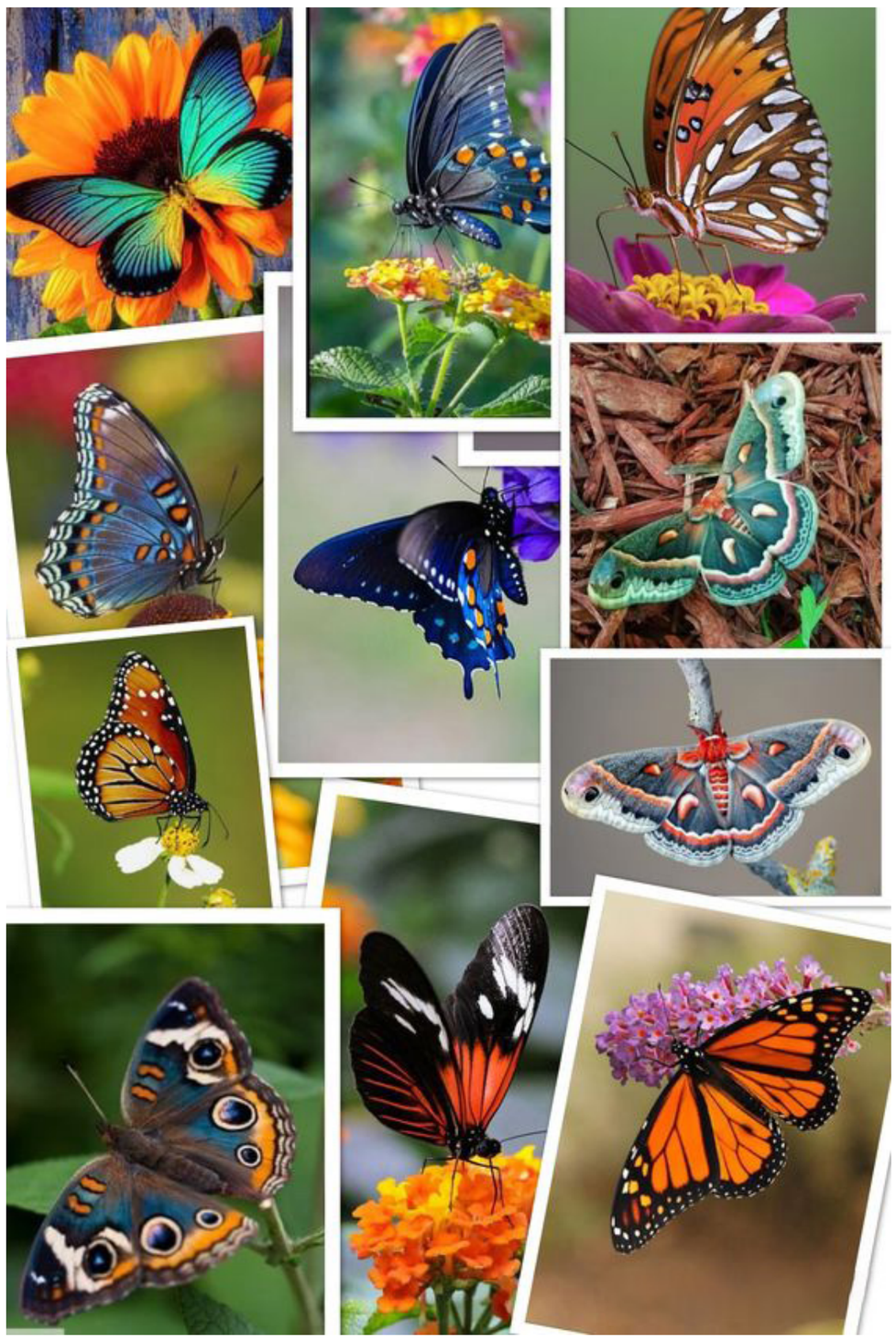
- Murciélagos. Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología, promovida por la Asociación Argentina de Ecología.
- Colibríes. Ecología de las interacciones de plantas y colibríes EPHI / Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres de la USDA.
- Mariposas. Manual para el seguimiento de mariposas de European Butterfly Monitoring Scheme "eBMS".
- Abejas y abejorros. Uso de platos trampa y red entomológica en la captura de abejas nativas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Otra referencia, en caso de que la persona productora decida ampliar el monitoreo a otras especies de polinizadores de interés como aves o mamíferos, se trata del protocolo de monitoreo de biodiversidad[18] de TNC.

El análisis de los resultados de los monitoreos de polinizadores permite no sólo conocer la diversidad y estado de cada especie, sino ampliar sus características y necesidades, que serán la base para definir la estrategia de protección, al visualizar por ejemplo la asociación planta polinizador, periodos de anidamiento y reproducción.

Por otro lado, también es importante realizar evaluaciones acerca de la diversidad de flora local, determinando picos de floración de diferentes especies de plantas que atraen polinizadores, o bien acceder a estudios científicos desarrollados por universidades u otras instituciones de investigación, museos, herbarios que permitan realizar estas valoraciones[19]. Establecer listados de especies vegetales atractivas para los polinizadores, ricas en polen y/o néctar es una información relevante que ayuda a direccionar las estrategias de protección de estas especies.

Finalmente, la creación de mapas es una herramienta muy útil para poder mostrar la situación y tendencia de los polinizadores, la polinización y la vulnerabilidad especies en la finca, con el fin de apoyar la toma de decisiones.



17 Normalmente de venta, algunas ayudas disponibles: España, Suramérica, Chile
18 Ver ficha #25 "Monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema"
19 Mejorar el conocimiento de los requerimientos específicos, bióticos (etiología) y abióticos (condiciones climáticas) de los organismos polinizadores es clave para reconocer, desarrollar y evaluar un mejor manejo de las características ambientales que ayudan al mantenimiento de las poblaciones de polinizadores en los diversos ambientes; lo cual, a su vez resulta útil para generar datos y ejemplos de importancia crítica para la conservación de los polinizadores. FAO 2014

Paso 2. Estrategia de protección de polinizadores

La estrategia debe basarse en los resultados de los monitoreos de polinizadores, determinando amenazas actuales y potenciales; así como acciones dirigidas a conservar y recuperar las especies seleccionadas. Previamente la persona productora puede recopilar y analizar experiencias e iniciativas que han sido desarrolladas con éxito en el ámbito agrícola, valorando las lecciones aprendidas, logros y recomendaciones.

Se debe considerar que la polinización no es una simple asociación entre una planta y un polinizador; es una compleja red de interacciones en un ecosistema, las cuales pueden incluir diferentes especies interactuando con una misma especie de planta durante un periodo dado, o uno o más polinizadores interactuando tanto con cultivos como con plantas silvestres, razón por la cual las acciones a ser implementadas deben ser integrales y cuidadosamente planificadas, entre ellas:

a. Declaración de protección de especies polinizadoras

Incluyendo en las políticas ambientales de la empresa, la intención de promoción y conservación de las especies polinizadoras nativas.

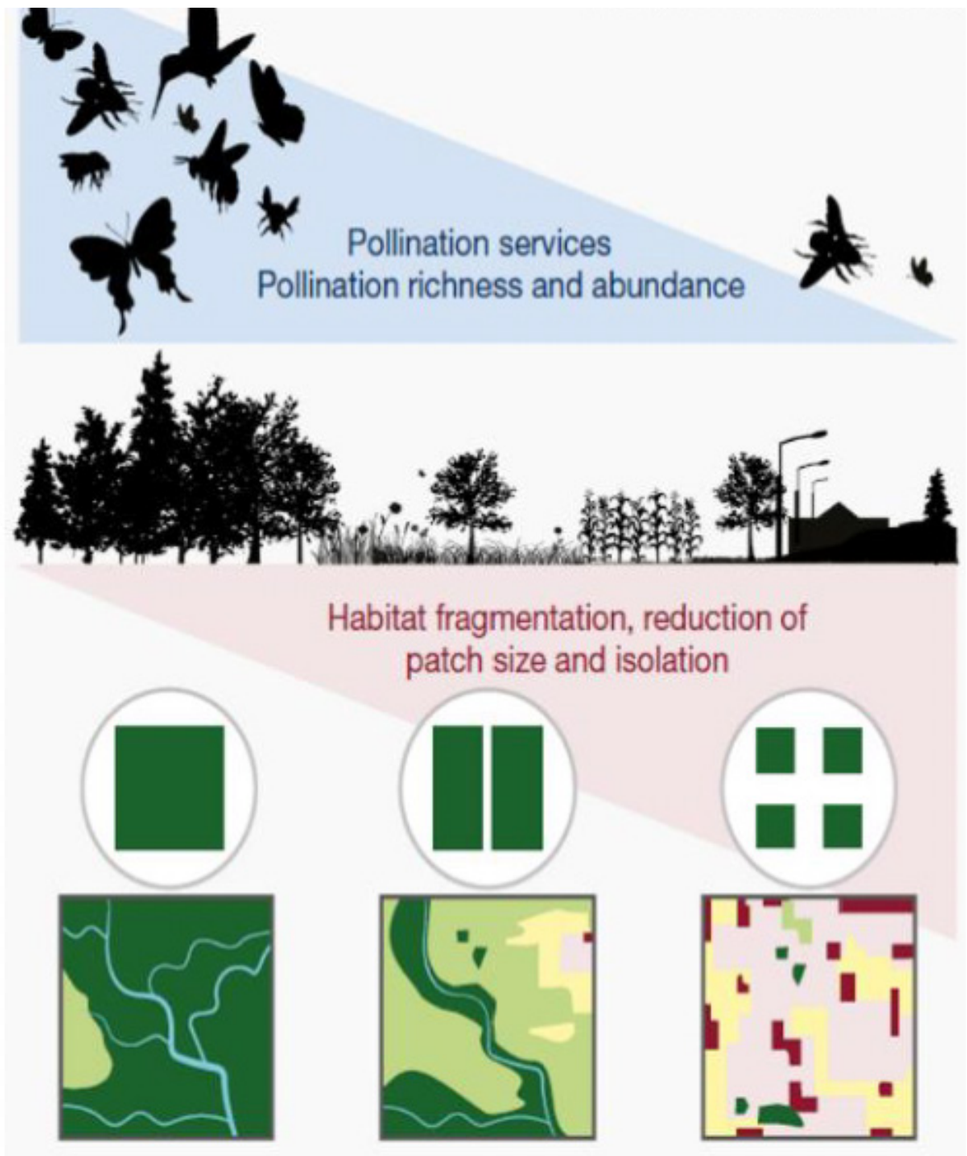
b. Promover la legislación aplicable en cada país

Es importante que la persona productora conozca la legislación y estrategias definidas a nivel local[20] e internacional[21], aplicables a la conservación de polinizadores. Esta debe ser una guía para direccionar las acciones a seguir como parte de la estrategia interna definida por la finca.

c. Conservar y mejorar el hábitat existente

Las unidades de producción que cuenta con áreas naturales, como parches de boques o franjas de bosque ripario, pueden dirigir sus esfuerzos hacia la preservación y enriquecimiento de estos sitios[22], por ejemplo si la persona productora limita con un río y la legislación solicita mantener una zona de protección de 30 metros con vegetación natural, la estrategia puede orientarse a promover procesos de regeneración natural asistida y reforestación, en donde se incluyan especies de plantas nativas adaptadas que proveen servicios y protección a estas especies. Se deben considerar las siguientes prácticas:

- La siembra o selección de especies nativas diversas que provean alimento, refugio, nidificación, empupamiento para polinizadores, promoviendo este manejo en áreas intermedias dentro de las zonas de protección, disminuyendo así riesgos por deriva química en las líneas de vegetación periféricas al cultivo. Es muy importante evitar el uso de plantas exóticas, ya que estas pueden resultar invasivas, generando un desbalance natural, que puede afectar negativamente a los polinizadores que no están adaptados para explotar este nuevo recurso o bien porque estas especies desplazan la vegetación nativa de la cual dependen.
- Promover la conectividad entre hábitats fragmentados[23]
- Proteger árboles nidales, colmenas y otros recursos florales de importancia identificados en la finca, reportando su ubicación en mapas, para su seguimiento y control.
- Implementar y respetar zonas de exclusión química cercana a los ecosistemas naturales y proyectos de apicultura, colocando barreras naturales y promoviendo metodologías de aplicación de menor deriva.
- Prevenir la introducción de especies de plantas exóticas invasoras[24], que puedan ser perjudiciales para los polinizadores nativos, ya que modifican las redes de polinización.



Polinizadores: Ipbes, 2016

No se recomienda la incorporación de plantas atractivas para polinizadores en canales de drenaje a lo interno de la plantación o cercas vivas, cuya función principal sea de retención de deriva química, dado el riesgo que representa para los polinizadores, especialmente en fincas de banano, en donde se realizan aplicaciones vía aérea; excepto si la finca asegura el uso de plaguicidas inocuos para estas especies o metodologías alternativas de menor impacto como el uso de drones.

d. Promover la implementación de reservorios para polinizadores

En fincas donde se carecen de ecosistemas naturales, una posibilidad es la promover reservorios naturales[25] y jardines para polinizadores, iniciativas dirigidas a mantener o aumentar la disponibilidad de recursos florales (provisión de néctar y polen), zonas de refugio, alimentación y reproducción de múltiples especies incluyendo los polinizadores; sin dejar de lado que este tipo de rehabilitación de hábitat es una respuesta adaptativa al cambio climático[26].

Una medida complementaria y que puede resultar interesante, es incluir a lo interno de los reservorios recursos que pueden ser utilizados para anidamiento y refugio de estas especies, como sustratos naturales o artificiales (nidos de bambú, madera, montículos de fango y hoteles de insectos), sitios útiles por ejemplo para abejas solitarias.

20 Costa Rica, Ecuador, Colombia1, Colombia2, República Dominicana
21 Iniciativa Internacional de Polinizadores del Convenio sobre Diversidad Biológica (IPI)
22 Ver ficha #18 "Recuperación de hábitats naturales degradados"
23 Ver ficha #22 "Rutas de conectividad internas y externas"
24 Expert consultation workshop on 'Identifying measures to tackle pressures from invasive alien species (IAS) on wild pollinators in the EU context. Environment Agency Austria, 2022.
25 Ver ficha # 20 "Reservorios de biodiversidad"
26 La Estrategia de la Unión Europea sobre biodiversidad para 2020, pretenden contribuir con la conservación de polinizadores y otras especies silvestres, garantizando que al menos el 10 % de la superficie agraria vuelva a estar ocupado por elementos paisajísticos de gran diversidad. Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria, 2021

Hoteles para abejas solitarias: UCR, 2019

e. Manejo responsable de polinizadores gestionados.

Si la persona productora incluye como parte de su estrategia de conservación de especies polinizadoras el desarrollo de proyectos de apicultura[27] sostenible con objetivos de protección y mejoramiento de las abejas melíferas y producción alternativa de miel, debe considerar diferentes variables relacionadas no sólo con factores legales, económicos, ambientales y de responsabilidad laboral; sino también con la capacidad de espacio, recursos disponibles y mitigación de riesgos.

En este sentido, es necesario contar con un espacio dispuesto para el desarrollo del apiario cerca de fuentes de agua segura y de áreas de pecoreo[28] que idealmente estén bajo el control de la finca (parches boscosos, reservorio de biodiversidad y zonas de protección de cauces naturales), asegurando así su protección. La zona de pecoreo debe ubicarse en un radio de tres kilómetros para colmenares en producción y cinco para centros de crianza de abejas reinas y de reproducción; área que debe mantener una presencia de flora apícola diversa, establecida y/o en desarrollo, con diferentes tiempos de floración, que aporten néctar, polen, propóleos para satisfacer las demandas del apiario.

Las necesidades diarias del líquido vital para una colonia de abejas se estiman en 3 litros diarios de agua limpia[29], recurso utilizado para disminuir la temperatura de la colmena cuando el clima es cálido y para diluir el alimento que les suministran a las larvas.

Es importante asegurar que las cargas apícolas garanticen un equilibrio ecológico y favorezcan el aprovechamiento sostenible de los recursos florales a lo largo del año. Las altas densidades de colmenas pueden afectar la disponibilidad de polen y néctar a escala local, generando problemas de conservación sobre especies de flora y fauna silvestres (incluyendo polinizadores silvestres). Los efectos son especialmente graves en ambientes frágiles o con alto endemismo.[30]

Por otro lado, la ubicación de las colmenas debe considerar condiciones seguras para trabajadores, vecinos y para la misma integridad de las colonias de abejas, respetando los requerimientos de distancias definidos por criterios legales o en ausencia bajo recomendaciones técnicos de menor afectación, tales como:

- Evitar colocar las colmenas en sitios húmedos y mantener el área libre de malezas (únicamente mediante control mecánico).
- Respetar una distancia mínima de tres kilómetros con otros apiarios para evitar competencia por la flora melífera y la transmisión de enfermedades infectocontagiosas.
- Considerar distancia en relación con zonas de riesgo:
  - Tres kilómetros de áreas contaminantes como centros industriales y basureros.
  - Treinta metros de zonas de aplicación de agroquímicos vía aérea.
  - Diez metros de zonas de aplicación de agroquímicos vía terrestre.
  - Cien metros de áreas urbanas, caminos públicos y centros de producción animal.
  - Lejos de líneas eléctricas de alta tensión.

Apiario - Misanimales, 2020

Es una buena práctica la elaboración de un mapa, en donde se puede identificar los apiarios vecinos, zonas de pecoreo, fuentes de agua y áreas de riesgo. Siendo esta una herramienta de planificación, control y seguimiento.

La implementación de barreras naturales en los alrededores del apiario ayuda a proteger a las colmenas de eventos climáticos como fuertes vientos, a la vez que genera una barrera física ante deriva de agroquímicos aplicados en zonas cercanas y brinda seguridad ante ingreso de personas no autorizadas y animales.

f. Evitar y reducir el uso de los pesticidas perjudiciales para los polinizadores gestionados y silvestres

Con el fin de tomar decisiones acertadas, la persona productora debe conocer las especies polinizadoras, así como su comportamiento y la relación con las plantas; de esta forma, se puede tener una mejor valoración de las medidas a ser implementadas, acciones que pueden ir dirigidas a eliminar, evitar o limitar las aplicaciones de ciertos químicos durante los picos de floración de hierbas o los periodos de búsqueda de materiales de anidamiento o bien mediante el aumento en la distancia de las zonas de exclusión química cercanas a sitios claves.

Por otro lado, es necesario promover un uso responsable de plaguicidas basado en un manejo integrados de plagas y enfermedades, utilizando medidas de control alternativas y seleccionando productos fitosanitarios de menor riesgo con la ayuda de herramientas de evaluación, teniendo en cuenta posibles efectos[31].

El riesgo que representan los plaguicidas para los polinizadores está determinado por una combinación de la toxicidad del producto y nivel de exposición que enfrenten estas especies, por lo cual es muy importante implementar estrategias de control de deriva dirigidas a disminuir la dispersión del químico durante los eventos de aplicación.

27 A nivel mundial principalmente se utilizan dos especies de abejas gestionadas del género Apis: la abeja melífera occidental Apis mellifera y la abeja melífera oriental Apis cerana y Apis indica. Ipbes 2016

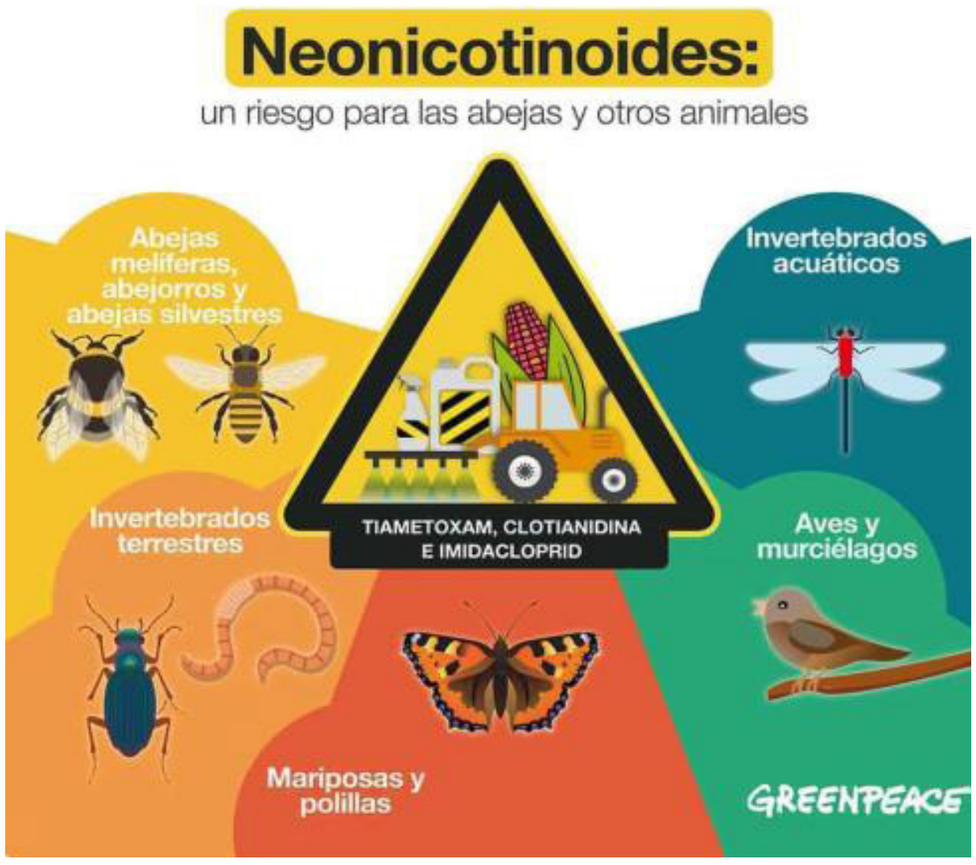
28 Se llama pecoreo a la conducta de las abejas obreras de Apis mellifera o abeja doméstica que recolectan polen y néctar de la flora apícola de un determinado lugar geográfico. También suele llamarse conducta de forrajeo. NOA 2011.

29 Preferiblemente aguas de fuentes naturales, sin contaminación de aguas residuales, químicos y metales pesados. Universidad Nacional Loja, 2015

30 Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores. MITECO. 2020.

31 Ver ficha #8 "Optimización del uso de plaguicidas sintéticos"

En las áreas de cultivo, es recomendable realizar esfuerzos dirigidos a eliminar el uso de insecticidas (de ser posible) o utilizar una menor cantidad, en especial de productos como organofosforados, carbamatos, neonicotinoides y piretroides; evitando deriva o aplicación directa sobre las flores (de las plantas del cultivo o de las malezas aledañas[32]), o sobre el suelo; ya que estos afectan directa (envenenamiento) o indirectamente (contaminación de recursos alimentarios: polen y néctar) a insectos polinizadores nativos, principalmente abejas, pues numerosos estudios recientes han demostrado una alta correlación entre el síndrome del colapso de colonias, con el uso de neonicotinoides[33].



En este sentido, la evaluación de riesgos puede ser una herramienta eficaz para seleccionar plaguicidas de menor impacto para los polinizadores[34]; entre las cuales se pueden citar:

- Environmental Impact Quotient (EIQ) o Cociente de Impacto Ambiental, desarrollada por la Universidad de Cornel, es una herramienta de cálculo formulada para proporcionar a las personas productoras datos sobre los impactos ambientales (incluyendo toxicidad de abejas) y de salud de los plaguicidas utilizados en finca, con el objetivo de poder realizar una mejor selección de los productos fitosanitarios a utilizar. La institución realiza periódicamente una actualización de los valores teóricos de los EIQ (*para un grupo de más de 500 plaguicidas de uso más frecuente en la agricultura*), datos que son utilizados como la base para el cálculo de EIQ de campo (uso real), mediante el uso de una calculadora diseñada para este fin[31].
- Modelo Bee-REX, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), es una herramienta de detección diseñada para usarse en una evaluación de riesgos de Nivel I, para evaluar exposiciones de las abejas a pesticidas y calcular los cocientes de riesgo. El modelo se apoya de guía de uso, en donde en el apéndice 3, se explica de manera detalla los pasos y criterios técnicos.

g. Otras prácticas amigables a los polinizadores

- Para la protección de abejas silvestres que nidifican en el suelo[35], es recomendable el uso de prácticas de cultivo dirigidas a evitar cambios drásticos en el perfil de suelo como ocurre con la labranza extrema[36]; por otro lado, se deben eliminar actividades de desinfección de suelos o colocación de plástico sobre la superficie.
- Para cultivos orgánicos, en donde se utilicen controladores biológicos en vez de insecticidas, se debe tener precaución y un buen conocimiento de la biología básica de dicho controlador ya que estos pueden depredar o parasitar a insectos polinizadores o sus nidos. De igual manera se debe tener cuidado si se van a introducir polinizadores nativos de un área en otra diferente ya que estos pueden llevar consigo nuevos parásitos.
- Prevenir la introducción de polinizadores no nativos (fuera de su área de distribución original), ya que pueden desplazar las especies autóctonas y trasmitir patógenos o parásitos. Un caso bien documentado, en América del Sur es la desaparición del abejorro gigante "*Bombus dahlbomii*" de su área de distribución original, a raíz de la introducción y diseminación del abejorro común europeo "*Bombus terrestris*"[37].
- Evitar el uso de cultivos o plantas con características transgénicas, dado que los polinizadores consumen polen y/o néctar, y los transgenes se expresan en ambos, razón por la cual su ingestión puede potencialmente causar una reducción de la sobrevivencia de la especie polinizadora o perturbaciones conductuales o fisiológicas[38].
- Priorizar el control mecánico o manual de malezas, eliminando progresivamente el uso de herbicidas en el control de arvenses, ya que reduce la diversidad de coberturas con flores.
- Implementar parcelas de hábitats seminaturales distribuidas entre el paisaje agrícola, por ejemplo, transformando áreas en descanso en franjas de barbecho melífero, en donde se favorezca la proliferación de plantas con flores y recurso de anidación. Alternativa aplicable a cultivos de piña, en donde es usual dejar zonas de recuperación después de la segunda cosecha.
- Diversificar los cultivos, de manera que existan recursos alimenticios para los polinizadores a lo largo del tiempo.

- Evitar las quemas en las fincas, prácticas dirigidas a eliminar residuos orgánicos e inorgánicos, por ejemplo, el rastrojo en el caso de la piña. El fuego y el humo afecta los polinizadores e incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero; además una quema no controlada puede afectar a los ecosistemas cercanos, generando perdida de cobertura vegetal con efecto directo a los recursos requeridos por los polinizadores. Cuando las quemas son consecuencia de prácticas indirectas o externas a la finca, la administración debe buscar acercamiento con vecinos y otras partes interesadas para prevenir estas situaciones.
- Evitar el uso de sistemas de riego por inundación o técnicas de riego de gran cañón, ya que además de ser poco sostenibles, dado el uso excesivo de agua, ocasionan saturación en los suelos, afectando nidos de polinizadores.

32 La Política de Uso Excepcional de Rainforest Alliance establece en la sección 3.4.2, requisitos de manejo de riesgos para sustancias tóxicas para polinizadores, destacando: "Los productores no aplican estas sustancias sobre cultivos en floración y evitan la deriva a malezas en floración, o para cubrir cultivos que son atractivos para insectos benéficos (enemigos naturales y polinizadores)". Rainforest Alliance, 2022.
33 Polinización como servicio ambiental. FAO 2014
34 Otras fuentes de consulta sugeridas son: MOA de IRAC Internacional/ Llista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional/ El PPDB de la Universidad de Hertfordshire/ La Lista de Plaguicidas para Uso con Mitigación de Riesgo de Rainforest Alliance/ Hojas de Seguridad de los plaguicidas de interés (MSDS).
35 Alrededor del 70% de las abejas anidan en el suelo. Universidad Johns Hopkins, 2007. La perturbación de la superficie del suelo causada por las prácticas de labranza puede tener efectos destructivos en polinizadoras, destruyendo nidos de abejas que anidan bajo tierra. Williams et al., 2010.
36 Ver ficha #7 "Labranza de bajo impacto"
37 Las razones de por qué Chile debe detener la importación del abejorro comercial Bombus terrestris y comenzar a controlarlo. Gayana, 2018.
38 Uptake and Transfer of a Bt Toxin by a Lepidoptera to Its Eggs and Effects on Its Offspring. University of California, Berkeley, 2014

Paso 3. Seguimiento (monitoreo de control)

Es importante realizar ejercicios anuales de monitoreo que permitan visualizar el resultado de las acciones implementadas como parte de la estrategia de conservación, utilizando los inventarios de línea base y observando cambios poblacionales en las especies que fueron inicialmente seleccionadas. Si como parte del monitoreo, se identifican colmenas silvestres de abejas o colonias de murciélagos nectarívoros, estos pueden ser georeferenciados e incluidos en los mapas de sostenibilidad[39] de la finca, para poder dar seguimiento y asegurar la integridad y salud de este importante grupo de polinización.

Foto: Finca Varcli (Banano)

La persona productora puede integrar en estas actividades, personal de instituciones de investigación (universidades, ONGs) y grupos de apoyo de trabajadores capacitados, que puedan ayudar en las actividades de seguimiento a un menor costo.

Una actividad opcional, que podría generar información valiosa, es el análisis de pesticidas en polen y néctar[40], en plantas en sitios claves que provean estos recursos, o bien en colmenares manejados por la persona productora; ejercicio que deberá estar a cargo de un Laboratorio acreditado. En el caso de colmenas de abeja melífera este monitoreo toxicológico puede incluir diferentes componentes de muestreo: las abejas propiamente dichas (obreras, reina, cría), la miel (250 a 500ml), el polen (20 gramos) y la cera (100 gramos), entre otras[41].

Finalmente, una buena práctica, es realizar recorridos periódicos junto a ecosistemas para verificar algún tipo de impacto visual posterior al desarrollo de aplicaciones químicas, especialmente de insecticidas, o bien después de presentarse eventos cambio climáticos extremos, evaluando de ser necesario junto con los equipos técnicos la necesidad de acciones complementarias que ayuden a mitigar efectos futuros.

Paso 4. Divulgación de la importancia de los polinizadores.

La persona productora puede promover la integración entre diversos actores a nivel regional, teniendo en cuenta que los esfuerzos de conservación de polinizadores deben realizarse en un marco de cooperación conjunta con otras fincas, empresa y comunidades cercanas.

El desarrollo de políticas y planes de trabajo realizados por parte de la finca debe ir de la mano con la socialización de los resultados de los monitoreos de especies polinizadoras, con el objetivo de poder mostrar a las comunidades, centros educativos y trabajadores acerca de los beneficios de la polinización, y la necesidad de implementar medidas de protección de estas especies y de las áreas naturales que se conservan dentro de los sistemas productivos.

Indicadores de desempeño

- Número de medidas de protección de polinizadores implementadas.
- Número de especies de polinizadores identificados anualmente.
- # de hectáreas de ecosistemas naturales para la protección de los polinizadores.
- Ingreso anual ($) obtenido de proyectos de apicultura.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades.
- *Externo:* Profesionales en biología con experiencia en monitoreo de vida silvestre.

Referencia de Costos:

- Monitoreo de especies polinizadoras (desde $2.000 en adelante); los costos son y dependerán de las áreas a ser evaluadas, la tecnología que se utilice y el período de tiempo que se realice el monitoreo.
- Consultoría Técnica para capacitación e implementación de la estrategia de protección (225$/día).
- Desarrollo de viveros o compra de plántulas para zonas de protección ($4-$8 por árbol)
- Actividad de siembra y reposición de especies vegetales en las zonas de protección, realizado por personal de la finca. Valor base el salario mínimo legal por hora, según país.
- Construcción de un hotel de insectos, sin costo si se usan materiales reciclados o adquiridos en la finca.
- Compra de guías de identificación de especies polinizadoras (costo variable), por ejemplo, guía de mariposas de Costa Rica (cerca de $10)
- Colmena Langstroth, con cámara de cría de 10 marcos de abejas. ($100 c/u).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Las fincas que implementen una estrategia de protección de polinizadores, realizan esfuerzos no sólo dirigidos a mantener en equilibrio los ecosistemas cercanos, asegurando una mayor producción de frutos y semillas necesarios para la regeneración de la flora nativa y la alimentación, refugio, anidamiento de la fauna relacionada, sino también ayudan a promover la seguridad alimentaria, nutrición y la mejora de las condiciones de las personas; sin dejar de lado la optimización en los rendimientos y calidad en las cosechas.
Esta iniciativa permite a la persona productora aprovechar los beneficios de la polinización, mediante un enfoque ecosistémico; es decir, buscando lograr un desarrollo integral de todos los componentes relacionados con la producción agrícola: ambiental, económico y humano.

39 Ver ficha # 30 "Mapas de sostenibilidad"
40 Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees. EPA, 2014
41 Protocolo para la toma de muestre de abejas melíferas (Apis mellífera L) u otros materiales de la colmena, con destino a análisis toxicológico y sanitario. ANDI 2019

Casos de éxito

Hacienda Nueva Pubenza es una empresa familiar de banano de 112 hectáreas fundada 1969, ubicada en la zona de Machala en Ecuador, con una productividad cercana a las 4.000 cajas por hectárea. Actualmente cuenta con la certificación Rainforest Alliance y Global Gap.

La finca mantiene un proyecto alternativo de apicultura con fines de conservación de abejas y producción de miel, para lo cual se elaboró un estudio de mercado, costos, capacidad de producción por colmena, marca registrada y posibles sitios de venta. Actualmente se cuenta con 20 colmenas ubicadas cerca de la oficina principal y protegidas por barreras vegetativas distanciadas del cultivo, con disponibilidad de agua segura y seguimiento técnico. Se estiman 4 cosechas al año, con una producción de 15 a 18 litros de miel por colmena, la cual es extraída por sistemas automáticos “Honey Bee Flow”.

Casos de éxito

Bananos Ecológicos de la Línea Noroeste (BANELINO) es una asociación de 227 pequeños productores orgánicos de banano (promedio de 3 hectáreas) ubicados en la Línea Noroeste de la República Dominicana, distribuidos en cinco zonas geográficas: Juliana Jaramillo, Amina, San Isidro, Hatillo Palma y La Caída. Las fincas mantienen distintas certificaciones, como Comercio Justo, Demeter y Global Gap.

BANELINO cuenta con un proyecto de apicultura, que tiene como objetivo diversificar los ingresos de la **persona productora**, mediante la producción de miel y otros subproductos, protegiendo al mismo tiempo las abejas y conservando el hábitat para esta importante especie polinizadora. Actualmente 15 fincas forman parte de esta iniciativa, aprovechando la presencia de plantas melíferas en las zonas aledañas al cultivo de banano como cacao, coco, limón, lipia, naranja, mango, guanábana, cereza, entre otras.

- Miladys Rodríguez (10 colmenas)
- Ramón Tejada (15 colmenas)
- Richard Núñez (12 colmenas)
- Dulce Vásquez (15 colmenas)
- Elías Miguel (3 colmenas)
- Ramón Medrano (13 colmenas)
- Bienvenida Gregoria (8 colmenas)
- Luis Manuel Rodríguez (13 colmenas)
- Indiana Lescaille (10 colmenas)
- Roberto Peña (7 colmenas)
- José Castillo (17 colmenas)
- Maolis Franco (10 colmenas)
- Élido Tobías (8 colmenas)
- Ángel Regalado (13 colmenas)
- Iván Antonio (6 colmenas)

Adicionalmente se tiene un apiario en la fábrica de biofermentos de la asociación.

Las personas productoras mantienen una distancia promedio de 30 metros entre la plantación de banano y las colmenas. La Asociación cuenta con un técnico especialista en producción apícola que brinda capacitaciones, asesoría y manejo especializado de las colmenas cuando es requerido; por su parte las personas productoras realizan chequeos constantes (cada 15 días) para identificar cualquier necesidad que tengan las colmenas, hacer limpiezas, recolección de miel y control de enfermedades o plagas, entre otras actividades. Las fincas de BANELINO no utilizan ningún tipo de agroquímico en su producción, por lo que el riesgo en este sentido es casi nulo; sin embargo y tomando en cuenta que otros productores vecinos si realizan controles químicos de plagas, se han implementado barreras vivas que ofrecen una separación física entre la finca orgánica y las unidades convencionales cercanas.

Manejo especializado de las Colmenas y Flora Apícola

Cultivo de Cacao

Referencias

[1-3-4-5-10-13] Anexo II a la decisión IPBES-4/1. https://ipbes.net/resource-file/7317

[2-19-33] Sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Microsoft Word - Document1 (fao.org)

[6-15-30] Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/estrategiaconservacionpolinizadores_tcm30-512188.pdf

[8] Polinización de las flores de plátano. Polinización de las flores de plátano (banano) - Agro Árbol (agroarbol.com)/ Cultivo de piña: factores que lo afectan y cuidados. Cultivo de piña: Conoce los factores que lo afectan y como cuidarlo (agrotendencia.tv)/ Técnica de inducción floral en el cultivo de la piña. ca3256es.pdf (fao.org)

[9] Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production. https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators/ Sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Microsoft Word - Document1 (fao.org)

[11] Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP). ENCUSP Version Final.pdf (conanp.gob.mx)

[12-27] Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production. https://ipbes.net/assessment-reports/pollinators/

[13-26] Informe sobre una estrategia «De la Granja a la Mesa» para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0271_ES.pdf

[14] Conservación y utilización sostenible de los polinizadores. https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-06-es.pdf

[24] Expert consultation workshop on 'Identifying measures to tackle pressures from invasive alien species (IAS) on wild pollinators in the EU context.. 03b Annex_WS Background Doc_Identifying measures to tackle pressures from IAS.pdf (europa.eu)

[28] Manual de apicultura para ambientes subtropicales. Interior Manual Apicultura (inta.gob.ar)

[29] Proyecto de Factibilidad para la Producción de Miel de Abeja en la Parroquia Bellavista del Cantón Espíndola, y su Comercialización en la Ciudad de Loja. TESIS DIANA TAMAYO.pdf (unl.edu.ec)

[35] The Bees of the World. https://www.academia.edu/42735777/_Charles_D_Michener_The_Bees_of_the_World_BookZZ_org_ / Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances - ScienceDirect

[37] Las razones de por qué Chile debe detener la importación del abejorro comercial Bombus terrestris (Linnaeus) y comenzar a controlarlo. https://www.scielo.cl/pdf/gayana/v82n2/0717-6538-gayana-82-02-00118.pdf

[38] Uptake and Transfer of a Bt Toxin by a Lepidoptera to Its Eggs and Effects on Its Offspring https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3991689/pdf/pone.0095422.pdf

[40] Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees. Microsoft Word - Pollinator Risk Assessment Guidance 06_19_14 (epa.gov)

[41] Protocolo para la toma de muestre de abejas melíferas (Apis mellífera L) u otros materiales de la colmena, con destino a análisis toxicológico y sanitario. FINAL-PROTOCOLO-TOMA-DE-MUESTRAS-Agosto-2019_637598795791292780.pdf (andi.com.co)

Otras consultas:

- European Red List of Bees. https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_bees.pdf
- Impactos, vulnerabilidades y adaptación al cambio climático de la apicultura mediterránea. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informe_apicultura_mediterranea_tcm30-435572.pdf
- Iniciativa de polinizadores de la Unión Europea. https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/policy_en.htm
- Manual de medidas de adaptación de poblaciones de polinizadores frente al cambio climático en jardines y zonas agrícolas. https://www.researchgate.net/publication/355486544_Manual_de_medidas_de_adaptacion_de_poblaciones_de_polinizadores_frente_al_cambio_climatico_en_jardines_y_zonas_agricolas
- Promote Pollinators. https://promotepollinators.org/members/
- Worldwide integrated assessment of the impacts of systemic pesticides on biodiversity and ecosystems. www.tfsp.info/assets/WIA_2015.pdf

Monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema

25

Categoría B

Universidad Earth, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

18 Recuperación de hábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
22 Rutas de conectividad internas y externas
23 Involucramiento en iniciativas de conservación
24 Protección de polinizadores
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.2.1, 6.4.7

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.33 Estándar de

Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.5.1.7

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: AF/7.1.2

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

FICHA 25

Monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema

Descripción de la medida

A nivel mundial la biodiversidad está disminuyendo a causa de factores relacionados con los cambios en el uso del suelo, la introducción de especies invasoras, la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático. Estos factores, naturales o provocados por el ser humano, se conocen como generadores de cambio[1] y tienden a interactuar y potenciarse mutuamente.

Los cambios en el clima *(como el aumento de las temperaturas en determinadas regiones)*, han tenido ya un impacto significativo sobre la biodiversidad y los ecosistemas, afectando la distribución de las especies y el tamaño de sus poblaciones; así como las épocas de reproducción y migración.

Para el 2050 se prevé que estos cambios podrían llevar a la extinción de muchas especies que viven en determinadas zonas geográficas de reducido tamaño, y para finales del siglo es posible que el cambio climático y sus consecuencias se conviertan en el principal generador directo de la pérdida global de biodiversidad[2].

Para abordar esta problemática, es de suma importancia llevar a cabo evaluaciones sistemáticas de la condición de los sistemas naturales. Para ello, se pueden emplear indicadores[3], que permitan dar seguimiento al estado y evolución de la biodiversidad y sus funciones asociadas.

En este sentido, las especies indicadoras son aquellas que por su **condición** *(sensibilidad a perturbación, presencia o ausencia, densidad poblacional, dispersión, taza de mortalidad, taza de reproducción)* pueden ser utilizadas para evaluar el estado de conservación o bienestar de un ecosistema, condiciones ambientales de interés, variaciones en poblaciones (depredador-presa) y cambios en biodiversidad (riqueza de otras especies)[4].

1 Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Resumen Green Facts, 2006
2 Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, 2005.
3 A nivel mundial, el uso de indicadores fue propuesto en la 7ma Reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica
4 Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. Asociación Interciencia, 2011

Las especies indicadoras pueden ser clasificadas en tres grupos[4] según su uso:

- Indicadoras de cambios ambientales o salud ecológica (se relacionan con perturbaciones, cambios en el hábitat y contaminación)
- Indicadoras de cambios poblacionales (permiten el estudio de variaciones en la población de diferentes especies)
- Indicadoras de biodiversidad (con patrones de distribución relacionados con áreas de alta riqueza de especies)

Por otro lado, hay otros tipos de especies denominadas sucedánea o sustitutas *(surrogate species)*[5], que también son utilizadas como indicadores ecológicos cuyo objetivo es mayormente direccionar esfuerzos de conservación a nivel de especie, siendo las más conocidos:

- Especies sombrilla[6]. Son aquellas seleccionadas para conservar un ecosistema o bien otras especies, ya que, por lo general, su protección conlleva de forma indirecta a la conservación de otras especies que comparten su hábitat. Normalmente requieren de grandes extensiones para poder mantener poblaciones mínimas viables, también son especies utilizadas para promover el establecimiento de corredores biológicos. Por ejemplo: Jaguar (*Panthera onca*), Oso Andino (*Tremarctos ornatus*) y el Tapir (*Tapirus bairdii*), entre otros.
- Especies bandera[6]. Son especies carismáticas que sirven como símbolo para atraer el apoyo público, gubernamental o de posibles donantes, para la implementación y desarrollo de programas de conservación, favoreciendo también a otras especies asociadas, caso: Panda Gigante (*Ailuropoda melanoleuca*) Águila Real (*Aquila chrysaetos*) y el Puma (*Puma concolor*), entre otros.
- Especies clave[6]. Son aquellas cuya actividad genera un efecto sobre otras especies de la comunidad que excede considerablemente el esperado según su biomasa o abundancia, Estos organismos que pueden afectar no sólo a otras especies, sino a la estructura y función del sistema natural. Por ejemplo los conejos y las nutrias.

Fuente: WWF Colombia, 2020

Fuente: Naturalia AC, 2018

Estas categorías no son mutuamente excluyentes. Por lo cual en un ecosistema y bajo condiciones específicas, una especie puede ser paraguas e indicadora de bienestar a la vez.

Las especies indicadoras del bienestar del ecosistema son especies estudiadas y con requerimientos de hábitat conocidos. Estas pueden ser de diferentes grupos (felinos, aves, plantas, anfibios, insectos). Son especies que con su presencia o ausencia pueden indicar si el ecosistema se encuentra en un estado de conservación (sin interacciones humanas negativas), o en proceso de recuperación. Por ejemplo: el mono colorado (*Ateles geoffroyi*), se considera una especie indicadora por su marcada preferencia a bosques primarios no alterados, por su amplio ámbito de acción y por su alta sensibilidad a la cacería[7].

De acuerdo con diferentes estudios[8], una especie indicadora de bienestar en ecosistemas debería cumplir con las siguientes **condiciones:**

- Sensibles a los cambios ambientales o perturbaciones humanas (tanto negativa como positivamente).
- Amplia distribución geográfica.
- Su taxonomía *(familia, género y especie)* e historia natural debe ser bien conocidas y estudiada.
- Ser fácil de medir, colectar, estimar o calcular.
- Que permita un método de monitoreo sencillo y no genere grandes costos. En donde la obtención de datos no dependa necesariamente del tamaño de la muestra.

El monitoreo de estas especies indicadoras es una herramienta que permite generar conocimiento y verificar el cambio de alguna situación o condición de interés en el tiempo, lo que ayuda a la toma de decisiones.

Estos procesos deben ser:

- Precisos: Minimizar el error al tomar y analizar los datos.
- Confiables: Los resultados deben ser consistentes y replicables.
- Costo efectivo: El costo de la obtención de los datos no debería ser excesivo y adecuarse a los recursos disponibles
- Posible (viable): Existe un equipo técnico y capaz de usar el método, así como los materiales y recursos financieros.
- Idóneo: El método debe ser adecuado y conveniente para el contexto ambiental, cultural y político del proyecto.

5 On the Use of Surrogate Species in Conservation Biology. Universidad de California, 1999.
6 Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. Asociación Interciencia, 2011
7 Especies indicadoras del estado de conservación de Osa y Golfito. INOGO, 2014.
8 Experiencias para el reconocimiento del bienestar de los ecosistemas, mediante el uso de especies indicadoras en Chiapas. IDESMAC, 2020.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Genera conocimiento del estado de bienestar de los ecosistemas.
- Favorece el desarrollo de estrategias de protección de la biodiversidad, basadas en los resultados de los monitoreos.
- Disminuye los riesgos de extinción de especies gracias a las acciones implementadas
- Permite detectar de forma temprana posibles impactos por actividades humanas, contribuyendo a implementar medidas preventivas y realizar acciones de adaptación al Cambio Climático, ya que el conservar y restaurar los ecosistemas claves, ayuda a proteger la biodiversidad relacionada y al ser humano[9].
- Contribuye con las metas internacionales en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD), Metas Aichi, Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Jaguar “Pantera onca” Universidad Earth

Beneficios para la persona productora:

- Atenúa la pérdida de biodiversidad, lo que favorece los servicios para el control natural de enfermedades y plagas presentes en el cultivo.
- Maximiza los beneficios económicos de sus actividades. Los ecosistemas bien gestionados y los servicios que proveen, es un aspecto cada vez más reconocido en el desarrollo de proyectos; visión que debería ser la ruta para seguir por parte de las personas productoras que deseen implementar esta medida.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de los productos en mercados internacionales.
- Favorece la participación en certificaciones internacionales como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

Metodología de implementación de la medida

El monitoreo de especies indicadoras de bienestar del ecosistema debe constituirse en una actividad sistemática y periódica, basada en un proceso metódico de recolección y análisis de datos que proporcione a la administración de finca información clave que contribuya a la toma de decisiones oportuna, determinando responsabilidades y permitiendo cumplir metas y objetivos de conservación.

Para la implementación de los diferentes pasos de la medida, la persona productora puede buscar apoyo en fuentes confiables y profesionales que faciliten la implementación de un plan de un monitoreo de especies indicadoras, acorde al tipo de ecosistema presente en la finca, su condición y la biodiversidad relacionada, teniendo en cuenta lecciones aprendidas en proyectos similares. Por otro lado, es importante considerar posibles restricciones o requerimientos definidos en la legislación aplicable en cada país, en cuanto a inventarios, colecta de especies y técnicas de captura- recaptura.

En todo caso las prácticas de monitoreo **deben velar por la integridad y protección de las especies objetivo.**

Paso 1. Definición objetivos, preguntas claves, metodología y recursos

Las personas productoras deben definir un plan de monitoreo que incluya objetivos, indicadores, metodología de trabajo y presupuesto. Considerando necesidades de capacitación permanente del personal involucrado, así como las tecnologías y equipos a utilizar.

Según The Nature Conservancy[10] el éxito de las iniciativas de monitoreo de biodiversidad reside en organizar los componentes necesarios para producir los resultados deseados según cada propósito. Considerando:

a. Objetivos y preguntas claves

Es necesario establecer los objetivos antes de iniciar el monitoreo y elaborar preguntas orientadoras (*ver figura 1*) que ayuden a la persona productora a planificar y ejecutar la estrategia.

Ejemplo de objetivos:

Generar conocimiento de las especies indicadoras identificadas en los ecosistemas de la finca

Alertar sobre cambios provocados por actividades agrícola en las poblaciones de especies seleccionadas

Comparar anualmente el número de especies indicadoras identificadas en los ecosistemas de la finca, entre otros.

9 La adaptación basada en ecosistemas (AbE) es definida por la UICN como “*la utilización de la biodiversidad y de los servicios del ecosistema como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Su propósito es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las personas”.* UICN, 2012.

10 Protocolo de monitoreo de Biodiversidad. The Nature Conservancy, 2019.

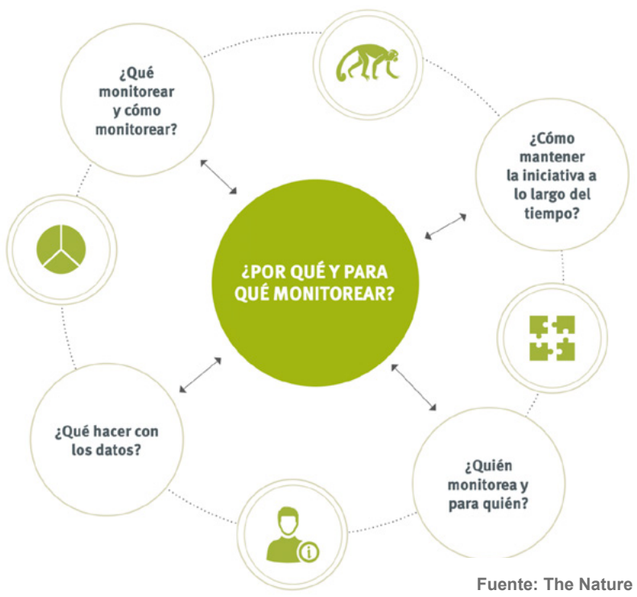
b. Metodología

Se debe adoptar la metodología más apropiada para poder generar la información con el nivel de precisión deseado. La persona productora puede realizar monitoreos participativos con trabajadores en finca, recorridos con expertos, inventarios en transectos (diferentes épocas del año) o bien utilizar herramientas y tecnologías, acorde con el presupuesto con el que se cuente; las cuales se amplían en la sección de protocolo de monitoreo.

c. Indicadores

El monitoreo debe definir indicadores que estén acorde con los objetivos propuestos

• Cuantitativos: Porcentaje de ocupación, abundancia o densidad de alguna especie, área de hábitat ocupado, número de especies de interés o típicas en el hábitat, entre otras.
• Cualitativos: Presencia o ausencia de una especie indicadora.
Otros Indicadores se describen en la sección correspondiente.



Fuente: The Nature Conservancy, 2019

Adicionalmente, también es importante definir los recursos (económico, humano) destinados al proyecto, así como el tiempo en que se desarrollará el inventario, considerado también la información necesaria, disponible y las habilidades técnicas del equipo de monitoreo. En este sentido es importante verificar si ya se cuenta con una **línea base** (listas de especies a nivel local o regional, inventarios de fauna y flora previamente desarrollados en la finca) que permitan realizar comparaciones de datos históricos con los resultados eventuales de los nuevos estudios. Otro recurso que se puede utilizar es la entrevista con trabajadores de la finca y vecinos que puedan brindar orientación de la presencia o ausencia de las especies de interés a ser incluidas en los planes de monitoreo. Es recomendable que los datos de línea base, sean revisados, validados y clasificados por un especialista que pueda ampliar la información y predeterminar las posibles características de las especies descartando o incluyéndolas como especies indicadoras de bienestar del ecosistema y determinado su condición de vulnerabilidad a nivel local e internacional[11].

Paso 2. Selección del sitio y actores

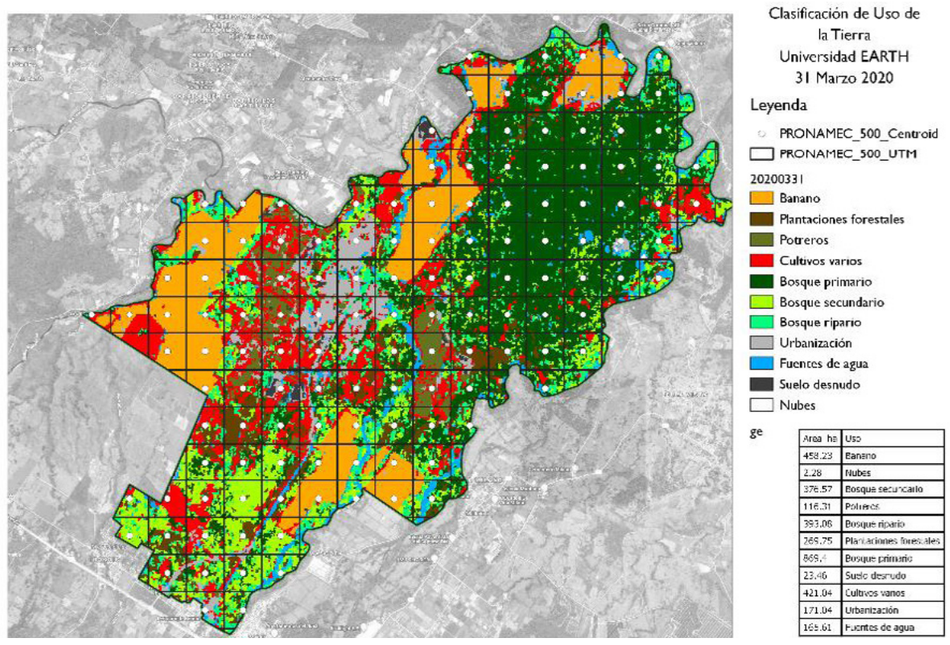
El siguiente paso es la preselección de las áreas de estudio considerando las condiciones necesarias para cumplir el objetivo propuesto y el desarrollo de la metodología, realizando las siguientes actividades:

a. Elaboración de mapas

Identificando de forma gráfica los sitios claves dentro de la finca donde se puedan realizar los monitoreos, por ejemplo: parches boscosos, cauces naturales, reservorios de agua, sitios bajo reforestación o regeneración natural, entre otros. El mapa también puede incluir la georreferenciación de zonas externas como corredores biológicos (en caso de que el alcance del monitoreo se amplie a nivel de paisaje). Este recurso también ayuda a direccionar las actividades de monitoreo a mediano y largo plazo.

b. Definir los actores involucrados

Determinar los actores claves (*personal de apoyo, fincas cercanas, organizaciones, entidades estatales y comunidades cercanas)*, que pueden brindar información y proteger equipos utilizados en el monitoreo. También se deben definir los investigadores que liderarán el proceso y la capacitación del grupo de apoyo que estará a cargo de la recopilación de datos.



Paso 3. Selección del grupo indicador

Los protocolos de monitoreo pueden ser diseñados considerando especies indicadoras, incluidas en diferentes grupos de interés (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y árboles).

Por ejemplo, una persona productora que ha realizado en los último años esfuerzos para restaurar [12] e interconectar fragmentos de bosque[13] a lo largo un río que limita con la finca, decide validar si esos cambios han resultado en un incremento de la biodiversidad y mejora integral del ecosistema; para lo cual desarrolla un programa de monitoreo de mamíferos, con el objetivo de determinar presencia/ausencia y abundancia de especies indicadoras de este grupo. Decide enfocar la estrategia de monitoreo en tres tipos de primates que eran comunes observar décadas atrás en la zona, según estudios y reportes de vecinos. Siendo una de estas especies el mono aullador.

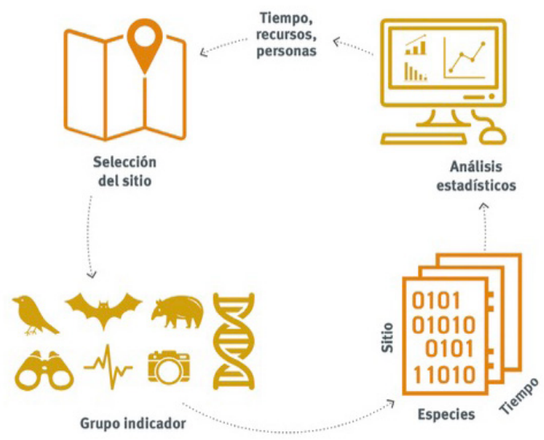


Figura 1. Base para la definición de los objetivos. Fuente: The Nature Conservancy, 2019

11 La Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
12 Ver ficha #18 "Recuperación de hábitats naturales degradados"
13 Ver ficha #22 "Rutas de conectividad internas y externas"

Mono Aullador *(Alouatta palliata)* [14].: Esta especie habita bosques estacionales y no estacionales, manglares y pantanos (Baumgarten y Williamson, 2007). A nivel global, este primate está enlistada como vulnerable, siendo sus principales amenazas la cacería y la pérdida y fragmentación del hábitat. Es considerada una especie indicadora debido a su vulnerabilidad ante disturbios en su hábitat (Clarke et al. 2002).

De esta forma, la presencia recurrente de tropas de monos aulladores en el biocorredor restaurado a lo largo del río, es una buena señal de la recuperación del ecosistema, dado que esta especie requiere de rutas naturales interconectadas con una amplia disponibilidad de alimento (hojas y frutas). Por otro lado, su presencia implica además una importante dispersión de semillas en el medio natural.

a. Elaboración de una lista informativa

Con ayuda de un especialista se puede trabajar una lista que incluya información clave, sobre las especies seleccionadas y su importancia como indicadoras del bienestar del ecosistema. La cual puede cambiar conforme avanza el monitoreo. Se deben considerar especies indicadoras que potencialmente puedan aparecer en el área de estudio, aunque no hayan sido reportadas.

Grupo	Nombre Común	Nombre Científico	Atributo como Indicador
Mamíferos	Armadillo	*Cabassus centralis*	Generalista ecosistemas naturales y perturbados
	Mono Araña	*Ateles geoffroyi*	Especialista ecosistemas naturales no perturbados
	Jaguar	*Panthera onca*	Especialista ecosistemas no perturbados
	Tapir	*Tapirus bairdii*	Especialista ecosistemas no perturbados
	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus*	Generalista de ecosistemas naturales y perturbados
	Cabro de monte	*Mazama americana*	Generalista de ecosistemas naturales y perturbados
	Oso hormiguero gigante	*Myrmecophaya tridactyla*	Especialista ecosistemas no perturbados
	Olingo	*Bassaricyon gabbii*	Generalista de ecosistemas naturales y perturbados
	Cancho de monte	*Tayassu pecari*	Especialista ecosistemas no perturbados
Reptiles	Boa	*Boa constrictor*	Generalista ecosistemas naturales y perturbados
	Matabuey	*Lachesis stenophris*	Especialista de ecosistemas no perturbados y poco perturbados
Anfibios	Rana roja	*Oophaga pumilio*	Especialista de ecosistemas no perturbados y poco perturbados
	Rana verde camuflada	*Dendrobates auratus*	Especialista de ecosistemas no perturbados y poco perturbados
	Rana calzonuda	*Agalychnis callidryas*	Generalista ecosistemas naturales y perturbados

Fuente: Adaptado de MAG, 2012

Lista de especies indicadoras.

b. Categorización complementaria

La lista informativa puede ser complementada con otros datos relevantes que permitan visualizar atributos de interés de las especies seleccionadas, categorizándolas como: raras, endémicas, dispersoras, polinizadoras, en peligro, vulnerables, amenazadas, entre otros.

Esta información también puede ser de gran ayuda al momento de analizar los resultados de los monitoreos y determinar si se tiene un ecosistema sano o contrariamente se está degradando.

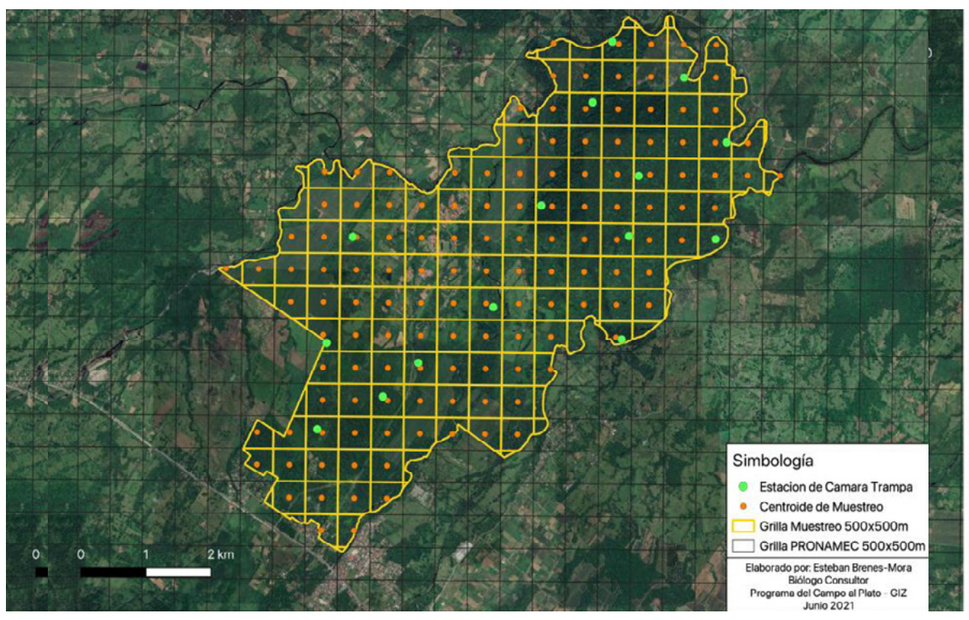
Paso 4. Protocolo del sistema de monitoreo

Una vez que se han definido, los recurso, los sitios de monitoreo, los actores y los grupos de especies indicadoras, el siguiente paso es la selección el protocolo para la toma de datos. La persona productora debe considerar la lista guía e informativa elaborada previamente.

El éxito de un sistema de monitoreo se basa en la sistematización, con el fin de que pueda ser replicado, para lo cual se deben considerar[15]:

a. Ruta de monitoreo

Teniendo en cuenta los sitios de interés identificados en los mapas elaborados según el paso #2, la persona productora en conjunto con el equipo de apoyo y el experto deben delimitar una ruta de monitoreo. Considerando también (en caso de haberlo) sitios que alberguen especies con condiciones especiales de conservación (Se puede emplear como referencia la *metodología de AVCs*)[16].



b. Tiempo y periodicidad

Es necesario estimar el tiempo necesario para realizar los recorridos tomando en cuenta la longitud de cada ruta de monitoreo. Por otro lado es necesario considerar la temporalidad climática (estación seca y lluviosa) y los periodos de mayor actividad para algunos grupos seleccionados, por ejemplo para la observación de aves.

c. Equipo humano

Se debe integrar un equipo de trabajo que estará a cargo de los monitoreos. La cantidad de colaboradores dependerá del área a cubrir y de la disponibilidad del tiempo, pero se recomienda grupos no mayores de 5 personas en un mismo equipo, para evitar perturbaciones y ruido en el área de estudio.

14 Especies indicadoras del estado de conservación de Osa y Golfito. INOGO, 2014.
15 Basado en la metodología del Proyecto "Establecimiento de un Sistema de Monitoreo Comunitario en Áreas Críticas del Parque Internacional La Amistad (PILA). MAG, 2012.
16 Guía genérica para la identificación de Altos Valores de Conservación. Red de Recursos de AVC (HCVRN), 2013.

d. Acompañamiento técnico

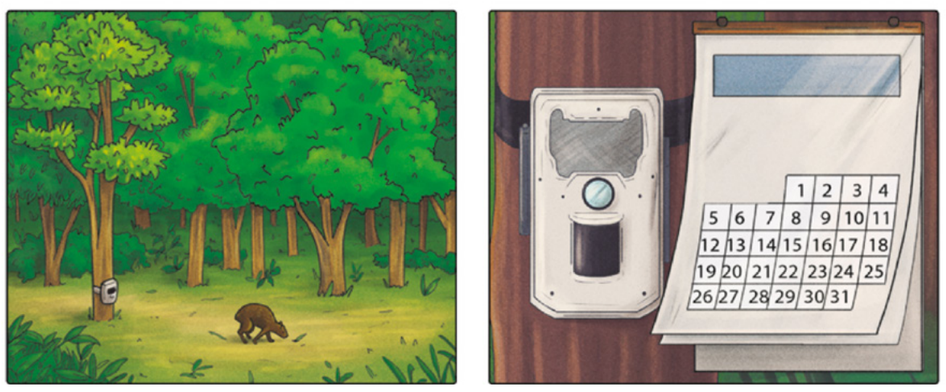
Es recomendable contratar a un especialista que acompañe y brinde soporte a la actividad y capacitación al equipo de apoyo. Se puede gestionar ayuda de profesionales de universidades u organizaciones locales, o bien dar apertura al desarrollo de tesis o investigaciones mediante acuerdos mutuos de cooperación.

e. Instrumentación y equipo para observación y toma de datos

La toma de datos se puede realizar de forma manual o por medio de diferentes herramientas y dispositivos tecnológicos. La elección dependerá de las especies o grupos seleccionados y de los recursos que se disponga para el proyecto. Algunos ejemplos: dispositivos de georreferenciación (GPS) y cámaras trampa[17], binoculares, cintas para marcar, cámaras fotográficas, entre otros.

Monitoreo de mamíferos. Las cámaras trampa son una excelente herramienta de monitoreo y la más recomendada para la detección de fauna.

Previo a su uso es importante probar los dispositivos, para evaluar condiciones como ubicación, duración de las baterías y estimar si el tamaño de las tarjetas de memoria es suficiente considerando el período de muestreo, revisión y descarga de datos.



Fuente: The Nature Conservancy "TNC", 2019

Se debe también definir el tipo y número de cámaras, según el área de estudio. Según el Protocolo de Monitoreo de Biodiversidad de TNC, la distancia mínima entre trampas es de 1 kilometro y el tiempo mínimo de permanencia de 30 a 60 días en el sitio. Por otro lado, se debe poner especial atención a rastros (huellas[18], excretas u osamentas) y observación directa durante el recorrido por las rutas de monitoreo.

Monitoreo de aves. El registro de aves se puede realizar por medio observación (utilizando binoculares, cámara fotográficas, libretas de campo y guías de aves), detección de nidos o mediante la identificación del canto. El monitoreo debe considerar las épocas reproductivas y migratorias, así como la ubicación de estaciones permanentes a lo largo de la ruta de observación. El uso de redes de captura[19] es una posibilidad siempre y cuando la ley lo permita y bajo la supervisión de personal calificado; para la aplicación de esta metodología se sugiere consultar el Manual desarrollado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS)[20].

Monitoreo de reptiles y anfibios: Se debe llevar un registro (fotográfico y escrito) de los individuos observados, así como del entorno donde fueron encontrados (punto georreferenciado) y de su comportamiento (alimentación, descanso, reproducción). Datos que posteriormente facilitaran la caracterización no sólo de la especie indicadora sino también del tipo de hábitat en donde fue encontrada.

Monitoreo de plantas: Para el monitoreo de plantas se recomienda realizar recorridos periódicos e identificar cualitativamente (presencia-ausencia) de especies indicadoras, marcarlas y georreferenciarlas.

Paso 5. Procesamiento y almacenamiento de datos

Una vez finalizada la actividad de monitoreo, es necesario que el personal de apoyo consolide y guarde la información de forma digital para poder sistematizar y analizar los datos obtenidos.

a. Datos en físico

Cuando se utilizan libretas de campo o fichas de información, se debe transcribir los datos a una hoja de Excel para conformar un registro único y digital, el cual puede ser guardado con nomenclatura que incluya nombre del sitio- nombre de la ruta- fecha del monitoreo. (Ejemplo: *Bosque el Calabazo- Ruta Monitoreo el Ceibo- 161022*)

b. Información de d ispositivos GPS

La información geoespacial tomada puede guardarse en formato "gpx", para lo cual se puede utilizar el programa BaseCamp, de GARMIN.

c. Imágenes de Cámaras Trampa

Existen aplicaciones y herramientas que pueden ser utilizadas para extraer, clasificar y compartir los datos y fotografías colectadas a través de las cámaras, entre estas se pueden citar:

- Wild.ID. Es una aplicación gratuita desarrollada por la Red de Evaluación y Monitoreo de Ecología Tropical[21], en donde se puede gestionar una gran cantidad de datos generados por cámaras trampa, mediante un ordenador portátil o de computadora de escritorio, sin necesidad de una conexión a Internet.

- NAIRA III. Es una herramienta desarrollada por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, la cual tiene la capacidad de extraer metadatos, crear bases de datos, ayudar al etiquetado de especies y clasificar automáticamente las especies capturadas en imágenes de cámaras trampa.

- iNaturalist es un proyecto de ciencia ciudadana y red social en línea de naturalistas, científicos ciudadanos, y biólogos basada en el concepto de mapeo e intercambio de observaciones de biodiversidad a través del mundo. Las observaciones realizadas con iNaturalist proporcionan datos abiertos a proyectos de búsqueda científica, agencias de conservación y otras organizaciones. La Red iNaturalist está formada por plataformas locales[22] en diversos idiomas que facilitan el uso de los datos para beneficiar a la biodiversidad local.

17 Una cámara trampa es un dispositivo automático usado para capturar imágenes fotográficas de animales en estado salvaje.
18 Se pueden consultar guías de huellas elaboradas por país: Costa Rica, Ecuador, Colombia.
19 Conocidas también como redes de niebla.
20 Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Servicio Forestal de los Estados Unidos, 1996.
21 TEAM, es una colaboración entre Conservation International, Wildlife Conservation Society y Smithsonian Institute, utiliza métodos estandarizados para recopilar datos sobre la diversidad biológica, el clima y el cambio de la cobertura terrestre. Permitiendo establecer un sistema de alerta para bosques tropicales, con el objetivo de comprender como la vida silvestre está respondiendo a los cambios a escala local, regional y mundial.
22 Colombia, Costa Rica, Ecuador, República Dominicana

Paso 6. Análisis de información de especies indicadoras[23]

A partir de la información recolectada en campo se pueden realizar diferentes tipos de análisis:

a. Conocimiento de la distribución de cada especie indicadora indicadora

Para ello, se utilizarán los puntos de ubicación en coordenadas geográficas (archivos digitales en formato "gpx"), lo cual permitirá determinar la ubicación de las especies indicadoras en mapas y su distribución espacial.

b. Aproximación al tamaño poblacional en el área de estudio

Con los registros de cantidad de individuos observados, se puede realizar una aproximación a la densidad poblacional de cada especie indicadora, aplicando la siguiente fórmula: **D**[24] = **Individuos/Área**. Se pueden realizar comparaciones mensuales o anual de la densidad, información muy útil para la toma de decisiones de protección de la biodiversidad.

c. Conocimiento del estado de los ecosistemas por presencia/ausencia de cada especie

La presencia o ausencia de una especie particular proporciona una idea del estado de los ecosistemas. En este sentido la lista informativa de las especies indicadoras (*elaborada en el paso #3*) es un recurso importante que brinda información de los requerimientos de hábitat. Sin embargo, la afirmación acerca de la salud de los ecosistemas no se obtiene a partir de uno o dos registros; mientras más observaciones se obtengan de las especies indicadoras, las conclusiones respecto al estado del ecosistema serán más acertadas.

Finalmente es importante recopilar (en caso de que sea posible) información complementaria de las especies inventariadas, tales como: comportamiento, sexo y edad. Datos relevantes que permitirán conocer de forma aproximada las tazas reproductivas, dominancia de sexo (machos y hembras), capacidad de dispersión, hábitos alimenticios entre otros.

Paso 7. Capacitación

En importante fortalecer la capacidad técnica del personal que se encargará del monitoreo, por lo que se deben realizar campañas anuales de sensibilización y capacitación enfocadas en el conocimiento de las especies indicadoras y del protocolo que será utilizado.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades de recolección de la información de las cámaras trampa, y el desarrollo de reporte de especies indicadoras de otros grupos (plantas, aves, anfibios, reptiles).
- *Externo:* Profesionales en biología con experiencia en monitoreo de vida silvestre.

Referencia de Costos[25]:

- Plan de Monitoreo (desde $2.000 en adelante dependiendo de las áreas a evaluar).
- Los costos del monitoreo dependerán de las áreas a monitorear, la tecnología que se utilice y el período de tiempo que se realice el monitoreo.
- Costos del equipo como cámaras trampa ($200) y programa de análisis de la información.
- Consultoría Técnica para la implementación del Plan de Monitoreo (225$/día).
- Actividades en finca para la recolección de la información y el análisis de datos. Algunos costos pueden incluirse dentro de los gastos actuales de la finca. (Valor base el salario mínimo legal por hora, según país).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El monitoreo de especies indicadoras es una herramienta que ayuda a la toma de decisiones, genera información importante, basada en datos científicos, lo que contribuye a generar medidas de conservación, que a su vez contribuye con la adaptación y mitigación al Cambio Climático.

Las acciones que realice la persona productora (sin importar el tamaño de su finca) con respecto a esta medida le beneficiarán para poder optar por certificaciones internacionales y contribuir significativamente a lograr las metas país ante el Convenio de Diversidad Biológica; especialmente si la iniciativa involucra otras organizaciones y productores a nivel regional.

Indicadores de desempeño

- Cantidad de especies indicadoras identificadas por grupo taxonómico.
- Cantidad de hectáreas monitoreadas por año.
- Densidad poblacional de cada especie indicadora *(ver fórmula en el paso #6).*
- Número de actividades de conservación implementadas por la finca a partir de los resultados del monitoreo de especies indicadoras.

23 Basado en la metodología del Proyecto "Establecimiento de un Sistema de Monitoreo Comunitario en Áreas Críticas del Parque Internacional La Amistad (PILA). MAG. 2012.
24 D: es la densidad poblacional por unidad de área, ya sea obtenida en hectáreas o metros/ Individuos: comprende el número de especímenes detectados de cada especie indicadora/ Área: es la unidad de área en la cual se encuentra el número de individuos observados
25 Estos costos se realizaron mediante cálculos de estudios similares y pueden variar significativamente dependiendo de factores de área y de nivel del monitoreo biológico.

Casos de éxito

La finca Elba es una unidad de producción de banano de 358 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la Provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Elba cuenta con un reservorio de biodiversidad de 15,98 hectáreas, llamado “Bosque las Tolas”, el cual también tiene importancia como sitio arqueológico. En el año 2020 se implementó una zona de retiro de 10 metros entre el cultivo y el bosque, con el objetivo de proteger el ecosistema y disminuir posibilidad de impacto por deriva química durante aplicaciones y control fitosanitario en el cultivo.

Como parte del proyecto de WWF, la finca formó parte de una iniciativa de Monitoreo de Biodiversidad, que se realizó de diciembre del 2020 a abril del 2021. Actividad que tuvo dos componentes, un evento de monitoreo técnico en donde participó un equipo de biólogos expertos, y un monitoreo participativo teórico-práctico, el cual utilizó la herramienta iNaturalist como plataforma de ciencia ciudadana. Para esto, se capacitaron trabajadores bananeros quienes manejaron la aplicación desde sus celulares.

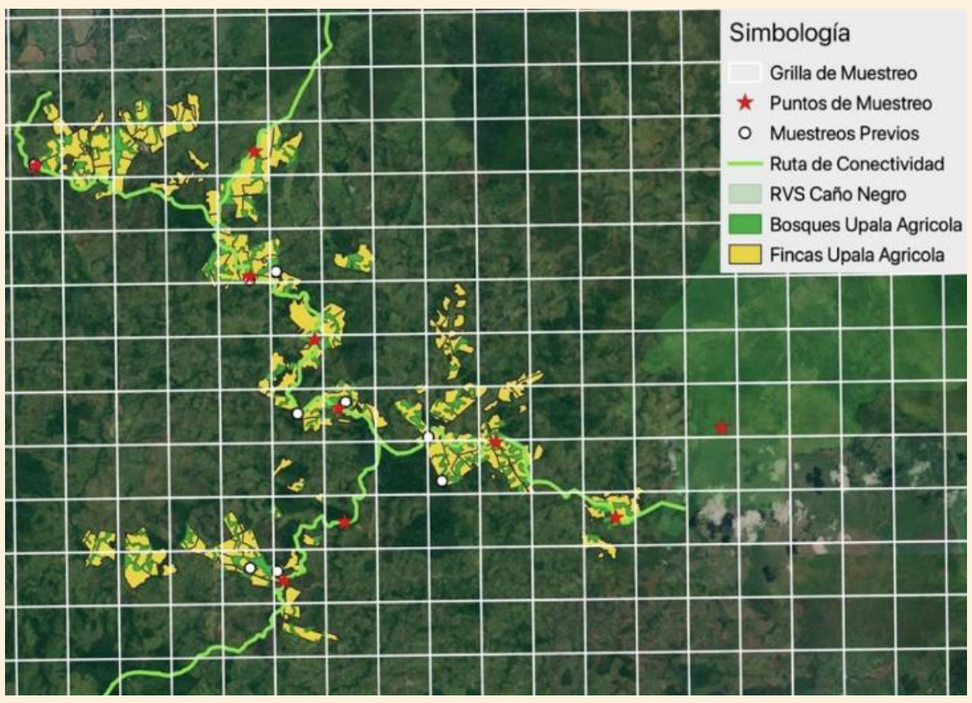
El proyecto aportó algunos materiales como lentes de teleobjetivo para los teléfonos y linternas de cabeza para los monitoreos nocturnos, entre otros para facilitar la recolección de información. Al momento en la aplicación iNaturalist se cuentan con más de 2.000 observaciones, y más de 200 especies identificadas. También, de manera paralela se utilizaron cámaras trampa, las cuales lograron captar especies tales como el tigrillo *“Leopardus tigrinus”*, la nutria *“Lontra longicaudis”*, el hurón sudamericano “Galictis vittata”, el oso hormiguero *“Tamandua mexicana”*, perezoso de dos dedos *“Choloepus hoffmanni”* y la guanta *” Cuniculus paca”*.

Fotografías WWF Ecuador 2020

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

La finca cuenta con más de 1.000 hectáreas en áreas boscosas, lo cual representa 40% en relación con el área productiva. La mayoría de estos ecosistemas son parte de una iniciativa de rutas de conectividad que nace en el 2017, y que forman parte del Corredor Biológico Ruta Los Malecu (CBRM). Recuperando y protegiendo de esta forma áreas sensibles que han beneficiado la biodiversidad local y la conservación del recurso hídrico.



En el 2022 y como parte de los Proyectos del Campo al Plato CAP[26], se desarrolló un inventario poblacional de especies de mamíferos (incluyendo murciélagos) y aves presentes en la ruta de conectividad del corredor, a lo interno de las zonas de protección de la empresa Upala Agrícola.

Se utilizaron diferentes metodologías, incluyendo la colocación de cámaras trampa (ubicadas en 9 estaciones de muestreo), redes de nieblas, monitoreo acústicos e identificación de puntos de conteo (5) especialmente para aves.

El estudio permitió la identificación de 15 especies de mamíferos, entre ellos 3 primates y 2 felinos y 19 de murciélagos *(controladores de plagas, dispersores de semillas y polinizadores)* y 110 de aves[27]. A partir de los resultados, se elaboró un reporte con recomendaciones para la implementación de un protocolo de monitoreo de mamíferos; así como la identificación de recursos para el desarrollo de monitoreos participativos de la mano con comunidades vecinas y necesidades de fortalecimiento de puntos de conectividad dentro del CBRM.

26 Fotografías Cámaras Trampa. GIZ, 2022.
27 Se uso de la aplicación iNaturalist para él monitoreo activo in-situ de biodiversidad e introducción a eBird para el monitoreo de avifauna

Referencias

[1] Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Resumen Green Facts https://www.greenfacts.org/es/biodiversidad/index.htm#4

[2] Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. 3337 CBD Synthesis.indd (millenniumassessment.org)

[4-6] Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. https://www.redalyc.org/pdf/339/33917727005.pdf

[5] On the Use of Surrogate Species in Conservation Biology. https://www.fs.usda.gov/emc/nfma/includes/2007_rule/1999_08_Caro%20and%20Doherty%201999.pdf

[7-14] Especies indicadoras del estado de conservación de Osa y Golfito. https://inogo.stanford.edu/sites/default/files/Especies%20Indicadoras%20Final%20INOGO%202014.pdf

[8] Experiencias para el reconocimiento del bienestar de los ecosistemas, mediante el uso de especies indicadoras en Chiapas. Vista de Experiencias para el reconocimiento del bienestar de los ecosistemas, mediante el uso de especies indicadoras en Chiapas | Diversidad (idesmac.org)

[9] Adaptación basada en ecosistemas: una respuesta al cambio climático. https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2012-004.pdf

[10] Protocolo de monitoreo de Biodiversidad. https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/AFC_Protocolo_biodiversidad_pagina_Baja.pdf

[11] La Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). IUCN Red List of Threatened Species

[15-23] Proyecto "Establecimiento de un Sistema de Monitoreo Comunitario en Áreas Críticas del Parque Internacional La Amistad (PILA). MAG, 2012. I (mag.go.cr)

[16]Guía genérica para la identificación de Altos Valores de Conservación. guia_generica_identificacion_altes_valores_conservacion_hcv.pdf (panda.org)

[20] Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. https://www.fs.usda.gov/psw/publications/documents/psw_gtr159/psw_gtr159.pdf

[26] Informe Monitoreo Ecológico y Evaluación de la Funcionalidad de las rutas de conectividad definidas en Upala Agrícola como parte del Corredor Ruta de los Maleku, 2022. *(No está en linea).*

Otras consultas:

- Detección de Altos Valores de Conservación (AVC). https://www.proforest.net/fileadmin/uploads/proforest/Documents/Publications/guia-generica-para-la-identificacion-de-altos-valores-de-conservacion.pdf
- El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1
- Lista de especies de mamíferos del Ecuador. https://www.mamiferosdelecuador.com/images/pdf/Lista12011.pdf
- Primer Proyecto del Marco Mundial de la Diversidad Biológica Posterior a 2020. Consultado en línea en enero del 2022: https://www.cbd.int/doc/c/0671/4456/ff4979877c8a9a910912689e/wg2020-03-03-es.pdf
- The distributions of howling monkeys (Alouatta pigra and A. palliata) in southeastern Mexico and Central America. Primates 48: 310–5. https://www.semanticscholar.org/paper/Distribution-of-the-Black-Howler-Monkey-(Alouatta-Baumgarten-Williamson/3aa6167fd3585669d3ec7fd4203c4845c8ed7725
- Clarke M.R., Collins D.A. & Zucker E.L. (2002) Responses to deforestation in a Group of mantled howlers (Alouatta palliata) in Costa Rica. https://www.researchgate.net/publication/226238847_Responses_to_Deforestation_in_a_Group_of_Mantled_Howlers_Alouatta_palliata_in_Costa_Rica/link/53f1fee70cf2bc0c40e6f6ee/download

Colaboración de Experto:
Bióloga. M.Sc. Katia Barrantes Salas
Email: katya@kwconsultores.com

Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad

26

Categoría B

Quinta Pasadena, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

2 Abonos orgánicos líquidos y sólidos
12 Estimación de huella de carbono
13 Uso de datos meteorológicos
27 Reservorios de agua
29 Sensibilización en temas medioambientales
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.5.3, 6.5.4

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.27

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.3.2.2

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: CB 5.1.1 , 5.2.3. 5.4.1

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad

FICHA 26

Descripción de la medida

El agua es indispensable para la agricultura ya que el desarrollo de los cultivos está directamente condicionado a la disponibilidad de este recurso. El crecimiento de las plantas, la productividad y la calidad de las cosechas están determinadas, en gran medida, por la presencia o ausencia de agua particularmente en los momentos claves del ciclo del cultivo: germinación, floración, llenado o fructificación[1]. Este es un tema de especial relevancia teniendo en cuenta los posibles escenarios ante el cambio climático en las diferentes regiones productivas.

Según el Informe "Perspectiva Global de la Tierra", de las Naciones Unidas (ONU) elaborado en el 2017[2], la agricultura se ha constituido en una de las actividades humanas responsables de la escasez del agua a nivel global; en donde prácticas como la irrigación[3] representan el 70% de las extracciones de agua dulce.

Datos de la FAO[4], indican que en la actualidad la agricultura de regadío representa el 20% de la tierra cultivada y aporta el 40% de la producción total de alimentos en el mundo; por otro lado, se calcula que las tierras de regadío en los países en desarrollo se incrementarán en un 34% para 2030, sin embargo, se espera que la cantidad de agua utilizada por la agricultura en estas regiones aumente únicamente en un 14% gracias a la mejora de la gestión y las prácticas de riego sostenible que están siendo implementadas.

Para los cultivos, el estrés hídrico es uno de los parámetros de mayor importancia al momento de suplir agua a las plantas, de ahí que las consecuencias sobre los procesos vitales de su desarrollo casi siempre son nocivas y se vuelven definitivas cuando se presenta la marchitez visible, la cual se traduce en consecuencias graves como la suspensión de la tasa de emisión foliar, reducción en el crecimiento de la planta, cambios temporales en el metabolismo y efectos irreversibles en la producción, que dan como resultado una fruta de baja calidad[5].

Fuente: BID 2022

1 Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
2 Perspectiva global de la tierra. Naciones Unidas Convención de Lucha contra la Desertificación, 2017.
3 El 40% del agua destinada para riego se pierde antes que llegue a las raíces del cultivo por la mala selección del sistema, un diseño deficiente o problemas de infiltración, entre otros. PREDES, 2000.
4 Estadísticas de Riego: Base de datos AQUASTAT de la FAO
5 Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo(kc). Universidad Nacional de Colombia, 2010.

Razón por la cual en algunas zonas agrícolas es necesaria la irrigación para suplir las necesidades del cultivo e incrementar los índices de producción aplicando de manera eficiente la lámina de agua, de manera que se optimice el volumen utilizado y se incremente la rentabilidad de la operación.
En este sentido, la cuantificación de una lámina de agua apropiada para el cultivo, debe incluir factores climáticos y de suelos para valorar los aportes hídricos requeridos por la planta. Determinando un coeficiente de cultivo para las condiciones específicas de cada región/país, teniendo en cuenta la diversidad climática dependiendo de la zona donde se establece la plantación[6]. El uso de técnicas de medición de la humedad en el suelo es una de las variables claves que pueden ayudar a la persona productora a tomar decisiones acertadas del momento adecuado para la irrigación; temática que será tratada en las siguientes secciones.

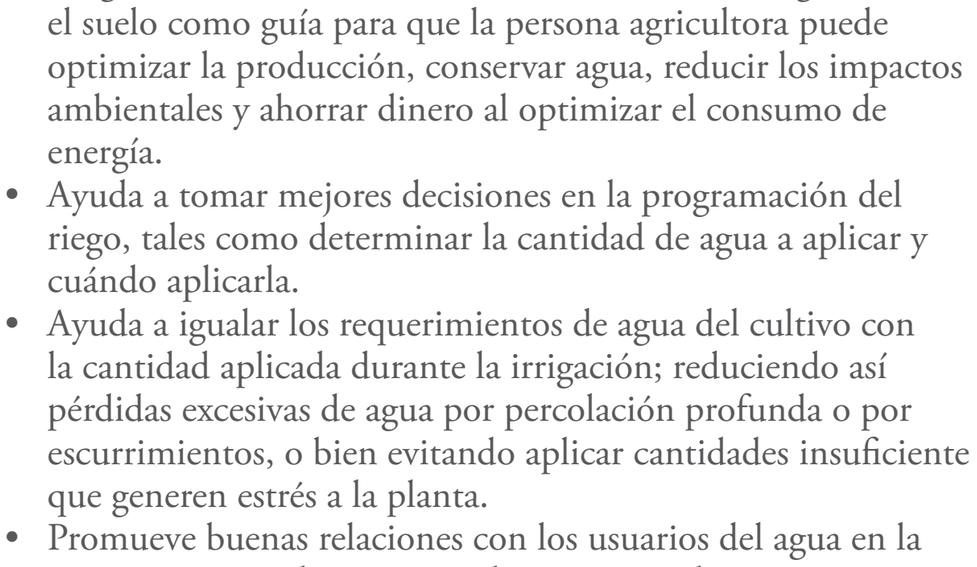
Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Impulsa estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.
- Evita un exceso de irrigación que incremente el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero. Aumentando también el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular, produciendo erosión y transporte de suelo; así como arrastre de partículas químicas a los canales de drenaje y contaminación de fuentes naturales.

Beneficios para la persona productora[7]

- Asegura un correcto monitoreo del contenido de agua en el suelo como guía para que la persona agricultora puede optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero al optimizar el consumo de energía.
- Ayuda a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla.
- Ayuda a igualar los requerimientos de agua del cultivo con la cantidad aplicada durante la irrigación; reduciendo así pérdidas excesivas de agua por percolación profunda o por escurrimientos, o bien evitando aplicar cantidades insuficiente que generen estrés a la planta.
- Promueve buenas relaciones con los usuarios del agua en la cuenca, a través de estrategia de uso racional y conservación.
- Brinda a la persona productora una mejor valoración de su imagen, facilitando la comercialización de sus productos y fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo.



Tensiómetro Agrícola. Fuente: Portal Frutícola 2016

Metodología de implementación de la medida

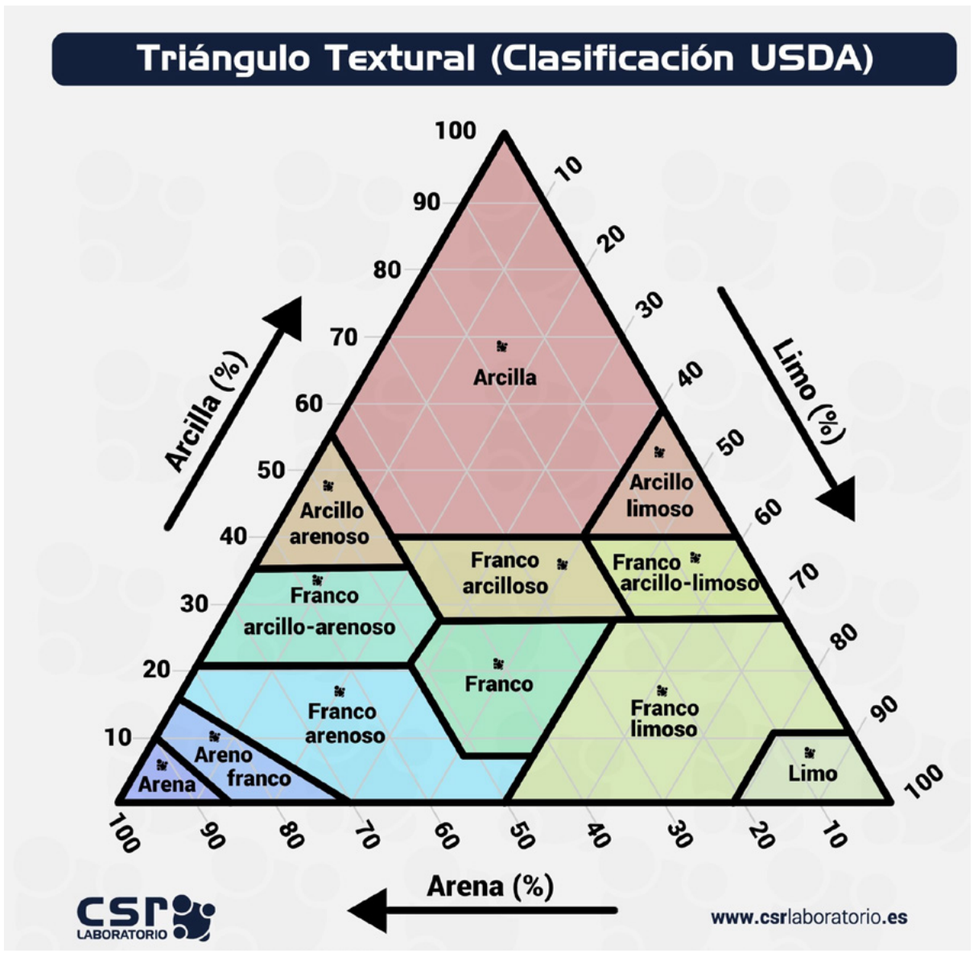
El manejo apropiado de los sistemas de riego requiere de la evaluación de las necesidades de irrigación según la medición de diferentes parámetros físicos del suelo. Pudiendo utilizarse tanto equipos tecnificados como métodos empíricos, los cuales tienen beneficios y limitaciones, según las condiciones y particularidades de cada finca. En esta ficha, se busca brindar una guía para la programación del riego, con la ayuda de sistemas de medición de la humedad del suelo y así poder determinar la cantidad de agua a aplicar y cuando aplicarla; para lo cual se deben considerar los siguientes pasos.

Paso 1. Estudio de suelos

Se requiere una valoración de la textura[8] y estructura[9] del suelo, ya que, según las propiedades presentes de cada módulo o bloque de riego, se pueden afectar las condiciones relacionadas con la capacidad de drenaje, capacidad de retención de agua, aireación del suelo, contención de materia orgánica, susceptibilidad a la erosión y compactación, entre otras.

La textura determina la velocidad a la que el agua se drena a través de un suelo saturado. Una vez que se alcanza la capacidad del campo, la textura del suelo también influye en la cantidad de agua disponible para la planta. La selección del sistema de medición de humedad en suelo a utilizar (ver paso #4) y lámina de riego son propiedades hídricas relevantes (ampliadas en el paso #3) para el desarrollo del cultivo y que son útiles al momento de tomar decisiones relacionadas con la irrigación. Un ejemplo, son los suelos de textura arenosos, los cuales no retienen suficiente cantidad de agua disponible para la planta, éstos en general drenan más rápidamente y necesitan ser regados con más frecuencia que los suelos arcillosos[10].

Por otro lado, las condiciones del suelo (por ejemplo, capas compactadas, nivel freático superficial, suelo seco) pueden limitar la profundidad de la raíz de la planta. La persona productora puede utilizar o bien diseñar mapas para reflejar la condición del suelo en su finca por módulo de riego; estudios que deben ser apoyados por profesionales en el área de suelos.



6 Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo(kc). Universidad Nacional de Colombia, 2010.
7 Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. Texas A&M, 2007.
8 La textura del suelo es una propiedad que influye en la velocidad de infiltración del agua en el mismo (permeabilidad). Se tienen 4 grupos texturales de suelos: arenosos, limosos, francos y arcillosos. CSR laboratorio, 2023.
9 La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. FAO, 2016.
10 Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. Texas A&M, 2007.

Paso 2: Valoración del sistema de riego

Si la finca ya tiene un sistema de riego, es indispensable considerar las siguientes variables:

- Cantidad de agua concesionada y caudal de las fuentes de extracción del agua (pozos, cauces naturales, reservorios, otros)
- Número y distribución de los bloques de riego
- Método de funcionamiento del sistema (automatizado, manual)
- Potencia de los motores, verificando si se está suministrando la energía necesaria al sistema de bombeo.
- Capacidad y eficiencia del bombeo, valorando si está o no subdimensionado.
- Número, tipo y caudal de los aspersores. Es ideal uniformizar[11] el tipo de aspersores a utilizar, así como su distanciamiento; disminuyendo problemas por perdidas de presión, sobreuso de agua y presencia de triángulos secos.
- Programa de mantenimiento y capacidad del personal a cargo.
- Presencia de daños y fugas, entro otras variables.

Un diagnóstico del sistema de riego permite implementar cambios que ayudan a optimizar la actividad, haciendo un uso racional del recurso agua, disminuyendo gastos en combustibles o electricidad y asegurando que los datos obtenidos mediante los dispositivos o metodologías de medición de humedad de suelo puedan ser utilizados con mayor confianza en la programación del riego.

Fuente: VYRSA 2023

Paso 3: Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

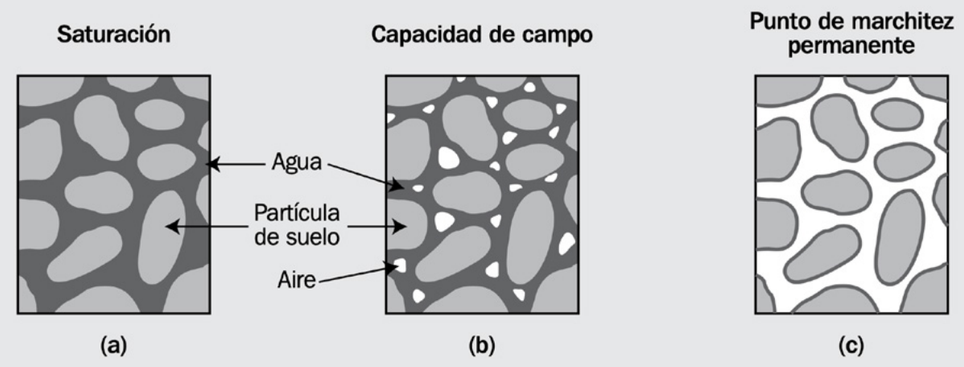
Durante las diferentes etapas de crecimiento la planta utiliza el agua del suelo alrededor de su zona de raíces. A medida que esto ocurre, en zonas o épocas del año en donde la precipitación no compensa esta necesidad, la humedad en el suelo baja hasta un nivel en el cual es necesario utilizar sistemas de irrigación, caso contrario el cultivo comenzará a estresarse por falta de agua. Si no se aplica agua la planta continuará haciendo uso de la poca humedad que queda hasta que finalmente utilizará toda el agua disponible en el suelo y morirá[12].

Para entender esta dinámica y facilitar un manejo eficiente del riego, primeramente, la persona productora debe conocer y valorar algunos parámetros que describen la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Los cuales se detallan a continuación:

a. Saturación

La saturación se presenta cuando prácticamente todos los espacios o poros del suelo están llenos de agua, lo cual no es una condición ideal para las plantas, debido a que las raíces requieren aire. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena a través de los poros grandes por influencia de la gravedad y es reemplazada por aire.

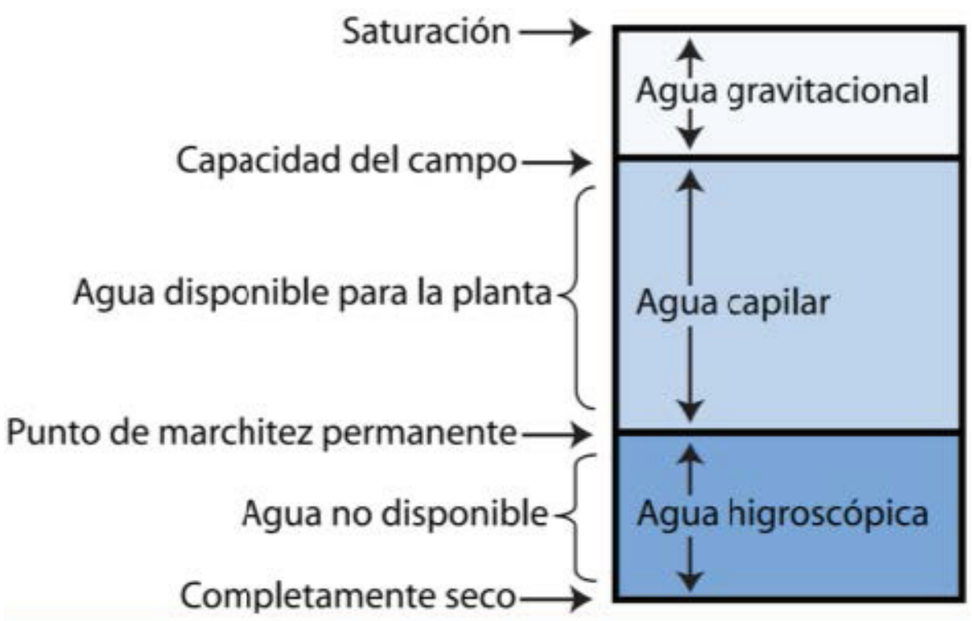
Estados de la humedad del suelo



Fuente: Brouwer et al. (1985).

b. Capacidad de campo.

Refiere al contenido de humedad del suelo después de que toda el agua gravitacional se ha drenado cuando el perfil del suelo alcanza la capacidad de campo (CC), se dice que está al 100% de su contenido de humedad disponible para las plantas, lo cual ocurre cuando la tensión[13] del agua en el suelo es de aproximadamente 0.3 bares en suelos arcillosos o de 0.1 bares en suelos de textura media. En este punto el agua no es retenida fuertemente por las partículas del suelo y es fácil para las plantas extraerla. A medida que las plantas agotan el agua, la tensión en el suelo aumenta. Sin embargo, para ciertos suelos, mantener el suelo en capacidad de campo puede resultar en deficiencia de oxígeno al sistema radicular o en el desarrollo de enfermedades del tallo y las raíces[21], razón por la cual es importante que la persona productora se apoye en personal técnico al momento de analizar esta variable. Importante indicar que el suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos[14]



Fuente: Texas A&M, 2007

11 El coeficiente de uniformidad sirve para determinar a través de valores establecidos el flujo de efectividad de riego en un cultivo. Para ello se han establecido parámetros que te indicarán el estado, y cuando los resultados arrojan un coeficiente de uniformidad que supere los 90%, indica que es excelente. RKD Pivot, 2021.
12 Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo? Universidad de Arizona, 2017.
13 La tensión es una medida que determina la fuerza con la que las partículas del suelo retienen a las moléculas de agua: a mayor retención de humedad, más alta es la tensión. Universidad de Arizona, 2017.
14 Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. FAO, 2005.

c. Punto de marchitez permanente

Es el contenido de agua en el suelo al cual las plantas no se pueden recuperar y se marchitan aun cuando se les adiciona suficiente humedad. Una vez que el suelo se seca y la humedad alcanza el punto de marchitez permanente (PMP), las plantas ya no pueden seguir extrayendo agua del suelo; si bien por debajo del PMP todavía hay un poco de humedad, esta agua[15] está retenida tan fuertemente por las partículas del suelo que las raíces de la planta no pueden extraerla. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito, al contacto con la mano el suelo se siente casi seco o muy ligeramente húmedo. La persona productora debe tener en cuenta que dependiendo del tipo de planta y de suelo[16] el punto de marchitez permanente ocurre a diferentes niveles de humedad[17], razón de la importancia del paso 1, en donde es necesario conocer las características de los diferentes tipos de suelos por módulo de riego.

Textura del suelo	Capacidad de campo (1/3 bars)	Punto de marchitamiento permanente (15 bars)	Agua disponible para la planta
Arena	1.2 (10)*	0.5 (4)	0.7 (6)
Arena margosa	1.9 (16)	0.8 (7)	1.1 (9)
Marga arenosa	2.5 (21)	1.1 (9)	1.4 (12)
Marga	3.2 (27)	1.4 (12)	1.8 (15)
Marga limosa	3.6 (30)	1.8 (15)	1.8 (15)
Marga arcillo-arenosa	4.3 (36)	2.4 (20)	1.9 (16)
Arcilla arenosa	3.8 (32)	2.2 (18)	1.7 (14)
Marga arcillosa	3.5 (29)	2.2 (18)	1.3 (11)
Marga arcillo-limosa	3.4 (28)	1.8 (15)	1.6 (13)
Arcilla limosa	4.8 (40)	2.4 (20)	2.4 (20)
Arcilla	4.8 (40)	2.6 (22)	2.2 (18)

*Los números en () representan el contenido volumétrico de humedad en %. Fuente: Hanson 2000

d. Agua disponible para la planta

Para la programación del riego la persona agricultora, debe considerar la cantidad de agua disponible para la planta (ADP), la cual es básicamente el contenido de agua retenida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. Parámetro que depende de factores tales como la textura del suelo, densidad aparente[18] y estructura.

Ejemplo[19]: Cálculo de Agua total Disponible (ATD)	
Capacidad de campo: 20% Punto marchitez: 13% Profundidad del sistema radicular: 20cm	% de agua disponible= 20-13= 7% ATD = 0.07 x 1000 mm / m x 0.2m = 14 mm (140 m3/ha)[20]

e. Déficit permitido en el manejo del riego (DPM)

Es el contenido de agua en el suelo al cual no se debe permitir bajar o llegar al punto de marchitez permanente para evitar el estrés de la planta por falta de agua y, por lo tanto, evitar la reducción en la producción. La diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y el DPM debe ser la lámina de riego por aplicar. El déficit permitido (DPM) dependerá de la especie de planta y variará según la temporada de cultivo. Generalmente, el déficit permitido se expresa en porcentajes y puede oscilar entre 25% (cultivos sensibles a sequía) a 50% (aplicable a la mayoría de cultivo)[21].

f. La profundidad de la raíz.

Esta condición determina la cantidad de agua que la planta puede disponer del suelo. El cultivo de piña por ejemplo posee un sistema radicular superficial, su extensión varía con el suelo y el estado nutricional de la planta. Las raíces no se extienden mucho lateralmente, en profundidad llegan de 15 a los 30 cm y excepcionalmente pueden alcanzar a los 50 – 60 cm[22]. En banano, las raíces tienen un diámetro que oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad[23]. Las condiciones del suelo (capas compactadas, nivel freático superficial, suelo seco) pueden limitar la profundidad de la raíz.

Para poder determinar un punto apropiado de riego, a partir del análisis de las diferentes variables descritas. La persona productora debe apoyarse en profesionales del tema y monitorear la cantidad de agua disponible durante toda la temporada de irrigación.

Paso 4: Selección de métodos para determinar la humedad del suelo

Una vez determinados los parámetros previamente descritos, el siguiente paso es la selección de los métodos de medición del agua en suelo, en este sentido hay métodos directos e indirectos, los cuales pueden ser utilizados por la persona productora según las condiciones de los suelos presentes en la finca y los recursos económicos disponibles. En cualquier caso, el entrenamiento y ajuste de los diferentes dispositivos es fundamental para poder obtener datos correctos que ayuden a tomar decisiones en cuanto al riego.

a. Método gravimétrico

El método gravimétrico es el único método directo de medición de la humedad del suelo. Dicho método consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. La muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105ºC. Se han construido numerosos tipos de equipo de muestreo, así como hornos de secado y balanzas especiales para ser utilizados con este método. Este método es el estándar contra el cual se calibran los métodos indirectos (aparatos e instrumentos). Sin embargo, no puede usarse para obtener un registro continuo de la humedad del suelo de un lugar determinado, porque es necesario extraer muestras del suelo para su análisis en el laboratorio[24].

Variables a considerar:

- La técnica y el equipo utilizados para la recolección de muestras deben evitar que éstas pierdan o ganen humedad, sufran alteración o contaminación alguna durante las operaciones de muestreo o de transporte.
- Las muestras no deben perder agua entre el tiempo de la toma y el pesaje para así poder obtener datos de campo correctos.
- En suelos con presencia de grava, el tamaño de la muestra que se debe tomar para la determinación gravimétrica de la humedad debe ser mucho mayor que en el caso de suelos en donde esta condición esté ausente.

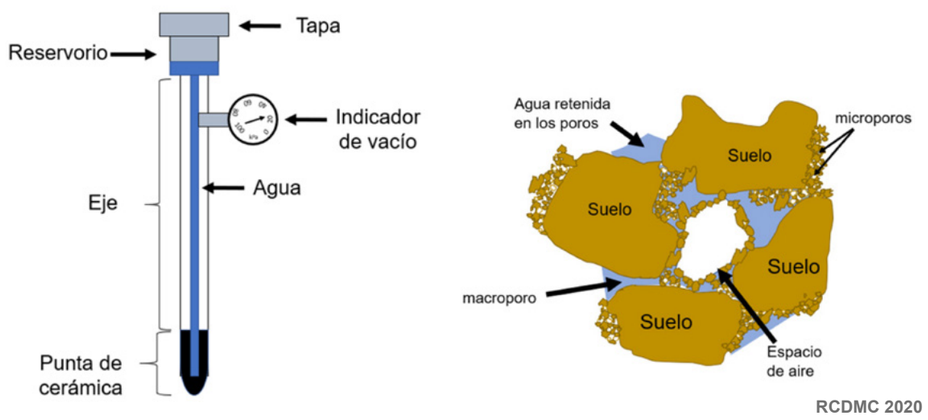
15 El agua higroscópica es cuando el agua está retenida fuertemente por las partículas del suelo (por debajo del punto de marchitez permanente) y no puede ser extraída por las raíces de la planta. Texas A&M, 2007.
16 Los niveles de humedad correspondiente a la CC y el PMP dependerán de la textura del suelo, pues dependen de la porosidad. FAO 2007
17 En la mayoría de los cultivos agronómicos, el PMP se presenta cuando la tensión en el suelo es de 15 bares. Universidad de Arizona, 2017.
18 La densidad aparente es una medida de la porosidad de un suelo. Se determina dividiendo el peso de suelo seco entre el volumen total, de modo que un mayor valor de densidad aparente significará menor porosidad. Es importante porque determina la compactación y la facilidad de circulación de agua y aire. FAO 2007
19 El agua del suelo. Cropaia, 2023.
20 Cada milímetro equivale a un litro por metro cuadrado o 10 metros cúbico por hectárea. Zamorano 2013.
21 Uso de Sensores de Humedad para Definir Riego. Intagri, 2014.
22 Cultivo de piña (Ananas comosus). Ministerio de Agricultura y Riego 2019
23 El cultivo del plátano (banano). Infoagro, 2020.
24 Medición de la humedad del suelo. Ideam, 2002.

Fuente: Portal Frutícola, 2020

Respecto a los métodos indirectos se describen a continuación las principales opciones que puede valorar la persona productora:

b. Tensiómetros[25]

Este instrumento mide la tensión con la que el agua se encuentra adherida al suelo y consiste en un tubo de plástico lleno de agua y herméticamente cerrado, equipado con un manómetro de vacío en la parte superior y una capsula de cerámica porosa en el extremo inferior. A medida que el tensiómetro pierde agua, se genera un vacío en el tubo y éste es registrado por el manómetro[26]. De esta manera los valores de tensión son bajos cuando el suelo está húmedo y aumentan a medida que se seca. Es importante que la persona productora considere que la humedad del suelo puede variar dentro de un mismo bloque de riego, no sólo por factores climáticos, sino también por diferencias en la tasa de aplicación del sistema de riego, presencia de fugas y variación en las propiedades del suelo en todo el paisaje (Variables comentadas en el paso #2)



RCDMC 2020

Variables a considerar:

- Son instrumentos de medición prácticos para suelos arenosos y con cultivos susceptibles a las sequías. Es muy utilizado para programar el riego en los sistemas por aspersión, microirrigación y goteo, los cuales permiten aplicar láminas pequeñas y muy precisas.
- 24 horas previas a la instalación se debe colocar la cápsula porosa en un recipiente con agua destilada[27].
- Una buena práctica es instalar los tensiómetros en la fila de plantas donde se concentran las raíces y absorben la mayor cantidad de agua.
- Durante su instalación, se debe asegurar que la capsula de cerámica esté a la profundidad de las raíces. Para cultivos de raíces superficiales estos deben ubicarse a una profundidad de 6 y 12 pulgadas, mientras que para cultivos con raíces profundas se instalan uno a 12 y otro a 24 o 36 pulgadas[28].
- Una vez introducido el tensiómetro se debe rellenar con tierra los alrededores del tubo y compactarla para evitar que agua o aire ocupen espacios vacíos que distorsionen la lectura.
- Se recomienda la instalación de dos tensiómetros en cada sitio, a diferentes profundidades. El más superficial de los tensiómetros es el que indica el agua disponible para el cultivo, mientras el más profundo orienta sobre las pérdidas y la evolución de la humedad a lo largo del perfil del suelo. La distancia recomendable entre ambos debe ser de 10cm[29].
- En campos con riego por goteo, el tensiómetro debe colocarse ligeramente dentro de la hilera de plantas más cerca de la zona de humectación, pero no inmediatamente debajo de la cinta de goteo. En campos con riego por aspersión, se ubican dentro del patrón mojado[30].
- Idealmente el tensiómetro no debe sacarse del suelo durante la temporada de riego, sin embargo, es conveniente cambiarlos de lugar, al menos cada 2 años[29].
- Los tensiómetros son sensibles a las variaciones de la temperatura que producen expansiones o contracciones termales en las diferentes partes del sistema, lo que influencia las lecturas de la presión. Por lo cual es recomendable protegerlos de la radiación solar para minimizar este efecto.
- La medida del tensiómetro es en centibares (cb), y su interpretación dependerá de las condiciones propias de la finca y de la retención de agua, una relación general es la siguiente[27]:
  - 0-10 cb: suelo saturado
  - 10-20 cb: con capacidad de campo, humedad a disposición de la planta con esfuerzo mínimo
  - 30-60 cb: humedad intermedia, rango de inicio de riego de acuerdo con la textura predominante del suelo
  - 70 cb o superiores: la planta está padeciendo estrés y se acerca al punto de marchitamiento.

c. Bloques de yeso y sensores Watermark[31]

Son piezas de diversos materiales, fundamentalmente yeso, que tienen dos electrodos que permiten la circulación de una corriente eléctrica: entre más húmedo el suelo, mayor circulación se tendrá. Es decir, se basa en la medición de la resistencia eléctrica. El sensor Watermark funciona similar al sensor de bloques de yeso, sin embargo, es más duradero en el suelo y puede responder mejor a los cambios de humedad de este.

Green Forest, 2023

25 Mayor detalle acerca de estos dispositivos en: RCDMC
26 La mayoría de los tensiómetros tienen un manómetro graduado de 0 a 100 (centibars, cb, o kilopascales, kPa). Una lectura de 0 indica un suelo saturado. Conforme el suelo se seca, la lectura en el medidor aumenta. Texas A&M, 2007.
27 Cómo utilizar e interpretar un tensiómetro. Portalfruticola, 2016.
28 Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. Texas A&M, 2007.
29 Riego y drenaje. Zamorano 2013.
30 Cómo Usar un Tensiómetro. RCDM, 2020.
31 Mayor detalle acerca de estos dispositivos en: Oregon State University

Variables a considerar:

- Los sensores Watermark deben calibrase según el tipo de suelo (texturas finas y gruesas), la persona productora debe considerar que estos medidores pueden verse afectados ligeramente por condiciones de temperatura y salinidad.
- Se deben instalar varias estaciones de sensores, especialmente si el módulo de riego presenta varios tipos de suelos. La instalación debe hacerse considerando la profundidad efectiva de la raíz del cultivo, con el fin de medir el movimiento y la extracción de la humedad.
- Los sensores deben instalarse mojados para mejorar su respuesta durante el primer riego.
- Para asegurar el correcto funcionamiento del sensor es imprescindible que quede perfectamente ajustado al orificio que se abrió para su instalación.
- Si se utilizan bloques de yeso para medir la humedad estos se entierran a una profundidad deseada, con las terminales eléctricas extendiéndose hasta la superficie del suelo. Se debe considerar que los bloques son sensibles a la salinidad y tienen una corta vida útil ya que se disuelven en 1 o 3 años[32].

d. Sondas TDR (Reflectometría de Dominio Temporal[33]) y sondas de capacitancia (FDR)

Estos tipos de sensores se basan en el efecto que el contenido de humedad tiene en las propiedades del suelo, desde el punto de vista de su capacidad para trasmitir distintos tipos de radiaciones electromagnéticas. El TDR envía una onda electromagnética a través de una guía (generalmente un par de puntas paralelas de metal) colocada en el suelo a la profundidad deseada, facilitando la medición del tiempo que le toma a la onda viajar por la guía hacia el suelo y regresar, que será mayor o menor dependiendo de la humedad del mismo. Entre más mojado esté el suelo, más tiempo dura ese proceso.

En el caso de los sistemas FDR utilizan un oscilador de corriente alterna para formar un circuito eléctrico en conjunto con el suelo. Una de las principales ventajas del uso de estos sensores es que se puede automatizar la toma de datos y que tienen una alta precisión.

Soilmoisture, 2018

Variables a considerar:

- Para llevar a cabo una medición precisa de la humedad del suelo utilizando TDR, en áreas bajo sistemas de riego por aspersión, caso del cultivo de banano, una recomendación técnica es realizar lecturas en el punto de traslape de los tres aspersores cercanos (en triangulo). Aplicando esta metodología en tres diferentes puntos, especialmente cuando hay variabilidad de suelos[34].
- Se debe considerar que suelos salinos o con hierro pueden provocar variaciones en las lecturas. La velocidad de las ondas electromagnéticas depende de la cantidad de algunos componentes del suelo como minerales, aire y agua[35].
- Por otro lado, si la persona productora ha realizado distribución de áreas (trincheo), y se realizan mediciones de humedad en esto sectores, debe tener en cuenta también que el pulso electromagnético puede alterarse por las burbujas de aire que se forman entre los tubos de acceso y el suelo.
- Algunas investigaciones indican que esta metodología no es muy funcional en suelos de textura fina[36].
- La calibración y recomendaciones de uso deben ser brindadas por un profesional.

e. Método empírico[37]

Una metodología tradicionalmente utilizada es el método del tacto, en donde básicamente se aprieta la tierra entre el pulgar y el dedo índice, o bien se exprime en la palma de la mano, obteniendo así una estimación bastante aproximada de la humedad en el suelo.

Suelos arcillosos, Franco Arcillosos, Franco Arcilloso Limoso

Considerando los siguientes pasos:

• Se puede tomar una porción de suelo de la superficie y también a 30 cm de profundidad para conocer la humedad en estos dos puntos.
• Si al apretar la tierra con la mano la porción de suelo se desmorona o deshace significa que le falta humedad al suelo, si se escurre agua por la mano quiere decir contrariamente que tiene exceso de humedad.
• El punto óptimo, cercano a la capacidad de campo (CC), es cuando al apretar no escurre agua y cuando se abre la mano la porción de suelo se mantiene compacta o unida, es decir no se desmorona, en este punto el suelo no necesita más agua.

Para este método, es importante que la persona productora se familiarice con la textura del suelo, lo cual facilitará la estimación del contenido de humedad en el mismo. Sin embargo, debe considerar que esto toma tiempo y requiere de mucha experiencia, pero es una buena opción si no es posible acceder a los métodos directos e indirectos antes descritos.

Ante estas opciones, es importante que la persona productora seleccione el método que brinde mayor precisión según el tipo de suelo presente en la finca, considerando también la capacidad de inversión y las necesidades de entrenamiento para el uso de uno u otro dispositivo. Por otro lado, es recomendable siempre utilizar datos meteorológicos como complemento para tomar decisiones de irrigación[38], considerando que la cantidad de agua consumida por un cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento varía en función tanto de factores ambientales como edáficos, por esta razón y para ser más preciso en la cantidad de agua a emplear, es necesario realizar cálculos de evapotranspiración considerando el coeficiente del cultivo (Kc) [39], y correlacionarlos con los datos aportados por los sensores de humedad utilizados.

32 Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. Portalfrutícola, 2017
33 Mayor detalle acerca de estos dispositivos en: LapacaCR
34 Práctica con éxito observada en campo en finca de banano.
35 Memorias del simposio internacional de banano. EARTH, 1997
36 Evaluación del contenido de humedad del suelo por gravimetría y reflectometría. Revista Científica Ecuatoriana, 2016.
37 Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo? Universidad de Arizona, 2017.
38 Ver ficha #13 "Uso de datos meteorológicos"
39 El Kc para piña puede ir de 0.3 a 0.5 en cultivo sin cobertera y de 0.5 en cultivos con cobertera. En banano de 0.5 a 1.10 en el primer año y de 1 a 1.20 en el segundo año. FAO, 2006.

Paso 5. Calibración

Como se mencionó anteriormente, la forma más exacta de calibrar los equipos es realizando pruebas gravimétricas. También se deben contemplar e implementar las especificaciones del fabricante, esto permitirá adaptar el sistema a las condiciones de la unidad productiva y asegurar que se está regando la cantidad de agua correcta. Igualmente se debe considerar que, por ejemplo, si un lote se renueva en su totalidad, mientras el cultivo está en sus primeros estadios, es importante recalibrar el sistema, para asegurar que las mediciones son correctas.

La calibración y la experiencia que se tenga del sitio predeterminado optimizan la utilización de este método en la programación de la irrigación.

Paso 6. Registro

La persona productora debe mantener un registro diario de las lecturas de los sistemas de medición, esto permitirá mostrar la base de decisión que se tiene para definir la cantidad de agua a regar (lámina de agua a ser aplicada) para cada módulo. Adicionalmente un análisis trimestral de esa información servirá como ayuda para la mejora del sistema y la toma decisiones.

Paso 7. Capacitación y entrenamiento

Finalmente es indispensable que el personal que toma diariamente las lecturas de humedad del suelo cuente con la capacitación y entrenamiento necesario para realizar la actividad. Igualmente, es importante que el trabajador conozca la funcionalidad del sistema y pueda reportar posibles averías.

Indicadores de desempeño

- # de días de riego al año en donde se considera las lecturas del sistema de medición de humedad como base para la decisión.
- # de bloques de riego monitoreados con dispositivos de medición de humedad en el suelo.
- Ahorro anual en combustible y electricidad por optimización del sistema de riego.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal de finca asignado para la toma de lecturas de la humedad en el suelo.

- *Externo:* Profesionales en sistemas de riego y suelos.

Referencia de Costos[40]:

- Tensiómetros: El costo varía entre $30 por un tensiómetro pequeño con medidores de aguja, hasta $2.000 por los medidores electrónicos con capacidad de toma de lecturas en múltiples sitios.
- TDR: El costo de estas sondas varía entre $5.000 y $10.000.
- Bloques de yeso ($5 cada uno)[41].
- Un medidor de humedad y temperatura Watermark con monitor y 8 sensores tiene un costo de aproximadamente $1.700.
- Capacitación por parte de un profesional en sistemas de medición de humedad en el suelo ($250 en adelante).

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

Existen varios métodos para monitorear la humedad del suelo y programar el riego; mientras cada uno presenta sus ventajas y desventajas, su correcta instalación y calibración puede convertirlos en herramientas muy eficaces para manejar el riego en fincas agrícolas. El monitorear la humedad del suelo involucra tener conocimientos básicos sobre el uso de agua del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, la profundidad y las características de la zona radicular y permite hacer un mejor manejo del riego. La optimización del riego implica aplicar el riego oportunamente y en cantidades adecuadas – pero no excesivas – para conservar agua y aumentar la rentabilidad. Una persona productora que implementa la medida puede optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero al optimizar el consumo de energía.

40 Diferentes páginas web de venta de dispositivos.
41 Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. Portalfrutícola, 2017

Casos de éxito

Quinta Pasadena S.A. es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la Provincia de Monte Cristi en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales. La finca cuenta con un área de conservación de 38,85 hectáreas y esta certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

La finca posee suelos mayormente franco- arcilloso y se ubica en una región de bajas precipitaciones, razón por la cual requiere de irrigación durante la mayor parte del año. Bajo este escenario y para poder mantener un volumen constante de agua, Quinta Pasadena implementó un sistema de reservorios, en donde se almacena temporalmente agua proveniente del Río Yaque del Norte, recurso concesionado que alimenta un sistema de riego por goteo (en tres líneas de mangueras, ubicadas dos en los laterales y una en el centro de las hileras de siembra), el cual es accionado por medio de energía solar (proveniente de 2.791 paneles), disminuyendo así el consumo de combustibles fósiles y por ende las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para hacer uso racional el agua, la administración realiza mediciones diarias de humedad en el suelo por medio de tensiómetros manuales, los cuales ayudan a determinar las necesidades de riego en el cultivo, evitando aplicaciones innecesarias. El tensiómetro mide un rango, desde el uno al tres para indicar suelo seco, del cuatro al siete, suelo húmedo y del ocho al diez para indicar suelo mojado. Las lecturas se anotan en el registro RE-QP-74.

Como complemento al uso de los tensiómetros, se toman en cuenta otros factores, para la decisión de riego, tales como: evapotranspiración, estructura de suelos, perdidas de agua por lixiviación, correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema de riego.

La finca aprovecha la ventaja del sistema de riego para aplicar fertilización liquida. El reporte de consumo anual (2022) de agua para actividades de riego fue de 2.831.296,8 m3 (17,542 m3/ha/año).

Referencias

[1] Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/guia_5_uso_del_agua.pdf

[2] Perspectiva global de la tierra. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res_Spanish.pdf

[3] Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. https://predes.org.pe/wp-content/uploads/2016/12/cartilla_riegoteo.pdf

[5-6] Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo(kc). Productividad del Agua en el Cultivo del Banano (unal.edu.co)

[7-10-15-26-28] Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. e-618s-irrigation-monitoring-with-soil-water-sensors-spanish-version.pdf (riograndewater.org)

[8] La textura en los suelos agrícolas. La Textura en los Suelos Agrícolas - CSR Laboratorio

[9] Estructura del suelo. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm

[11] Coeficiente de uniformidad ¿qué es y para qué se utiliza?. Coeficiente de Uniformidad ¿Qué es y Para que se Utiliza?|RKD Pivot

[12-13-17-37] Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego ¿Cuándo?. az1220s-2017_0.pdf (arizona.edu)

[14] Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s.pdf

[16-18] Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. untitled (fao.org)

[19] El agua del suelo. El agua del suelo | Cropaia

[20-29] Riego y drenaje. content (zamorano.edu)

[21] Uso de Sensores de Humedad para Definir Riego. https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/uso-de-sensores-de-humedad-para-definir-riego

[22] Cultivo de piña (Ananas comosus). ficha tecnica piña.pdf (agrorural.gob.pe)

[23] El cultivo del plátano (banano). Infoagro, 2020. El cultivo del plátano (banano) (infoagro.com)

[24] Medición de la humedad del suelo. Microsoft Word - Cap15.doc (ideam.gov.co)

[27] Cómo utilizar e interpretar un tensiómetro. Cómo utilizar e interpretar un tensiómetro - PortalFruticola.com

[30] Cómo Usar un Tensiómetro. How-to-Use-Tensiometer-Spanish-Reader-final.pdf (rcdmonterey.org)

[32-41] Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo. Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo - PortalFruticola.com

[35] Memorias del simposio internacional de banano. Microsoft Word - E-DD0012.doc (earth.ac.cr)

[36] Evaluación del contenido de humedad del suelo por gravimetría y reflectometría. ResearchGate

[38] Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. 01-Contents (fao.org)

Reservorios de agua

27

Categoría B

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica Media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

9 Control de deriva
12 Estimación de huella de carbono
13 Uso de datos meteorológicos
17 Vivero con especies locales adaptadas
26 Optimización del sistema de riego (SHM)
30 Mapas de sostenibilidad

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3 **Requisitos:** 6.5.1, 6.5.4, 6.5.6, 6.5.7

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. **Requisito:** 3.2.25, 3.2.37

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2. **Indicador:** 4.3.2.3, 4.3.2.5

Aseguramiento Integrado Finca- Global GAP V5.4-1. **Puntos de Control:** AF 7.4.1, CB 5.4.1, 5.5.1,

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Reservorios de agua

FICHA 27

Descripción de la medida

Según la Asociación Mundial para el Agua "GWP", en el planeta un 97% del agua está en mares y océanos; solamente un 3% es considerada agua dulce, de la cual el 69% está congelada en casquetes polares y glaciares y otro 30% bajo tierra. Así, que finalmente sólo el 1% de agua dulce está disponible en la superficie.

Estas reservas naturales de agua, también son importantes en términos de conservación de la biodiversidad, ya que preservan alrededor del 12% de las especies conocidas, incluyendo un tercio de todas las especies de vertebrados[1]. Estudios indican que una de cada tres especies de peces de agua dulce[2] y el 30% de los anfibios[3] están bajo amenaza de extinción.

Para la agricultura este recurso es indispensable, ya que el desarrollo de los cultivos está directamente condicionado a la disponibilidad de agua. El crecimiento de las plantas, la productividad y la calidad de las cosechas están determinadas, en gran medida, por la presencia o ausencia de agua, particularmente en los momentos claves del ciclo del cultivo: germinación, floración, llenado o fructificación[4]. Tema de especial relevancia teniendo en cuenta los posibles escenarios ante el cambio climático en las diferentes regiones productivas.

Según el Informe "Perspectiva Global de la Tierra", de las Naciones Unidas (ONU) elaborado en el 2017[5], la agricultura se ha constituido en una de las actividades humanas responsables de la escasez del agua a nivel global; en donde prácticas como la irrigación[6] representan el 70% de las extracciones de agua dulce.

Por otro lado, los problemas de disponibilidad y escasez del agua, debido a efectos de contaminación, uso irracional y ausencia de políticas estatales que regulen y velen por una adecuada distribución y conservación de este recurso, incrementan esta problemática. Sin dejar de lado los cambios en los patrones del clima, que han dado como resultado una reducción anual de los niveles de precipitación, en muchas zonas, incluyendo áreas agrícolas.

Fuente: iagua 2021

Fuente: Ranapedia

1 Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. The Global Water System Project, 2014
2 Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. Global Ecology and Biogeography, 2014
3 Threatened Amphibians of the World. UICN and Conservation International, 2008
4 Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
5 Perspectiva global de la tierra. Naciones Unidas Convención de Lucha contra la Desertificación, 2017.
6 El 40% del agua destinada para riego se pierde antes que llegue a las raíces del cultivo por la mala selección del sistema, un diseño deficiente o problemas de infiltración, entre otros. PREDES, 2000.

Reservorio de agua para irrigación
Foto: Finca Neerlandia. Tecbaco, 2022

En las próximas décadas, esta problemática podría extenderse y agudizarse, alcanzando regiones que históricamente no han sido afectadas por sequías; razón por la cual es de suma importancia generar y fortalecer políticas de conservación, relacionadas con el recurso hídrico en cada país, promoviendo a su vez acciones dirigidas hacia un uso racional y sostenible del agua, especialmente en regiones donde las lluvias no son suficientes para cubrir las necesidades básicas y productivas de una manera continua.

En áreas agrícolas, el desarrollo de proyectos de optimización del uso del agua, puede orientarse en la integración de cinco diferentes estrategias:

a) Construcción de reservorios para almacenamiento de agua
b) Recuperación de la escorrentía superficial[7],
c) Optimización de los sistemas de riego (*tema abordado en la ficha #26*)
d) Desarrollo de sistemas de rehúso y recirculación de agua de proceso.
e) Interacción y trabajo conjunto entre diversos actores ubicados en la misma cuenca hidrográfica, en donde el objetivo común sea la gestión sostenible del recurso.

La presente medida, amplia los pasos para la implementación de reservorios de agua en áreas productivas, como parte de una estrategia de adaptación al cambio climático, en zonas agrícola con déficit de hídrico.

Promoviendo la cosecha de agua de lluvia en sitios en donde sea una alternativa viable, así como el rehúso de agua de procesamiento cuando la legislación nacional y las normativas internacionales lo permitan.

Finalmente es necesario valorar, que si bien los reservorios son sistemas de almacenamiento de agua en la mayoría de los casos artificiales, con objetivos definidos; la persona productora debe considerar que pueden llegar albergar una importante diversidad de fauna, inclusive especies endémicas o en peligro de extinción, por lo cual su manejo debe ser responsable y planificado. Por otro lado debe cumplir con requisitos de ley como concesiones o permisos de captación, manejo de caudales y prácticas de no contaminación, teniendo en cuenta que la optimización del recurso va más allá de los límites de la finca, dado que la acción responsable y las actividades de conservación afectaran positivamente a nivel de paisaje, permitiendo a los usuarios de la cuenca contar con agua suficiente y de calidad todo el año.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático

- Impulsar estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.
- Promover la protección de especies que utilicen los reservorios como refugio, sitio de desove, alimentación y anidamiento
- Incentivar la implementación de prácticas que disminuyan el riesgo de contaminación de recurso hídrico, favoreciendo la biodiversidad que ocupa estos espacios.

Beneficios para la persona productora

- Reducir los riesgos de pérdidas en los cultivos por sequías o por la inestabilidad de la temporada lluviosa
- Incrementar la productividad de los cultivos, asegurando el agua para irrigación durante el año
- Aumentar la eficiencia del agua de lluvia, aprovechando una parte considerable de la escorrentía para labores agrícolas.
- Prevenir la degradación del suelo ocasionada por la erosión hídrica, en eventos fuertes de lluvia al captar la escorrentía superficial, disminuyendo también los riesgos de inundación.
- Promover buenas relaciones con los usuarios del agua en la cuenca, a través de estrategia de uso racional y conservación.
- Obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora, facilitando la comercialización de sus productos y fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo.

7 Escorrentía superficial o directa: es la precipitación que sobre la superficie del terreno discurre por la acción de la gravedad sin infiltrarse en el suelo. lagua, 2022.

Metodología de implementación de la medida

La implementación de reservorios agua[8] a nivel de finca es una práctica orientada a promover estrategias de adaptación al cambio climático, en zonas agrícolas en donde hay un déficit de hídrico, debido al descenso de precipitaciones anuales y aumento de las sequías.

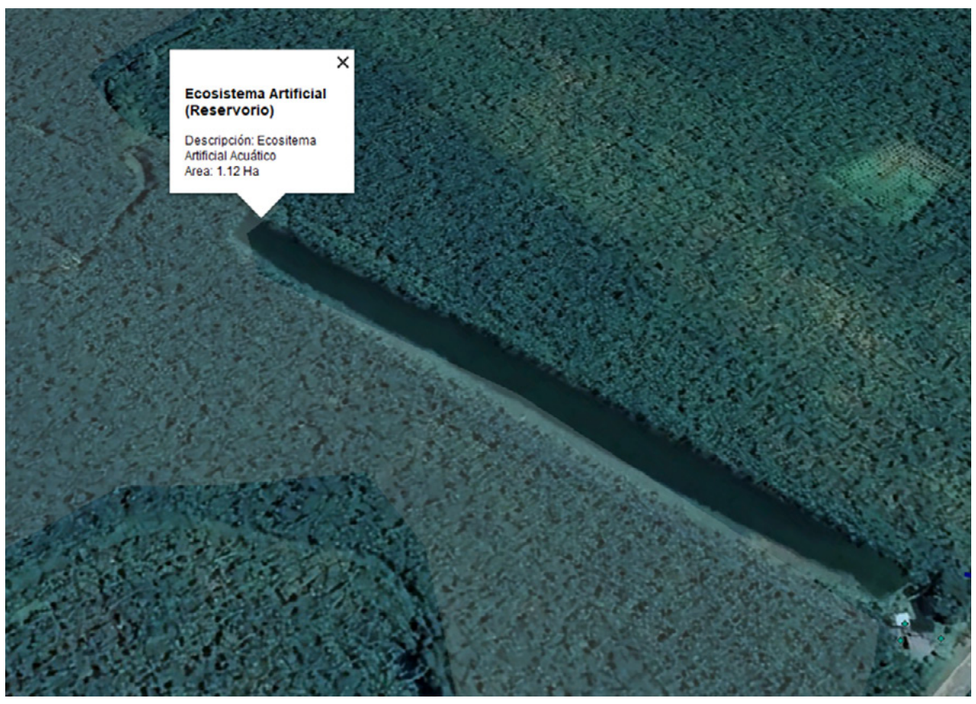
Esta iniciativa pretende que las fincas se comprometan a realizar unas actividades de captación, almacenamiento y aprovechamiento del recurso hídrico de una forma responsable y apegada a la legislación nacional[9] e internacional aplicable.

De esta forma, la estrategia a ser implementada dependerá de los objetivos de uso del agua, de la presencia o ausencia de fuentes de abasto cercanas, las necesidades del cultivo, así como de la capacidad de inversión, área disponible y la implementación de diversos requerimientos técnicos que serán ampliados en las siguientes secciones del documento.

No se recomienda el uso de los reservorios para suministro de agua de consumo humano, dado los riesgos de contaminación directa o indirecta de agroquímicos utilizados en las áreas de producción de piña y banano.[10]

Al inicio del proyecto, es importante que la persona productora realice una valoración de la condición y disponibilidad hídrica en la región donde su ubica la finca, mediante imágenes satelitales, mapas y recorridos de campo, analizando también datos históricos de variables meteorológicas (*precipitación, temperatura, evaporación, radiación solar, otras*) así como la frecuencia de eventos climáticos extremos como sequías. Información importante que permitirá proyectar a futuro las necesidades reales del recurso y ayudará a realizar una mejor planificación para la implementación del reservorio de agua y así lograr los resultados esperados.

A continuación, se desarrollan los pasos para el establecimiento de un reservorio de agua.



Reservorio de agua. Fuente de Captación AsoSevilla
Imagen Satelital: Finca Teresa. Tecbaco, 2022

Paso 1. Determinación de objetivos e identificación de fuentes de captación.

Al planificar el proyecto, es importarte tener en cuenta los objetivos de uso del agua y las posibles fuentes de abasto, lo cual ayudará no sólo a determinar la cantidad el volumen de agua requerida, sino también la ubicación, tamaño y diseño del reservorio, disminuyendo así impactos ambientales y optimizando la inversión económica, el tiempo y el recurso humano requerido.

Objetivo de uso del agua	
Irrigación	✓
Procesamiento	
Control de incendios	✓
Fuentes de abasto	
Cauces naturales cercanos (ríos, esteros, quebradas, otros)	✓
Red de canales de Distritos, Juntas o Asociaciones de Riego	
Cosecha de agua lluvia (aprovechamiento de la escorrentía superficial)	
Reuso de agua de procesamiento	✓

Así por ejemplo, si la finca requiere de una actividad de riego constante en los meses de verano, en donde la precipitación es aislada o nula, y la necesidad de suministrar agua al cultivo es una prioridad debido a la evapotranspiración , aunado a que el agua también sería un recurso valioso para el combate de incendios que suelen presentarse en los periodos de mayor radiación solar; la persona productora decide construir un reservorio, el cual tendría dos fuentes de captación: el rio cercano (para el cual ya se cuenta con un caudal concesionado) y las aguas residuales de lavado de fruta[12], mediante la instalación de tuberías de conducción que llevaría el agua hasta el reservorio por gravedad, evitando incurrir en costos de bombeo y consumo de combustible fósil.

En este escenario la finca tendría la posibilidad de utilizar como principal fuente de abasto de agua un ecosistema cercano; sin embargo, esta condición no siempre es posible, debido a que hay zonas en donde las fuentes naturales llegan a secarse por completo o la unidad de producción esta distante de este recurso; en estos casos la recuperación de la escorrentía superficial de la lluvia (mayormente aplicable a pequeños productores) o la integración o incorporación a Asociaciones de Riego pueden ser una alternativa.

Paso 2: Disponibilidad y requerimiento de agua para el proyecto.

Una vez se han identificado las fuentes de captación de agua, es importante realizar un análisis y estimación de los volúmenes de agua disponibles, con los cuales se podría cubrir las necesidades

8 Los reservorios de agua constituyen en espacios físicos para el almacenamiento agua.
9 Se debe consultar la legislación de cada país, en cuanto estudios de impacto, movimientos de suelo, captación de agua, concesiones, otros.
10 "Se considera que la escorrentía superficial que se capta en reservorios o lagunetas construidos por y para la agricultura de pequeña escala, no es la más apropiada para consumo humano. La razón de ello es que tanto el tratamiento de esa agua, como los cuidados diarios para mantenerla limpia, resultan muy complejas y demasiado costosas". MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
11 La evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos separados pero que ocurren simultaneársete, mediante los cuales se pierde el agua que se evapora de la superficie del suelo y el agua que transpira el cultivo. FAO, 2013

de la finca. Dato relevante que serviría como base para planificar el diseño del proyecto, incluyendo el tipo, tamaño y forma del reservorio, su ubicación entre otros.

Para poder determinar la cantidad de agua necesaria acorde a los objetivos planteados, la persona productora debe contar con la ayuda de personal técnico calificado, siendo algunas variables a tomar en cuenta las siguientes:

DISPONIBILIDAD DEL RECURSO
En CORPAMAG se tiene registro de 14 usuarios actualmente legalizados con el uso del agua del río Frío, los cuales suman 4574.64 lps. Entonces:

Caudal medio que ofrece la cuenca	6560	lps
Caudal ecológico (25 % de la oferta)	1640	lps
Caudal concesionado (14 usuarios)	4574.64	lps
Caudal remanente disponible	**345.36**	**lps**

DEMANDA DE AGUA - CÁLCULO
La demanda de caudal se hace en base al número de hectáreas sembradas, al tipo de cultivo y a los módulos de riego manejados por la Corporación para los diferentes cultivos, correspondiendo al cultivo de banano 0.81 lps/ha para riego por aspersión, entonces: 190 has x 0.81 lps = 153.9 lps

Caudal Concesionado **153.9 lps**

a. Disponibilidad de agua.

- Cuando la fuente de captación es un cauce natural, la disponibilidad del agua usualmente estaría determinada por la autoridad competente, según los volúmenes concesionados. Los cuales pueden variar por turnos de riego, o bien en diferentes épocas del año acordes a los caudales presentes en la cuenca.

  En el ejemplo se muestra el monto otorgado para la actividad de riego en una finca de banano: 153.9lps (4853390.4 m3/año)[13], basado en un factor de 0.81lps/ha, según la realidad y disponibilidad hídrica de la región, asegurando de esta forma la protección del caudal ecológico de la fuente principal.

- Cuando el agua a utilizar proviene de la escorrentía superficial de la lluvia, es necesario calcular el coeficiente de escorrentía (Ce), que refiere al agua de la lluvia que no llega a infiltrarse ni se almacena en el suelo debido a factores como la pendiente topográfica, el tipo de suelo y grado de cubierta vegetal del terreno.

  Para este ejercicio, si bien se pueden utilizar valores de referencia[14], lo más recomendable es medir la escorrentía superficial en el área del proyecto con apoyo técnico; de esta forma se puede obtener información más real, considerando las particularidades del sitio, según los factores descritos.

  A modo de ejemplo y para entender el concepto[15], un milímetro de lámina de agua que cae sobre la superficie de un terreno, representa un litro de agua por metro cuadrado o 100 m3 por hectárea. Entonces en un terreno de 1 ha donde caen 10 mm de lluvia, si la mitad del agua se infiltra (5 mm = 500 m3/ha.), la otra mitad (5 mm = 500 m3 /ha.), se pierde por escorrentía superficial. Esta proporción de agua que no se infiltra sería el coeficiente de escorrentía.

Importante considerar que la cosecha de agua de lluvia, no sólo depende de la escorrentía superficial disponible, sino también de la efectividad del sistema de captación que se implemente, de la topografía del terreno, la cobertura vegetal, entre otras variables. El agua a ser almacenada en el reservorio en época lluviosa, finalmente sería aprovechada en los periodos secos del año[16].

b. Requerimiento hídrico del cultivo.

Es la cantidad de agua que necesita para reponer las pérdidas de agua producidas en el proceso de evapotranspiración[17].

En este sentido la tasa de evapotranspiración depende de muchos factores, como la radiación solar, la temperatura del aire, la velocidad del viento, la salinidad del suelo, el tipo y las características del cultivo, las prácticas agronómicas y el desarrollo vegetativo del cultivo, entre otros.

A más follaje del cultivo, mayor transpiración, por tanto, mayor necesidad de agua de reposición, razón por la cual el volumen de agua que transpira la planta debe ser compensado con agua de lluvia o con riego para evitar que sufra estrés hídrico[18]. Necesidad que debería ser cubierta por la disponibilidad agua y los volúmenes captados. Este requerimiento se puede calcular aplicado la siguiente fórmula.

Requerimiento Hídrico Cultivo[19]	**UC=ETo x KC**
	Donde Uc: Uso consuntivo ETo: Evapotranspiración potencial Kc[20]: Coeficiente de cultivo[21] Por ejemplo: si aplicamos la fórmula a una finca de piña de 100ha, con las siguientes condiciones: ETo: 7mm. Kc: 0,50 y Ciclo vegetativo: 240 días; Uso Consuntivo (UC) = 7 x 0,50 x 240 = 840 mm. Volumen agua total 1ha: 0,84m x 10 000m2 = 8400m3/ha Volumen agua total 100ha: 8400m3 x 100ha= 840000m3

Los resultados del análisis son una guía para poder determinar el tamaño del reservorio (s) a ser construido (s). (Ver paso 4). Analizando el ejemplo de la finca de piña y teniendo en cuenta el área productiva (100ha), el agua mayormente vendría de un cauce natural o de un distrito de riego, y el monto concedido debería cubrir o ser mayor al uso consuntivo (840000m3), por lo cual el reservorio debería recibir recargas periódicamente (diarias o según los turnos de riego) de agua durante todo el ciclo de cultivo (240 días) si la finca se localiza en una zona con déficit de lluvia permanente o bien durante los periodos más críticos de sequía, según sea el caso.

Contrariamente si se tratará de un productor pequeño (1ha), que depende 100% de la escorrentía superficial de la lluvia (*si condiciones topográficas lo permiten*), sería factible implementar un reservorio que pueda almacenar un volumen superior a los 8400m_3 de agua, teniendo en cuenta posibles pérdidas por infiltración y evaporación.

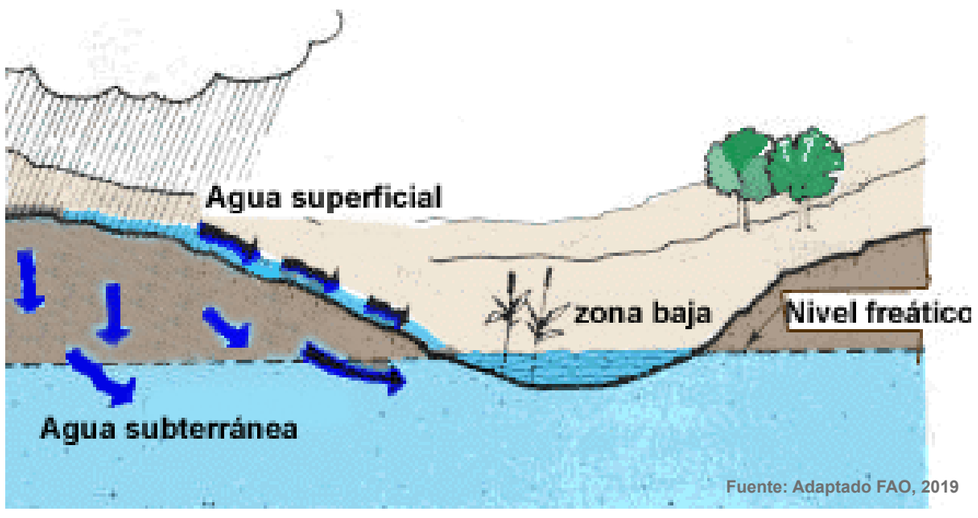
12 Agua sin presencia de residuos químicos y tratada para reducir su carga orgánica.
13 Flujo volumétrico unidades a partir del litro por segundo a metro cúbico por año: 1 l/s = 31536 m3/año. Convertidor: unitjuggler.com
14 Valores de referencia para el coeficiente de escorrentía (Ce), Unesco 2015. Pag19
15 Diseño de sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
16 Se calcula que dos tercios del agua de lluvia que cae en los continentes no se aprovechan y se pierden por escorrentía. Los sistemas de cosecha de agua tienen la finalidad de captar y almacenar, en reservorios superficiales, el agua que se escurre por la superficie del suelo después de cada. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
17 La pérdida de 1 mm de agua al día equivale a perder 10 m3 /ha. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
18 Diseño de sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
19 Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. Universidad Nacional, CEMEDE, 2010
20 Ver coeficiente de cultivo de referencia. FAO, 2013
21 El coeficiente de cultivo (Kc) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Universidad Nacional, CEMEDE, 2010
22 En caso de que el productor no cuente con los mismos, se sugiere realizarlos, dado que es una actividad muy importante para tomar las mejores decisiones y maximizar la inversión.

Paso 3: Selección del sitio.

La selección del área en donde se construirá el reservorio, debe contar con el apoyo de profesionales para la interpretación de estudios de suelos realizados en el sitio objetivo[22] y la aplicación de programas como Google Earth Pro, con el cual se podría elaborar mapas para la toma de decisiones, que muestren perfiles topográficos, sistemas de drenaje, sitios de recarga hídrica, ubicación de bancos de materiales arcillosos, entre otros.

Algunas consideraciones importantes al momento de la selección del sitio son las siguientes:

- Ubicar el reservorio (s) cerca de la fuente de captación principal, reduciendo la inversión inicial y la pérdida de agua por evaporación o infiltración durante el traslado por canales abiertos de conducción.
- Evitar la exposición del sitio a deslizamientos o inundaciones, descartando áreas que presenten esta dinámica.
- Valorar la accesibilidad para el ingreso de materiales, maquinaria y personal tanto en la etapa constructiva como operativa, lo cual también permitirá la vigilancia futura de los equipos.
- Elegir áreas mayormente planas, la pendiente máxima del terreno en el sitio seleccionado no debe ser superior al 8%, ya de lo contrario puede volver inestable el reservorio durante eventos de lluvias intensas y prolongadas[23].
- Valorar la exposición que presenta el lugar a la radiación solar, especialmente en horas de la tarde, momento en donde puede darse una mayor evaporación del espejo de agua.
- Preferir suelos arcillosos (evitando suelos porosos y permeables), de esta forma se reduce la infiltración de agua. Se considera que suelos con textura arenosa (más del 85% de arena) no son aptos, debido a su elevada permeabilidad y a su baja capacidad de retención de agua[23]; sin embargo, en estos casos se pueden trabajar con diversos materiales para impermeabilizar (Ver paso 4).
- Evitar sitios con presencia de rocas, grava y arena ya puede provocar una excesiva infiltración, o bien dificultar las labores al momento de colocar los materiales de impermeabilización.
- Valorar el nivel freático en el sitio, ya que esta variable define la profundidad de excavación; razón por lo cual es recomendable realizar una observación previa con barreno.
- En caso de cosecha de escorrentía superficial, es importante valorar que el área de captación o recarga no puede ser plana. Por lo menos debe tener una pendiente mínima del 2%, a fin de garantizar la conducción del agua hacia el reservorio.[24]



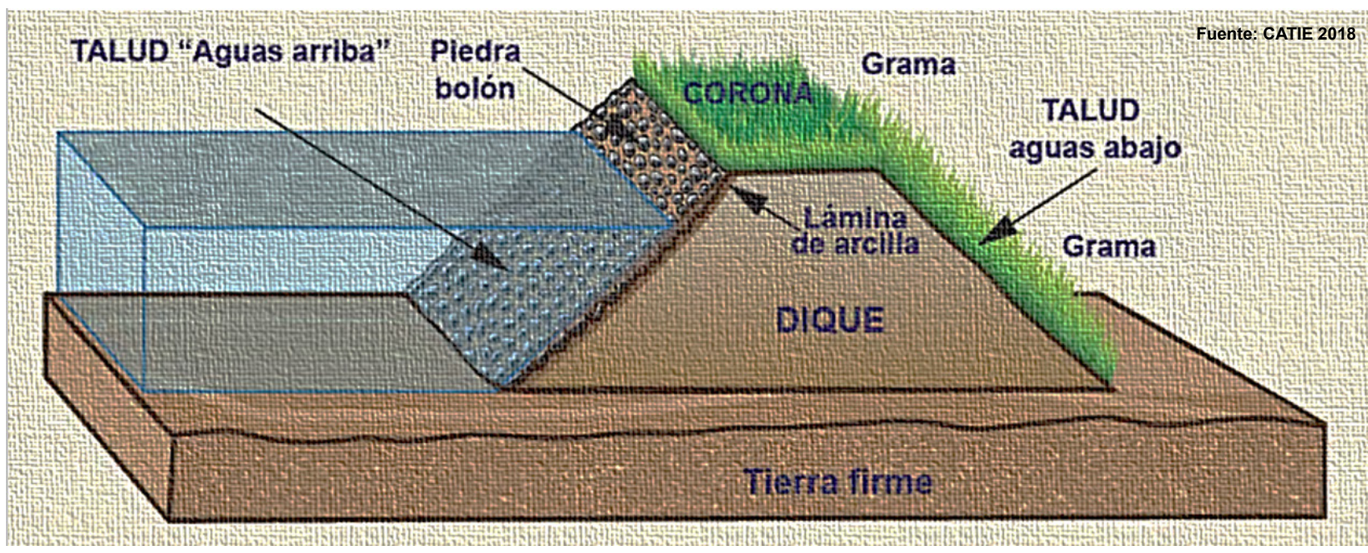
Fuente: Adaptado FAO, 2019

Paso 4: Diseño y Construcción del Reservorio.

Con los resultados de los análisis previos relacionados con la disponibilidad y requerimiento hídrico; así como la definición del sitio para la implementación del proyecto, la persona productora junto con su equipo técnico puede realizar el diseño del reservorio e iniciar su construcción.

a. Estructura del reservorio[25]:

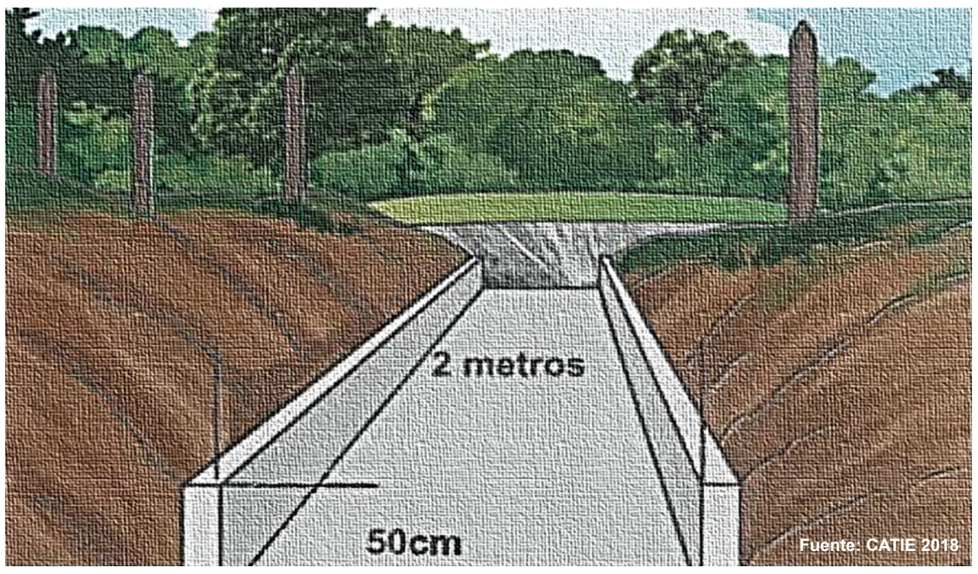
- Cuerpo de la presa o dique: es un muro construido generalmente de la tierra que se remueve para formar el embalse o vaso donde se almacena el agua captada.
- Vaso o embalse: es el cuerpo del reservorio donde se almacena el agua proveniente de las diferentes fuentes utilizadas (ríos, esteros, escorrentía superficial de lluvia, otras)



Fuente: CATIE 2018

- Corona: es la parte superior del dique, la cual debe estar protegida con grama, arena o piedrín para evitar que se erosione por la lluvia o se agriete por el sol
- Talud interno o talud "aguas arriba": es la pared interna del dique, la que entra en contacto con el agua almacenada. Se construye con una pendiente del 60% para que resista la presión del agua acumulada. Por cada metro de elevación del dique, se recomienda 2.5m de ancho de la base. Por ejemplo, un dique de 2m de alto debería tener la base de 5m de ancho
- Talud externo o talud "aguas abajo": es la pared exterior del dique que junto al talud interno se encargan de contener y soportar la presión del agua acumulada en el embalse o vaso. Este talud se refuerza y protege de la erosión sembrando especies como Vetiver, reconocidos por producir raíces profundas que amarran el suelo.
- Vertedero: es un canal de concreto o de tierra (también llamado aliviadero), que se construye en uno de los lados superiores del embalse para facilitar la salida del exceso de agua y evitar que el reservorio se rebalse y se destruya. Se recomienda construir el vertedero con material de concreto para evitar que se erosione por efecto de la fuerza del agua, con una altura de 0.5m (al menos) superior a la corona.

23 Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
24 Diseño de sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
25 Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

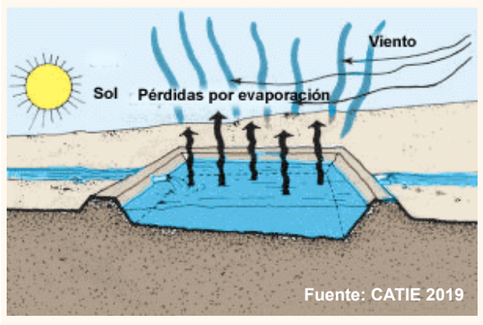


b. Tamaño del reservorio:

Para estimar la capacidad de almacenamiento el reservorio, es necesario considerar los volúmenes de agua disponibles y otorgados de las diferentes fuentes de captación, la tasa de perdida por infiltración y evaporación, y la distribución de turnos de riego (si aplica). Por ejemplo, si el cultivo dispone de agua para riego proveniente de un río cercano, cinco días a la semana, deberá almacenar un volumen suficiente para cubrir las necesidades los dos días restantes en los cuales no recibe agua. Por otro lado, la longitud y el ancho del reservorio, estarían también condicionados a la disponibilidad de área y presupuesto asignado al proyecto. En todo caso es importante reafirmar que objetivo final del reservorio es cubrir las necesidades identificadas en el paso 1.

Diversos estudios técnicos proponen distintas metodologías dirigidas a determinar el tamaño del reservorio acorde a los objetivos del proyecto y realidad de cada finca. En este sentido se sugiere analizar junto con el asesor, esta variable de diseño.

Retomando el ejemplo anterior de la finca de piña, en donde el reservorio tiene como objetivo almacenar agua para la actividad de riego, se puede calcular el tamaño de la obra con la siguiente fórmula

Tamaño del Reservorio (m3)[26] **Finca Piña de 100ha**	**Va = ETc × p × Sup × 10 × 1,15**
Resultado: Turnos de riego: 5 días ETc: máxima (enero): 7 mm/día Superficie bajo riego: 100 ha Va= 7mm/día × 2días × 100ha × 10 × 1,15 Va = 16 100m3	Donde Va: volumen de agua a almacenar (m3) ETc: Evapotranspiración máxima del cultivo mm/día p: periodo entre turnos de riego (días) Sup: superficie cultivada bajo riego (hectáreas) Valor 10; ajuste de unidades Valor 1,15: ajuste por perdidas por evaporación. 

El resultado de ejercicio indica la necesidad de construcción de un reservorio con una capacidad de 16100m3, considerando los turnos de riego semanal (5) y las perdidas por evaporación.
Tamaño del Reservorio (m^3)

c. Técnicas de Impermeabilización:

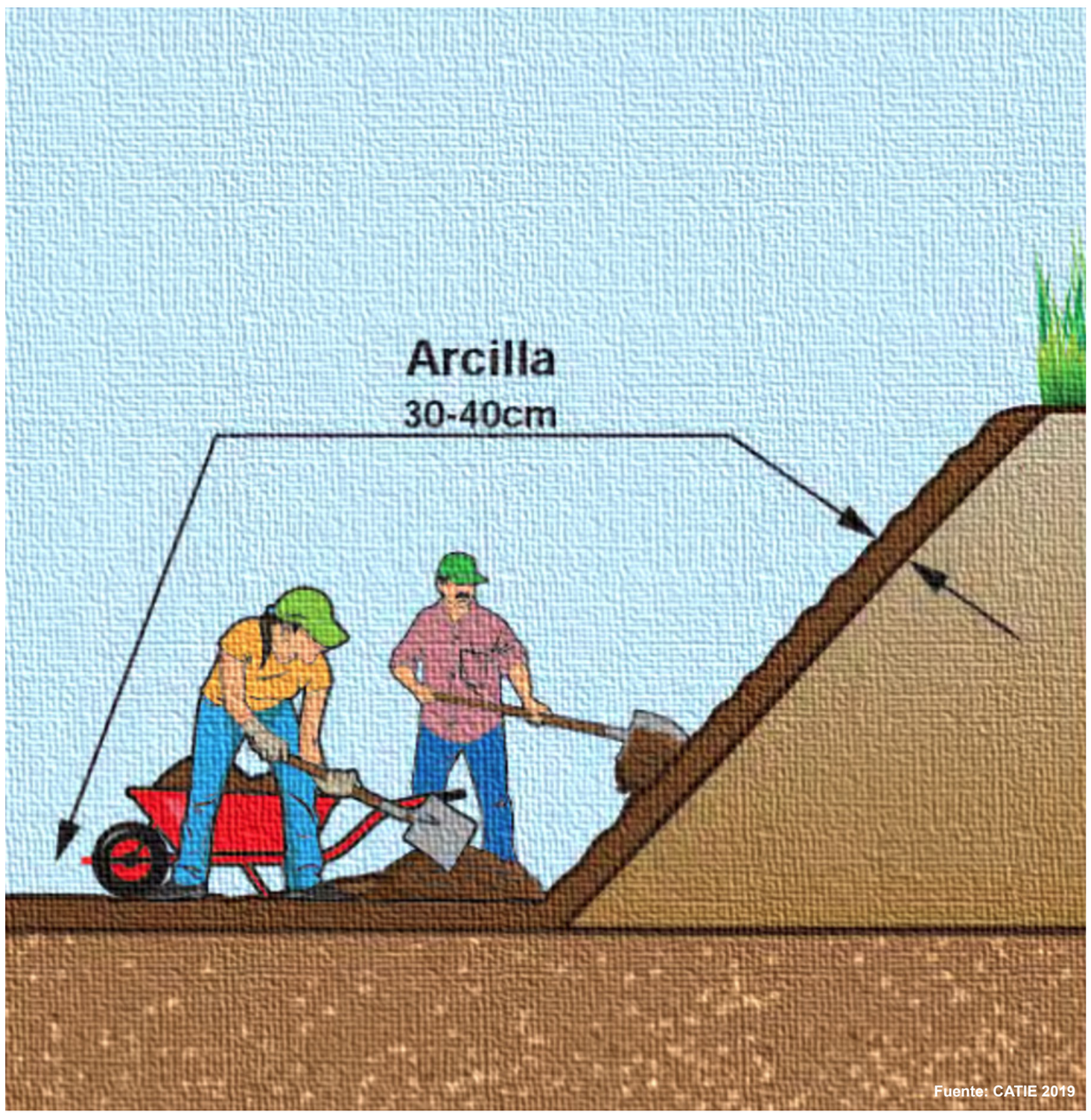
Existen diversas opciones para impermeabilizar el vaso del reservorio, las cuales dependen de factores, como el tipo de suelo, el tamaño, la ubicación y el propósito de la obra, así como los recursos económicos disponibles, entre otros. Los materiales más usados son el lodo arcilloso, el plástico negro (1mm grosor), la geomembrana, los gaviones y el concreto. Cuando el vaso del reservorio no está correctamente impermeabilizado, la pérdida del agua captada puede llegar a ser total en pocas horas o pocos días;[27] especialmente en reservorios de gran tamaño, poco profundos y carentes de sombra. Contrariamente cuando el vaso del reservorio se compacta e impermeabiliza correctamente, las probabilidades de pérdidas por infiltración se reducen a casi cero. Un rango tolerable de infiltración no debe ser mayor a 2 mm por día[28].

Si se utiliza arcilla[29]

- Se coloca una capa de 20 a 30cm de arcilla en el vaso del reservorio. Se estima un uso de 1m3 de arcilla x cada $5m^2$ de superficie a impermeabilizar. De esta forma un reservorio con un área plana (vaso) de $1,000m^2$, el volumen de arcilla requerida sería de $200m^3$.
- Si el material removido durante la excavación es arcilloso (más de un 40% de arcilla), se puede utilizar para construir los taludes del reservorio; con excepción de la arcilla expansiva, que sufre grandes cambios de volumen, al expandirse con la humedad y al contraerse o rajarse con el calor.

Si se utiliza plástico o geomembrana

- Se debe construir un canal de 30 cm de profundidad en la corona del reservorio, en donde se colocará los extremos del material impermeabilizante, el cual debe ser cubierto con tierra y luego compactado manualmente.



26 Construcción de reservorios excavados de agua para riego presurizado en el valle bonaerense del río colorado. INTA 2020
27 Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
28 Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
29 La mejor arcilla para impermeabilizar el vaso de un reservorio es la bentonita sódica, perteneciente al grupo de las arcillas más plásticas. Cuando este tipo de arcilla se mezcla con cualquier tipo de suelo, esta gana gran plasticidad y capacidad autosellante, pues al humedecerse la arcilla ocupa los espacios vacíos que se encuentran entre los granos de arena. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018

Paso 5: Otras consideraciones y buenas prácticas:

- Los reservorios semicirculares son estructuras con un menor costo de inversión, si se compra con reservorios rectangulares de igual capacidad.[30]
- Los reservorios con un diseño del vaso más profundo que ancho; son menos propensos a la evaporación al tener una lámina de agua más pequeña, por ende, menos expuesta al sol y al viento.
- EI área de trabajo debe estar seca durante la construcción, especialmente al utilizar maquinaria pesada.
- La altura de los taludes debe aumentarse al menos un 10% para compensar el efecto de la compactación final de la obra. La corona o base menor del talud debe tener un desnivel de 15cm (del centro hacia los costados) para evitar que se acumule agua que pueda provocar daños.[31]
- La siembra de árboles de sombra[32] alrededor del reservorio ayuda a disminuir el efecto directo del sol y la evaporación[33]. Se deben utilizar árboles nativos[34], de rápido crecimiento que desarrollen una raíz principal profunda (pivotante), para que no ponga en riesgo la obra y ayuden a prevenir erosión.
- El método de riego[35] por goteo es el recomendado para utilizarse con reservorios, porque permite controlar dónde y cuánta agua se aplica a cada planta. En plantaciones de banano se debe evitar el uso de riego de gran cañón ya que es poco efectivo y disminuye rápidamente el agua en el reservorio.
- La instalación de medidores de caudal en los puntos de ingreso del canal (es) al reservorio, permite precisar el volumen de agua captado de la fuente principal y compararlo con los montos otorgados por ley; actividad relevante especialmente cuando la concesión establece caudales variables durante el año.
- La colocación de estructuras de retención de sedimentos en los canales de conducción del agua, evitan que estos se acumulen en el reservorio, ampliando así los periodos de mantenimiento.
- Una buena práctica en el aprovechamiento de agua de luvia es construir el reservorio en sitios donde el agua se estanca o crea charcos, los cual es una buena señal de la dirección que toma la escorrentía y la impermeabilidad del suelo. Por otro lado, las estructuras de captación no sólo deben ser pensadas en términos de aprovechamiento del agua, sino también dirigidas a controlar la erosión y disminuir la velocidad de la escorrentía y sedimentos, durante fuertes lluvias.
- En fincas con fertirriego, es necesario colocar protectores en los aspersores o utilizar aspersores de medio luna en áreas cercanas al reservorio y a los canales de conducción de agua, evitando que los químicos (especialmente fertilizantes) alcancen la lámina de agua y generen eutrofización.
- Las actividades de mantenimiento (*sustitución de materiales impermeabilizantes, cambios en medidores de flujo, fortalecimiento en taludes erosionados, retiro de sedimentos*

Fuente: El Mundo 2016

entre otros) deben ser planificadas y registradas, buscando disminuir al máximo los impacto sobre organismos acuáticos. Se recomienda definir áreas específicas de ingreso y salida de la maquinaria del reservorio, para evitar también del daño de los árboles sembrados en el perímetro.
- El uso de productos de desinfección de agua (de ser necesario), debe realizarse bajo consejo técnico, evitando utilizar productos con alta residualidad o efectos adversos probados para vida acuática.
- El mantenimiento de los niveles de agua en el reservorio, permite proteger las especies de fauna local que utilizan estos sitios, minimizando también daños por fracturas en las paredes internas del reservorio por exposición a altas temperaturas.
- Otra práctica que favorece la biodiversidad en estos sitios, es manejar zonas de amortiguamiento sin cultivo (10m de ancho) a largo del perímetro del reservorio disminuyendo el riesgo de afectación química o bien promoviendo el uso alternativo de equipos de aplicación de menor deriva, como es el caso de los drones.[36]
- No es recomendable utilizar los reservorios como sitios de cultivo de peces exóticos, dado el efecto que tienen sobre las especies nativas y el riesgo de fugas hacia áreas externas y ecosistemas cercanos.
- Si el reservorio se ubica cerca de vías públicas, se debe limitar el paso de terceras personas y prohibir actividades de pesca o natación, dado los riesgos que implica. Se recomienda mantener rotulación de advertencia, salvavidas, equipos de rescate y personal capacitado, que puedan prestar ayuda en caso de requerirse.

Finalmente es importante que la persona productora, considere que el desarrollo de este tipo de proyectos, es una actividad a nivel de paisaje, por lo cual es una necesidad establecer vínculos entre los diferentes actores presentes en la cuenca donde se ubica la unidad de producción, de manera que se fortalezcan las capacidades técnicas y se promueva la conservación y uso racional y sostenible del recurso hídrico.

30 En reservorios semicirculares con capacidad media de 3000m3, el movimiento de tierra reduce hasta 15 horas de trabajo de la maquinaria si se compara con el mismo trabajo en reservorios rectangulares. EMBRAPA, 2010
31 Construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
32 La sombra ayuda a reducir hasta el 40% las pérdidas por evaporación en un reservorio. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
33 En zonas áridas y semiáridas del trópico seco, este volumen evaporado en reservorios sin protección arbórea puede llegar a sumar alrededor de 10 mm diarios. MEFCCA, COSUDE, CATIE, 2018
34 Ver Ficha #17 "Vivero con especies locales adaptadas".
35 Ver Ficha #26 "Optimización del sistema de riego mediante uso de sistemas de medición de humedad".
36 Ver Ficha #9 "Control de deriva".
37 Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. Universidad Nacional, CEMEDE, 2010
38 Especie invasora originaria de Vietnam

Indicadores de desempeño

- # de reservorios en finca que cumplan las especificaciones técnicas y requisitos legales
- Cantidad de agua (m3/ha) utilizada en irrigación procedente del reservorio
- Cantidad de agua (m3) de escorrentía superficial captada anualmente en el reservorio
- Cantidad de fruta anual cosechada a partir de la implementación de reservorios de agua

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- Interno: Personal de finca asignado para colaborar con la construcción y al menos dos operadores a tiempo completo para control, funcionamiento, mantenimiento y vigilancia del reservorio.
- Externo: Profesionales en hidrología con experiencia diseño de reservorios de agua.

Referencia de Costos:

- Elaboración de un mapa de los sitios viables para la construcción ($100 a $300)
- Asesoramiento parte de un profesional en hidrología (225$/día)
- Costo de un reservorio de 3750m³ revestido con plástico de 6mm, es de 188030$. El monto incluye: movimiento de tierra, materiales, mano de obra, cargas sociales y otros.[37]
- Costo de la geomembrana 9$/m2 y el plástico de 6mm es 2$/m.[38]
- Costo por gavión de rocas de 270$ unidad.[38]
- Compra de especies arbóreas para la implementación de barreras naturales junto al reservorio ($4-$8 por árbol)
- Separación de franjas de cultivo (mínimo 10metros) cercanas a los reservorios agua. El costo de implementación dependerá el área se ser eliminada y del tipo de cultivo.
- Apoyo a iniciativas locales de conservación del agua. El costo dependerá del tipo proyecto y la actividad de conservación y uso racional del agua.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La formación de reservorios de agua tiene la finalidad de mantener una provisión constante de agua durante los periodos de mayor déficit hídrico en regiones productivas, a causa del descenso de las lluvias y el incremente de los periodos de sequía. Este tipo de proyectos permiten a la persona productora asegurar la ejecución de las actividades de irrigación, procesamiento e inclusive combate de incendios forestales, al aprovechar el recurso proveniente de fuentes naturales o de la escorrentía superficial, respetando al mismo tiempo la legislación aplicable y promoviendo prácticas sostenibles para el uso racional del agua en la cuenca y para la protección de la biodiversidad que utiliza estos espacios.

Una correcta planificación y ejecución de la obra, acorde a los criterios técnicos y bajo la supervisión de profesionales, asegurará la implementación de reservorios de agua con una mayor eficiencia y a un menor costo; sin dejar de lado la importancia de estas iniciativas como una inversión futura y una respuesta de adaptación al cambio climático que cada vez es más visible y real en diferentes regiones alrededor del planeta.

Casos de éxito

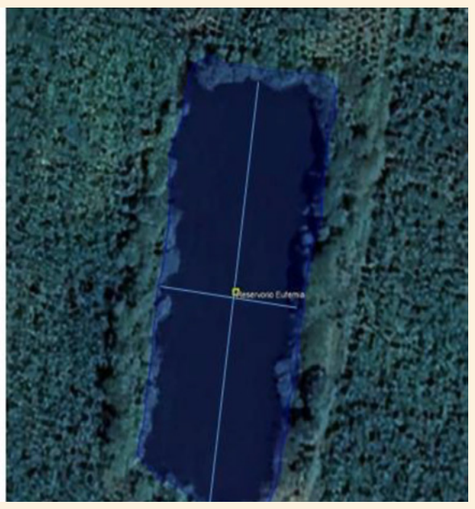
Finca Eufemia es una unidad de producción de banano de 160 hectáreas, ubicada en el Corregimiento de Orihueca, Municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. La cual comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A, y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Finca Eufemia cuenta con un reservorio de agua para la actividad de riego, con capacidad de 15.576m³, el cual se ubica en el centro de la unidad de producción y recibe agua de dos diferentes fuentes: Canal Susana (Asosevilla) y Quebrada Orihueca, a través de 5670metros lineales de canales, los cuales cuentan con cobertura natural a sus orillas, que disminuyen el impacto por deriva química durante aplicaciones aéreas y terrestres. Actualmente la unidad de producción no realiza fertirriego.

La estación de riego, cuenta con hidrómetros funcionales, Para el año 2020 el consumo de agua para irrigación fue de 963831m³, muy por debajo de las concesiones de ley.

El reservorio mantiene una línea de árboles en todo su perímetro, una malla para impedir que los peces pasen hacia el sector de los motores, rótulos de advertencia, salvavidas y presencia permanente de personal operativo y de seguridad. Según el ingeniero Gustavo Hernández a cargo del Departamento de Riego, no es claro si el reservorio fue impermeabilizado al momento de su construcción ya que la finca fue adquirida por la empresa con estas obras en pie, pero por su ubicación y según los estudios de suelo, se localiza en un área de suelos arcillosos, con lo cual se prevé que con el tiempo ha habido un sellado natural. En el área se mantienen grupos importantes de aves y se han observado nutrias y peces. Finalmente y como parte de la acciones de responsabilidad corporativa, Tecbaco forma parte de la Plataforma de Agua, liderada por WWF, en donde se implementan acciones dirigidas a proteger la cuenca del Río Frio y Río Sevilla, así como promover un uso racional del recurso.

Reservorio Eufemia	
Area	5.192 m2
Perimetro	334 m
Volumen	116.508 gal
Ancho	44 m
Largo	118 m
Profundidad	3 m
Lamina Max Agua	2,5 m
Impermeabilizacion	No cuenta

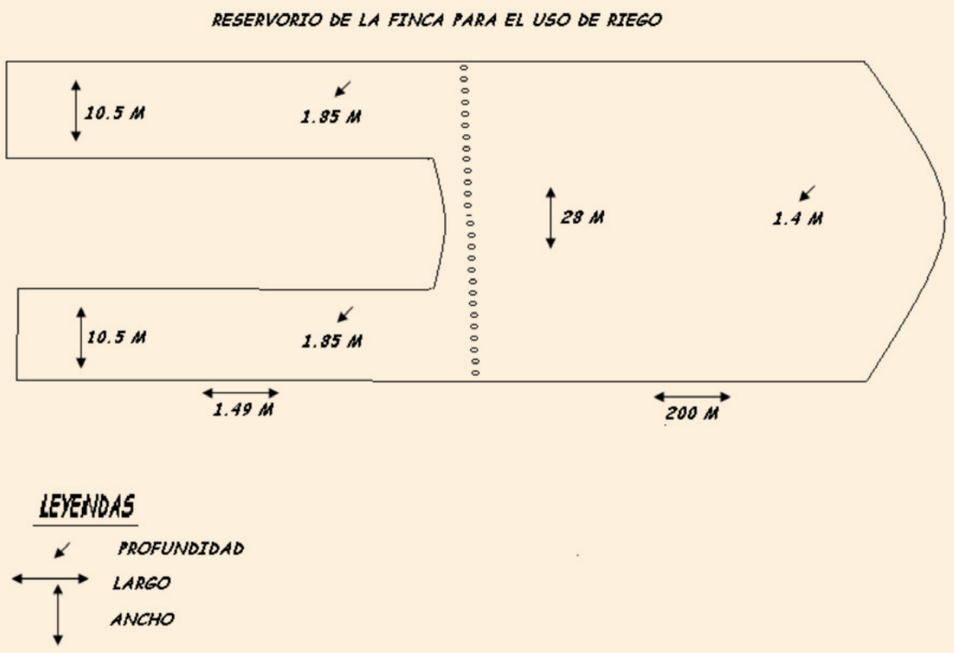


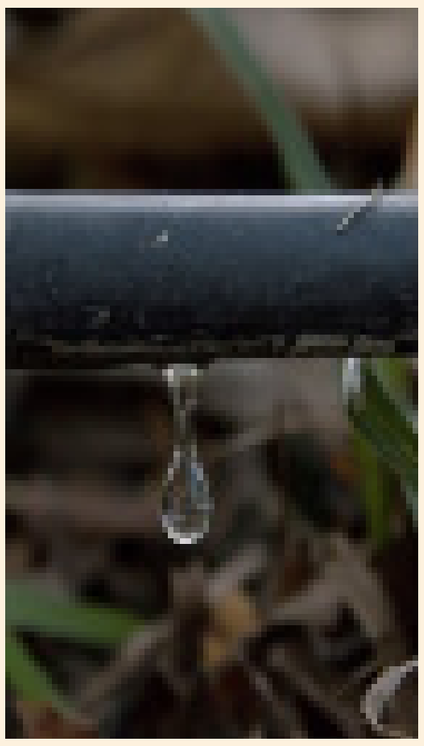
Casos de éxito

Quinta Pasadena S.A. es una finca de banano de 136,64 hectáreas, ubicada en la Provincia de Monte Cristi en República Dominicana, propiedad de la empresa exportadora de frutas Savid Dominicana C. por A. y miembro de la Asociación Dominicana de Productores de Banano, Inc. (ADOBANANO). Anteriormente era una unidad de producción destinada al pastoreo intensivo, pero desde el 2005 se transformó en un proyecto integral, donde interactúa la producción pecuaria con la agricultura como dos actividades complementarias, generando así leche y carne para el mercado nacional y banano orgánico (Cavendish) para los mercados internacionales. La finca cuenta con un área de conservación de 38.85 hectáreas y esta certificada bajo diversas normas internacionales como Global GAP, Fairtrade y Orgánica.

Quinta Pasadena, cuenta con un reservorio de agua proveniente del Río Yaque del Norte y de la escorrentía generada durante las precipitaciones anuales. El reservorio tiene una forma irregular y suministra agua para el sistema de riego por goteo que se aplica en la finca, en el cual se utilizan un complejo de paneles solares que dan energía al sistema de bombeo, disminuyendo sustancialmente el consumo de combustibles fósiles en la actividad.

La administración protege la fauna que utiliza el reservorio, incluyendo especies de peces locales, los cuales en el pasado fueron disminuidos debido a la competencia con el Pez Gato (Clarias batrachus)[38], especie invasora eliminada mediante una estrategia de erradicación implementada por la finca.





38 Especie invasora originaria de Vietnam

Referencias

[1] Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. https://www.researchgate.net/publication/264930043_Sustaining_Freshwater_Biodiversity_in_the_Anthropocene
[2] Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4579866/
[3] Threatened Amphibians of the World. https://www.natureserve.org/sites/default/files/1-taw-intro.pdf
[4-10-27-33] Uso del agua del reservorio en labores agropecuarias. https://www.eda.admin.ch/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/guia_5_uso_del_agua.pdf
[5] Perspectiva global de la tierra. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res_Spanish.pdf
[6] Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo. https://predes.org.pe/wp-content/uploads/2016/12/cartilla_riegoteo.pdf
[7] Que es la escorrentía?. https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia
[11-20] Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf
[14] Manual de diseño y construcción de sistemas de captación de agua de lluvia en zonas rurales de Chile. https://issuu.com/maryrodriguezo/docs/manual_scalls_unesco_2015
[15-17-18-24] Diseño de sistemas de captación de escorrentía. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8968
[16-23-25-28-29-32] Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8966
[19-21-37] Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P10-10360.pdf
[26] Construcción de reservorios excavados de agua para riego presurizado en el valle bonaerense del río colorado https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta.ascasubi_reservorios_vbrc_.manual.pdf
[30] Embalse de riego de salvación. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/161353/embalse-para-riego-de-salvacion-brasil
[31] Construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8967

Otras consultas:

- Evaluación de Riesgos y Oportunidades de Agua para las cuencas de los ríos Frío y Sevilla en “La Zona Bananera” Colombia. http://www.goodstuffinternational.com/images/PDF/Evaluacion_Riesgos_Oportunidades_de_Agua_Frio_Sevilla_Colombia_WWF_GSI_03072015.pdf
- La Guía Técnica de Selección del Sitio y Construcción de Reservorios. https://www.eda.admin.ch/content/dam/countries/countries-content/nicaragua/es/Guia%20tecnica%20de%20sitio%20y%20construccion%20de%20reservorios.pdf
- Captación y almacenamiento de agua de lluvia opciones técnicas para la agricultura familiar en américa latina y el caribe. https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf

Gestión de residuos sólidos dirigido al plástico

28

Categoría B

Varcli Pinares, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría B** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas con un grado de complejidad técnica media, que podrían ser complementarias o bien necesarias en la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

B

Medidas Relacionadas

12 Estimación de huella de carbono
23 Involucramiento iniciativas de conservación
29 Sensibilización en temas medioambientales

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 6.7.1, 6.7.3

Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5.
Requisito: 3.2.39

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 4.7.2

Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1.
Puntos de Control: AF/6.1,6.2

Plazo de Implementación

Hasta 3 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Gestión de residuos sólidos dirigido al plástico

FICHA 28

Descripción de la medida

Los residuos sólidos son aquellas materias que generadas en las actividades de producción y consumo no alcanzan, en el contexto en el que se producen, ningún valor económico ya sea porque no existe una tecnología adecuada para su aprovechamiento o un mercado para los productos recuperados1. Bajo ese escenario, cuando existe posibilidad de reciclaje, el residuo deja de serlo, transformándose en materia prima de otro proceso[1].

Según la Organización de Naciones Unidas "ONU", cada año se recolecta en el mundo una cantidad estimada de 11.200 millones de toneladas de residuos sólidos, los cuales durante el proceso de degradación generan el 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero[2]. El plástico es uno de los residuos sólidos más comunes y contaminantes pues genera inundaciones en las ciudades al obstruir los sistemas de alcantarillado, causa problemas respiratorios cuando se quema, acorta la vida de los animales que los consumen y contamina los cuerpos de agua naturales. En los océanos, los plásticos se degradan en "microplásticos" bajo la luz ultravioleta del sol; residuos casi imposibles de recuperar y que interrumpen las cadenas alimentarias, degradando los hábitats naturales[3].

La ONU destaca que sólo un 9% de todo el residuo plástico que se ha producido a lo largo de la historia, ha sido reciclado.

Aproximadamente un 12% se ha incinerado, mientras que el 79% restante se ha acumulado en vertederos, basureros o en el medio ambiente[2]. Por otro lado, datos del Banco Mundial[4], indican que el para el 2016 se generaron 242 millones de toneladas de residuos plásticos, lo cual representa el 12% de todos los residuos sólidos municipales; materiales que pueden tardar de cientos a miles de años en descomponerse en la naturaleza.

Fuente: DW, 2022

1 Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios, CEPAL, 2016.
2 Datos y Cifras: Residuos. ONU, 2022
3 What are microplastics. NOAA, 2015
4 What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. The World Bank Group, 2018

En la actividad agrícola el plástico es un insumo requerido en diferentes etapas de producción. En fincas de banano, por ejemplo, se utiliza para protección de fruta durante las etapas de desarrollo del racimo y para el empaque de la fruta de exportación[5]; como consecuencia también el plástico es uno los principales residuos que deben ser gestionados por la persona productora. En Costa Rica, durante la primera mitad de la década de los 90, la cantidad de residuos sólidos generados (orgánicos e inorgánicos) llegaba a doblar la cantidad de fruta producida.[6] Muchos de estos residuos quedan en el suelo y en cursos de agua generando problemas de contaminación.

En la actualidad la industria agrícola forma parte esencial de los esfuerzos globales por una gestión integral de los residuos, en conformidad con las leyes locales, así como normas y estrategias internacionales. Las fincas que no manejan sus residuos responsablemente son la excepción, situación que repercute negativamente en su imagen ante los clientes.

Por otro lado, cada vez más el sector busca nuevas alternativas de valorización de los residuos, gestión responsable y sistemas finales de tratamiento con un menor impacto.
Paralelamente, existe líneas de investigación en la búsqueda de polímeros biodegradables que podrían reemplazar los sintéticos; en este sentido se han probado algunas tecnologías experimentales orientadas a la degradación del plástico sintético, introduciendo metales de transición o moléculas orgánicas como la celulosa en el polímero plástico[7], con el objetivo de que se degraden más rápidamente.

Pruebas con biopolímeros con fécula de maíz[8]

La responsabilidad del manejo de los residuos sólidos *(incluyendo el plástico)* es un reto a nivel mundial, en donde los cambios en las dinámicas de consumo, la educación, el desarrollo de políticas proactivas, la integración de diferentes actores en iniciativas sostenibles y la inversión en nuevas tecnologías deben ir de la mano.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas[9], reafirman este reto y establecen la necesidad de lograr una producción mediante el consumo eficiente de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente. Siendo algunas de las metas relevantes:

12.3 Reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las posteriores a la cosecha.
12.4 Lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, y reducir su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
12.5 Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Evita afectación a nivel de paisaje, por acumulación de residuos en el medio ambiente, desde la finca hasta zonas costeras en donde terminan siendo arrastrados por acción del agua.
- Disminuye riesgos de contaminación por residuos sólidos en el agua subterránea y de los cuerpos de agua superficial.
- Coopera con la prevención de muerte por ingestión de microplásticos en aves, tortugas, mamíferos y muchas otras especies.
- Desincentiva la quema no controlada de plásticos, eliminando la liberación de sustancias toxicas[9] como dioxinas y furanos, metales pesados y dióxido de carbono. Lo que constituye un aporte sustancial en la lucha contra el cambio climático.

Beneficios para la persona productora

- Favorece la conservación del suelo evitando la contaminación y compactación por residuos plásticos. La finca mejora su apariencia al estar los campos de cultivo libres de desechos.
- Protección de la calidad del agua en la finca, lo que disminuye los costes de tratamiento de agua para procesamiento de la fruta, irrigación y consumo humano
- Promueve un manejo adecuado de los residuos sólidos, así como de la demanda de materias primas para el desarrollo de nuevos materiales a través de co-proceso, permitiendo a la persona productora obtener ingresos económicos adicionales a partir de la comercialización de los residuos valorizables.
- Favorece la salud humana, al retirar y evitar que los plásticos lleguen al medio, previniendo enfermedades[10] neurodegenerativas, cáncer y afectaciones al sistema inmune, nervioso, reproductivo y endocrino[11], atribuibles a este tipo de contaminación.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de legislación nacional y protocolos de certificación como Rainforest Alliance

Tensiómetro Agrícola.

Metodología de implementación de la medida

La gestión de los residuos plásticos, es una actividad prioritaria para la conservación del medio ambiente y la protección de la salud de los trabajadores y de las poblaciones aledañas a las zonas agrícolas.

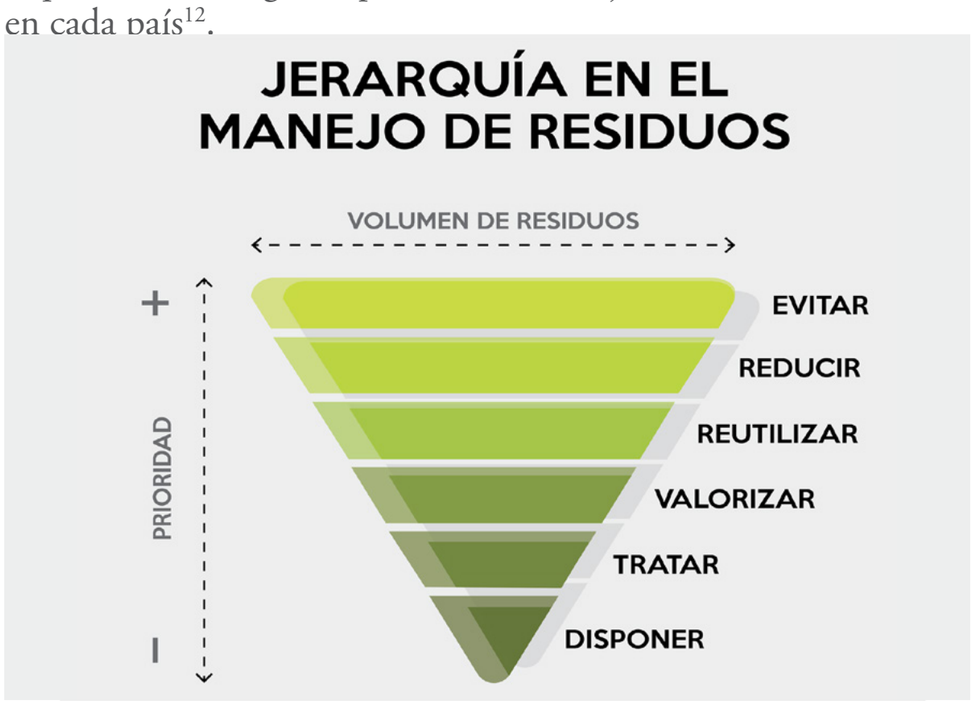
5 Se estima que la industria bananera utiliza 45kg/ha de plástico, resultantes del uso de fundas de protección de racimo. FAO, 2021
6 Evaluación del impacto ambiental de los desechos sólidos producidos en la actividad bananera. TEC, 1995
7 Background on Biodegradable Additives. Biodegradable Products Institute, 2010.
8 En alianza con la empresa Hidrobag Costa Rica se han probado en campo biocoberturas (50micras) para el control de malezas y erosión con una durabilidad de 3 meses, con muy buenos resultados. Se tiene planes futuros de aumentar el grosor del material (10micras) para ampliar el tiempo de degradación al doble y hacer pruebas con fécula de yuca.
9 Metas del Objetivo 12- Objetivos de Desarrollo Sostenible. ONU
10 El plástico y la salud. Center for International Environmental Law (CIEL), 2019
11 Determinantes ambientales de salud. Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2022.

Siguiendo la premisa que el mejor residuo es aquel que no se genera, la persona productora debe reducir al máximo la generación de los mismos, de esta manera las decisiones que se tomen desde la compra de insumos plásticos, su uso, recolección, gestión y disposición final, son claves para la prevención y reducción de impactos sobre recursos necesarios para la producción: agua, suelo y aire.

La persona productora debe analizar las necesidades de insumos plásticos, determinar las fuentes generadoras de residuos y elaborar planes de gestión, basadas siempre cuando sea posible en el **orden jerárquico de manejo de residuos:**

- Evitar, la generación de residuos
- Reducir, al máximo los residuos en su origen
- Reutilizar, los residuos generados
- Valorizar, los residuos por medio del reciclaje
- Tratar, los residuos generados antes de enviarlos a su disposición final
- Disponer, la menor cantidad de residuos de manera adecuada.

De igual manera, también es necesario considerar los requerimientos legales aplicables al manejo de residuos sólidos en cada país[12].



Para la implementación de un plan de gestión integral de residuos plásticos la persona productora puede seguir los siguientes pasos:

Paso 1. Identificación de actividades o proceso que requieren de materiales plásticos[13]

La persona productora debe identificar las diferentes etapas del proceso productivo, en donde por área o labor se pueda determinar los insumos plásticos que se requieren y que posteriormente podrían generar o convertirse en residuos.

Preparación del Terreno: colocación de plástico mulch previo a la siembra.

Paso 2: Inventario y clasificación de materiales plásticos

Es necesario elaborar una lista de los diferentes tipos de plásticos *(identificados en el paso anterior)* y las cantidades estimadas a ser utilizadas en el año; lo cual permitirá obtener un dato base que puede ser utilizado como método de control una ves que se recuperen los residuos y estos sean gestionados de diferentes maneras. Por otro lado, para la clasificación es importante considerar no sólo el tipo de material y el residuo resultante, sino también el nivel de riesgo (peligrosos, especiales, comunes, otros) asignado según legislación. De esta forma algunos países mantienen categorizaciones preventivas que ayudan a direccionar actividades de manejo, almacenamiento y disposición de residuos plásticos, que deben ser parte del plan de gestión de la finca. No es lo mismo manejar un recipiente de un agroquímico que una cinta o bolsa plástica.

Paso 3: Identificar las opciones de manejo y disposición final para cada tipo de residuo plástico

Teniendo en cuenta la información de los diferentes tipos de materiales plásticos y los volúmenes requeridos en las distintas etapas de producción, se puede elaborar una matriz que detalle por tipo de cultivo, las opciones de manejo o disposición final de los residuos, teniendo en cuenta la jerarquía de prioridad de manejo de residuos.

Tarimas plástica- Material Reciclado Zona Bananera, Magdalena, Colombia

Previamente la persona productora puede considerar algunas preguntas orientadoras:

- ¿Es posible utilizar menos cantidad del material que está generando este tipo de residuo? Reemplazándolo por otro menos contaminante, biodegradable o que no contenga plástico.
- ¿Es posible reutilizar este residuo? En algunas fincas piñeras han utilizado los estañones plásticos que contienen cera para hacer techos de refugios para los trabajadores de campo. Dando así un nuevo uso al material y extendiendo su vida útil.
- ¿Se puede recuperar este residuo? En diferentes fincas de producción de banano se retiran las daipas de los racimos, las lavan, secan y almacenan. Para ser colocadas nuevamente.
- ¿Existe una industria que pueda integrar este material para transformarlo (reciclarlo) en otro producto? En Costa Rica se recicla las bolsas plásticas para ser utilizados como materia prima para elaborar esquineros plásticos[14] o "cornerboards", en Colombia, se fabrican tarimas[15], materiales que son utilizados en el proceso de paletizado de banano para exportación.

12 Costa Rica: Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567, Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos Nº 41527, Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales Nº 27001.
Colombia: Ley 09 de Medidas sanitarias sobre manejo de residuos sólidos, Resolución 2309 sobre residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro, Ley 142 sobre el régimen de servicios públicos domiciliarios, Decreto 605 Reglamenta al manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos.
Ecuador: Decreto Nº 3.516: Normas de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de Desechos Sólidos no peligrosos, Acuerdos 026 sobre procesos de tratamiento de desechos peligrosos. República Dominicana: Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos, No. 225.

13 El plástico es un material ligero, duradero y fácil de modificar. Está formado por polímeros, que son grandes moléculas orgánicas compuestas por unidades o cadenas repetidas de carbono llamadas monómeros, como el etileno, propileno, cloruro de vinilo y el estireno. Plásticos más habituales: tereftalato de polietileno (PET O PETE), polietileno (PE), polipropileno (PP), policarbonato (PC), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS). Infinitia Industrial Consulting, 2022.

14 La empresa Recyplast elabora 35.000 esquineros diarios, lo cual equivale a 42 toneladas de residuos plásticos reciclados por día.

15 Banaservice además genera soportes de aspersores de riego, pediluvios, rejillas y puentes con material reciclado.

Foto: Finca Olga[16]-Tecbaco, 2022

Puentes y Porta Aspersores Reciclados

Si no es posible manejar los residuos, la opción final corresponde a la disposición en un relleno sanitario autorizado.
Para poder tomar la mejor decisión de manejo para los residuos generados en la finca, la persona productora debe conocer las empresas que brindan servicios de gestión de residuos[17] de manera legal, para lo cual es necesario solicitar evidencias del cumplimiento con los requisitos oficiales de cada región. Por otro lado, es importante considerar la inversión en transporte, por lo cual no sólo se deben seleccionar las mejores opciones disponibles, sino también las que están más cercanas a la operación.

Un análisis de costo/ beneficio es una herramienta adecuada en el proceso de toma de decisión. Incluyendo las labores de recuperación en campo y considerando los costos en mano de obra para la recuperación de cada residuo. Además de desarrollar instrucciones claras para los trabajadores que realizarán la labor.

Fuente: Programa Campo Limpio, 2022

Para grupos de pequeñas personas productoras, la generación de alianzas con organizaciones reconocidas es una prioridad. Un ejemplo de ello es el Programa Campo Limpio, el cual es impulsado por CropLife Latín América, y se ha posicionado como una solución ambiental al manejo de envases vacíos de plaguicidas que se utilizan en la agricultura.

El programa tiene un alcance en [18] países de América Latina en donde es ejecutado en alianza con asociaciones nacionales, fabricantes, e importadores de agroquímicos, con apoyo de autoridades, distribuidores y personas agricultoras de la región.

Matriz: Residuos plásticos en fincas de piña y banano y opciones disponibles para su gestión

Residuo	Banano	Piña	Opciones de gestión/ disposición final disponibles
Comedores			
Botellas, envases, PET, para refrescos consumidos por los trabajadores.	☑	☑	Reducir el consumo. Reciclaje.
Celofán para envoltura de alimentos, proveniente de los comedores de la finca.	☑	☑	Reducir el consumo. Coproceso.
Empaques de comida de Poliestireno, vasos (foam)	☑	☑	Reemplazo por recipientes reutilizables.
Platos y cubiertos desechables	☑	☑	Reemplazo por recipientes reutilizables.
Bodegas			
Envases plásticos de agroquímicos- tóxicos	☑	☑	Devolverlo al proveedor. Reciclaje con manejo especial. Coproceso[18]
Envases plásticos de insumos – no tóxicos	☑	☑	Reúso. Reciclaje.
Estañones/Barriles/ canecas, tanques plásticos	☑	☑	Recuperar y utilizar para mezclas, almacenaje de líquidos (no para consumo). Reutilizar el material para hacer laminas para rótulos, techos, etc.
Bolsas plásticas para fertilizante.	☑	☑	Reciclaje.
Campo			
Mangas de polietileno, fundas o bolsas para racimo impregnadas con químicos	☑		Reciclaje con manejo especial.
Mangas de polietileno, fundas o bolsas para racimo sin agroquímicos.	☑		Reúso, reciclaje
Corbatas y corbatines con químico	☑		Reciclaje con manejo especial.
Cintas de marcado	☑		Reúso, reciclaje
Daipas o cuellos de monja	☑		Reúso, reciclaje
Sacos	☑	☑	Reúso, reciclaje
Cuerda de polipropileno para apuntalar/sostener (piola, soga)	☑	☑	Reúso, reciclaje
Mangueras	☑	☑	Reúso, reciclaje
Tubos de PVC	☑	☑	Reúso, Coproceso
Malla para sombrío (Sarán)	☑	☑	Reúso. Reciclaje.
Plástico de cobertura		☑	Reciclaje.
Bolsas con pegamento y feromonas para MIP		☑	Coproceso, Relleno Sanitario
Empaque			
Plástico film que envuelve las pacas de cartón	☑	☑	Reciclaje.
Fleje	☑	☑	Reciclaje.

16 Finca Olga cambió su sistema de riego, para lo cual se adquirieron 6.437 mampostes o porta aspersores de la empresa Banaservice.
17 Gestores autorizados de residuos sólidos por país: Costa Rica, Colombia, Ecuador, República Dominicana.
18 Co-proceso, un ejemplo es utilizar los residuos como energía alterna para hornos de cemento. Es una alternativa económicamente viable que recupera energía de los residuos y recicla los minerales que contienen. Se debe considerar que este tipo de manejo puede tener impactos ambientales que se deben considerar

Paso 4: Recolección y Almacenamiento temporal de los residuos plásticos

a. Recolección

Una actividad esencial del programa de gestión de residuos plásticos es la programación de los ciclos de recolección del plástico, evitando que el material permanezca en el campo el menor tiempo posible, impidiendo que este sea arrastrado a canales de drenaje, cauces naturales y otros ecosistemas cercanos, generando contaminación.

La actividad de recolección debe ser programada en paralelo con otras labores o mantener equipos de trabajo a cargo de la recuperación y el traslado hacia los centros de acopio.

En fincas de banano, se sugiere que todo el plástico de protección y apuntala (fundas/ bolsas, piolas/ mecate o zuncho), salga del campo con la cosecha. En el caso de operaciones que mantienen amarre aéreo, se debe considerar su recolección, una vez el mecate pierde su vida útil. Se debe contar con suficientes recipientes de recolección en campo y cerca de los centros de trabajo.

b. Almacenamiento

El residuo colectado, debe permanecer temporalmente en centros de acopios o espacios de almacenamiento adecuados dentro de la finca.

En este sitio los materiales valorizables son pesados, clasificados y separados de acuerdo con su naturaleza y destino final.

El área destinada al almacenamiento debe calcularse tomando en cuenta: el tipo de residuo (peligroso, especial, común) la cantidad que ingresa diariamente, el volumen máximo de acopio (capacidad) entre tiempo de entrega a la empresa gestora o traslado a su destino de disposición final.

Se debe priorizar la separación de los residuos, evitando en todo momento la saturación del área, lo cual facilita su manipulación y disminuye los problemas de proliferación de plagas cerca de las áreas de empaque de fruta.

Los espacios de almacenamiento deben cumplir condiciones mínimas para asegurar la calidad de los materiales valorizables y la protección a la salud y el ambiente en cada paso.

- Proteger los residuos de la intemperie (sol, lluvia, vientos fuertes).
- Aislar los residuos del suelo, de ser posible pisos de concreto.
- Tener adecuada ventilación e iluminación.
- Permitir la separación de los residuos por tipo.
- Asegurar espacios de trabajo y circulación seguros.
- Mantener áreas limpias, secas, ordenadas y libres de vectores[19].

Centro de Almacenamiento Temporal de Residuos

Paso 5: Entrega y trazabilidad de los residuos desde finca hasta el gestor

Asegurando que los materiales plásticos que ingresan a la finca y que se convierten al final de su ciclo de vida en residuos son recolectados y almacenados en los centros de acopio, para luego ser gestionado de manera responsable.

Para algunos materiales plásticos *(recipientes de pesticidas, sacos de fertilizantes, otros)*, es posible realizar una trazabilidad bastante exacta, validando y comparando las cantidades reportadas en diferentes momentos *(compra, ingresos y salidas de bodegas, recolección, almacenamiento en centros de acopio y entrega a gestores autorizados)*, siendo un proceso muy lineal que permite al final garantizar por medio de registros un manejo adecuado de los residuos.

En otros casos, en donde el material permanece en campo por periodos prolongados, caso de las fundas/bolsas de protección de fruta en fincas de banano o plástico de cobertura en cultivos de piña, una posibilidad es recolectar y pesar el residuo al ingreso al centro de acopio y compararlo con boletas de salida de bodegas y los volúmenes estimados en el año. Si bien los datos pueden no ser tan exactos, el análisis es una forma de establecer un control del residuo.

Por ejemplo: Se estima que una finca de banano de 100 hectáreas con una densidad de siembra de 2.000 plantas por hectárea necesita 350.000 bolsas/fundas en el año[20]. El material ingresa de manera constante cada mes a bodega y se distribuye semanalmente entre el personal a cargo de la labor de protección de la fruta. Durante los 12 meses la finca registró una salida total de 345.000 unidades a campo y contabilizó un volumen de recolección de 17.900kg de bolsa plástica de protección (residuo), ingresado al centro de acopio, lo cual representa 337.735 bolsas[21] (considerando que un millar de bolsas pesa 53kg[22])

En conclusión, la finca utilizó el 98% de la funda proyectada en el año y se recolectó el 97% del residuo plástico de este material, quedando cerca de un 3% de bolsa/funda de protección en racimos aún no cosechados.

Para otros elementos que son utilizados directamente por los trabajadores, caso de los guantes, se puede implementar un registro de entrega y devoluciones por parte del personal, asegurando que el material dañado regrese a bodega, como pre-requisito a la reposición de una nueva unidad.

Finalmente, una buena práctica en el caso de fincas de banano, es colocar el nombre de unidad de producción en la funda/o bolsa de protección, como una estrategia de control e identificación dirigida a asegurar una disposición final adecuada del desecho y un respaldo en caso de posibles denuncias.

Centro de Almacenamiento Temporal de Residuos

19 Por ejemplo: ratones, cucarachas, mosquitos entre otros.
20 Considerando una cosecha por planta de 1,75 veces al año
21 Dato aproximada ya que el material de campo puede traer tierra o regresar húmedo, lo cual agregaría peso adicional.
22 Una bolsa o funda tendría el peso de 0,053kg/ Consulta experto 2022.

Paso 6: Alternativa de remoción de material plástico enterrado

Esta actividad puede ser planificada en forma conjunta con trabajos de renovación de secciones de cultivo en la finca. Es importante estimar cuanto plástico podría ser removido y como se podría gestionar de manera adecuada, teniendo en cuenta que es muy posible que no se puedan reciclar y sea necesario trasladarlo a un relleno sanitario.

La práctica de recolección periódica (ver paso 4) es la manera más eficiente y menos costosa de sustraer el material plástico de campo, evitando su acumulación en el suelo; razón por la cual debe ser la alternativa principal a trabajar.
En fincas de producción de banano en donde se realice apuntalamiento aéreo, el plan de gestión debe considerar los residuos que permanecen en los cables, asegurando su recolección antes de que lleguen a caer o se desintegren parcialmente.

Ejemplo: Finca de banano con amarre aéreo

Paso 7: Capacitación a colaboradores

Es importante que el personal se integre en el proceso de gestión de residuos sólidos. Razón por la cual es importante diseñar una estrategia de sensibilización y capacitación en esta temática, dirigida tanto a trabajadores como a centros educativos y comunidades cercanas.

Esta iniciativa permite visibilizar el esfuerzo y compromiso de la empresa con el adecuado manejo de los residuos, promoviendo inclusive acciones de recolección de material en ríos, quebradas o vías públicas aledañas, o bien organizando centros de acopio locales que podría asumir la clasificación y venta de residuos valorizables (no peligrosos) provenientes de la finca, generando posibilidades de nuevas fuentes de empleo.

Indicadores de desempeño

- Cantidad de residuos reciclados por tipo de producto plástico, en peso por periodo de tiempo (Kilogramos/mes, toneladas/año).
- # de tipos de insumos plásticos que son reutilizados en la finca por año.
- Dinero invertido en el manejo de residuos sólidos por periodo de tiempo ($/año).
- Dinero recuperado por la venta de materiales valorizables por periodo de tiempo ($/año).
- Cantidad de personas capacitadas en el manejo de residuos.
- Número de personas que participan de las campañas de recolección de residuos sólidos en las comunidades aledañas a la finca.

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de labores a trabajadores en puestos estratégicos en campo y planta empacadora. Sin embargo, es muy posible que sea necesario nombrar al menos 2 trabajadores a tiempo parcial para la labor de limpieza, selección, acopio, registro y entrega de los residuos. Este número varía con el tamaño de la operación, es de esperar que fincas más grandes manejen volúmenes mayores de residuos y requieran más personal.
- *Externo:* Si en la finca no se cuenta con una persona capacitada en gestión ambiental es conveniente contratar los servicios de un profesional externo para la elaboración del plan de gestión de residuos plásticos. También es posible que se requieran los servicios de gestores de residuos autorizados.

Referencia de Costos:

- Creación del centro de acopio, depende del tamaño y las técnicas constructivas.
- Mano de obra para las nuevas labores. Por ejemplo, en Costa Rica para recolección de piola de los campos de piña se destinan aproximadamente $75/hectárea/año en mano de obra[23]. El coste de mano de obra dependerá de los salarios pagados por región y las técnicas utilizadas por cada finca, lo mismo que la extensión de esta.
- Transporte entre sitios y hacia los puntos de destino final.
- Pago a los proveedores de co-proceso y materiales de manejo especial.
- Una parte de este programa se puede financiar con la venta de materiales valorizables en los lugares donde este servicio esté disponible.
- Si es necesario contratar a un profesional en gestión ambiental el coste es de aproximadamente $175/$225 por día y el tiempo que se debe destinar para el trabajo depende de la escala de la operación.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La agricultura sostenible debe promover ecosistemas saludables, la equidad social y económica, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad. Así que el objetivo de la implementación de esta medida es reducir/eliminar el impacto de los residuos plásticos de las operaciones agrícolas, en la salud humana y del medio ambiente, a un costo accesible para la finca. Promoviendo la resiliencia de los sistemas y combatiendo el cambio climático a través de la eliminación del vertido y quema de residuos plásticos provenientes de las fincas, lo cual constituye una inversión a futuro:

- En agua de calidad para el proceso de producción y riego.
- En suelos saludables, evitando la compactación por incorporación de material plástico.
- En ingresos económicos a partir de la comercialización de residuos valorizables. - Mostrando una buena imagen ante los clientes, por reconocimientos de estándares de sostenibilidad.
- Asegurando el cumplimiento legal y la alineación de la operación con los objetivos mundiales de desarrollo sostenible.

23 Consulta experto 2022

Casos de éxito

Bananos Ecológicos de la Línea Noroeste (BANELINO) es una asociación de 227 pequeños productores orgánicos de banano (promedio de 3 hectáreas) ubicados en la Línea Noroeste de la República Dominicana, distribuidos en cinco zonas geográficas: Juliana Jaramillo, Amina, San Isidro, Hatillo Palma y La Caída. Las fincas mantienen distintas certificaciones, como Comercio Justo, Demeter y Global Gap.

Las personas productoras miembros de BANELINO recolectan, separan y transportan los residuos sólidos a centros de acopio que la organización ha instalado en puntos estratégicos de cada región. La administración del grupo se encarga de su traslado hacia los sitios de procesamiento.

En este contexto BANELINO con el apoyo de cooperación internacional gestionó un proyecto de instalación de una planta de procesamiento de residuos plásticos recuperados de las fincas, principalmente fundas sin insecticidas, material que es transformado en esquineros plásticos “cornerboards”, los cuales son utilizados en el proceso de paletizado para exportación.

La próxima etapa para BANELINO es aprovechar otros tipos de residuos y experimentar con mezclas de diferentes residuos que les permitan generar esquineros de mayor calidad.

Centros de acopio donde los productores depositan sus residuos sólidos.

Camión de Banelino trasnportando residuos plásticos al centro de proceso.

Centro de transformación de plástico, fábrica de esquineros para paletizado.

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca. Actualmente se mantiene certificada bajo diversas normativas internacionales como parte de su compromiso de producción responsable y sostenible, entre ellas: ISO 14001, Global GAP, Rainforest Alliance, BRC Global Standards.

Desde 2010, la empresa inició la implementación de un programa de recolección y gestión responsable de residuos, cuyo objetivo era valorizar, reducir y usar los residuos desde la fuente de generación, logrando disminuir paulatinamente los desechos no valorizables. Como complemento se instalaron recipientes para la clasificación en las instalaciones de la finca.

Mediante capacitación han logrado que el personal disponga los residuos, de manera separada y así no incurrir en gastos posteriores para esta actividad. Actualmente se tiene una iniciativa de no uso de plástico en la soda-comedor de la empresa, entregando materiales biodegradables para eliminar el uso de plástico de un solo uso.

Transporte de residuos al centro de acopio.

Por otro lado, se cuenta con dos trabajadores a tiempo completo que se dedican al traslado de los residuos ya separados hasta el centro de acopio, en donde se verifican, empacan, pesan y almacenan, para luego entregar las pacas de material a un gestor autorizado.

Upala Agrícola utiliza cobertura plástica en el suelo, razón por la cual genera alrededor de 22.000 kilos de plástico al año. La mayor parte de los residuos son enviados a Recyplast, empresa que procesa plásticos de origen agrícola para hacer esquineros utilizados en la actividad de paletizado, mangueras y otros insumos.

Los envases de agroquímicos se les realiza triple lavado, se perforan y almacenan aparte de los demás residuos plásticos.

Estos materiales se separan para ser devueltos a cada proveedor. Finalmente son llevados a las instalaciones de la Fundación Limpiemos Nuestros Campos, en donde el plástico se clasifica, compacta y tritura para ser usado como materia prima en la fabricación de postes, tuberías sanitarias, y basureros, otros.

Proceso de verificación de la separación de los residuos.

Referencias

[1] Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios (cepal.org)
[2] Datos y Cifras: Residuos. Datos y cifras | Naciones Unidas
[3] What are microplastics. https://oceanservice.noaa.gov/facts/microplastics.html
[4] What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317
[5] Assessment of agricultural plastics and their sustainability. A call for action. Assessment of agricultural plastics and their sustainability: A call for action (fao.org)
[6] Evaluación del impacto ambiental de los desechos sólidos producidos en la actividad bananera. Vista de Evaluación del impacto ambiental de los desechos sólidos producidos en la actividad bananera. (tec.ac.cr)
[7] Background on Biodegradable Additives https://bpiworld.org/resources/Documents/Biodegradable%20Additives%20Fact%20Sheet%20v8%20July%2009.pdf
[9] Objetivos de Desarrollo Sostenible. Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible (un.org)
[10] Plástico y la Salud. https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/03/Plastic-Health-Spanish.pdf
[11] Determinantes Ambientales de Salud. https://www.paho.org/es/temas/determinantes-ambientales-salud
[13] Materiales plásticos: tipos, composición y usos. https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/#:~:text=El%20pl%C3%A1stico%20es%20un%20material,de%20vinilo%20y%20el%20estireno.

Otras consultas:

- Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo. Gestión de residuos - Jordi Pon (cepal.org)
- Manual técnico para la producción de semilla de piña. http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/39/33/507-1?inline=1
- Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021. https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/ministerio-de-salud/planes-y-politicas-institucionales/planes-institucionales/714-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file
- Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149/146
- Sea of Opportunity. Sea-of-Opportunity-Plastics-Report-full-report.pdf (encouragecapital.com)

Colaboración de Experto:
Ingeniera Ambiental. Laura Robleto Villalobos
Email: consultoraecobalance@gmail.com

Sensibilización de colaboradores en temas medioambientales

29

Categoría A

BANELINO, República Dominicana

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

A

Medidas Relacionadas

La práctica de sensibilización se considera complementaria a las diferentes medidas de sostenibilidad elaboradas como parte del Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 1.3.3 y 1.3.4

Criterio de Comercio Justo- para Fruta Fresca 2018, V2.4
Requisito: 3.2.26, 3.2.33, 3.2.37

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 5.6.3.4

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

Sensibilización de colaboradores en temas medioambientales

FICHA 29

Descripción de la medida

La Educación Ambiental es un proceso mediante el cual se busca transmitir conocimientos y enseñanza respecto a la protección del entorno natural con el objetivo de propiciar hábitos y conductas en la población a favor del medio ambiente[1].

Fuente: Ministerio Medio Ambiente, 2022

La Carta de Belgrado (1975)[2], explica los objetivos que persigue la Educación Ambiental:

- **Conciencia:** mayor sensibilidad y conciencia del medio ambiente en general y de los problemas relacionados.
- **Conocimientos:** adquirir una comprensión básica del medio ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y función de la humanidad en el medio.
- **Actitudes:** adquirir valores sociales y un profundo interés por el medio ambiente, que impulse a participar activamente en su protección y mejoramiento.
- **Aptitudes:** adquirir las aptitudes necesarias para resolver problemas ambientales.
- **Capacidad de Evaluación:** evaluar las medidas y los programas de educación ambiental en función de los factores ecológicos, políticos, económicos, sociales, estéticos y educacionales.
- **Participación:** desarrollar un sentido de responsabilidad y toma de conciencia de la urgente necesidad de prestar atención a los problemas del medio ambiente, para asegurar que se adopten medidas adecuadas al respecto.

Mediante estos objetivos, la educación ambiental busca generar un balance entre el desarrollo social y la conservación del medio ambiente.

En el ámbito productivo, los programas de educación y sensibilización ayudan a promover el desarrollo de agroecosistemas más eficientes y sustentables con un menor impacto ambiental y social al proteger la biodiversidad, disminuir las pérdidas de la fertilidad del suelo y la contaminación del agua, reducir el uso de insumos externos que generan emisiones en el medio ambiente y contribuir con las comunidades no solo propiciando oportunidades de trabajo sino proporcionando alimentos más saludables.

1 Definición tomada del Ministerio de Medio Ambiente. Chile. 2022
2 La carta de Belgrado es un documento internacional de educación ambiental redactado durante el Seminario internacional de educación ambiental de Belgrado, que se llevó a cabo del 13 al 22 de octubre de 1975.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático.

- Promueve el desarrollo de políticas, prácticas y conductas, que buscan generar conciencia en los trabajadores, comunidades y estudiantes de centros educativos sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales.
- Favorece el manejo adecuado y responsable de los residuos sólidos y líquidos, buscando disminuir la contaminación en el medio ambiente.
- Promueve la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad a nivel de paisaje.
- Incentiva la implementación medidas cotidianas dirigidas a la mitigación de gases de efecto invernadero que pueden ser adoptadas por los colaboradores, tales como el uso racional de la energía y el agua, la calibración de equipos que consumen combustibles fósiles y la correcta utilización de dosificadores durante aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, entre otras.

Beneficios para la persona productora

- Permite dar a conocer los esfuerzos de desarrollo de una producción amigable con el medio ambiente.
- Favorece la integración del personal en las políticas de conservación que adopta la finca.
- Fomenta el liderazgo y el trabajo conjunto entre los colaboradores.
- Fortalece la relación con las comunidades cercanas e integra los centros educativos en las iniciativas de sostenibilidad que se promueve la finca.
- Genera cambios en la dinámica productiva propiciando mejoras en actividades y equipos con un menor impacto en el medio ambiente, facilitando al mismo tiempo el cumplimiento de la legislación y de normativas internacionales.
- Promueve una mejor imagen a nivel local y regional como base para la comercialización de productos.

Beneficios para el personal participante

- Despierta la conciencia, fomenta la sensibilidad y el respeto por la naturaleza.
- Contribuye a la formación profesional de los trabajadores.
- Brinda herramientas necesarias para la toma de decisiones informadas y medidas responsables.
- Permite que el trabajador pueda relacionar cómo sus acciones protegen y preservan el medio ambiente.

Metodología de implementación de la medida

Para el diseño de un programa de educación y sensibilización ambiental, la persona productora puede seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Diagnóstico o evaluación de necesidades

Los programas de educación ambiental deben atender las necesidades ambientales, formativas y comunitarias previamente identificadas según la realidad de cada finca. Razón por la cual es importante llevar a cabo un análisis que ayude a determinar estas necesidades en colaboración con actores claves (trabajadores, proveedores, vecinos y organizaciones) y considerando también requerimientos definidos en normativas nacionales o internacionales aplicables al sector agrícola.

De esta manera, ***por ejemplo***, si la finca se ubica en un área con déficit de precipitaciones y constantes sequía, quizá una necesidad sea sensibilizar al personal en el tema de ahorro del agua, recurso indispensable para actividades de irrigación y procesamiento, e incluir en la iniciativa a otros grupos o actores que se localicen en la misma cuenca hidrográfica.

Como ayuda para el diagnóstico, la persona productora puede orientar este paso respondiendo la siguiente pregunta:

¿Qué necesidades va a satisfacer el programa? Para lo cual debe considerar algunas acciones específicas, tales como:

- Verificar la existencia de programas de educación ambiental en la región, que puedan ser adaptados por la finca de manera que se aprovechen los recursos ya generados, evitando duplicar esfuerzos.
- Considerar conocimientos y estrategias de sensibilización ambiental, adquiridos o desarrollados previamente.
- Identificar actividades educativas, necesarias y posibles de realizar, definiendo temas ambientales prioritarios a ser atendidos.
- Valorar las sugerencias de las audiencias potenciales (trabajadores, proveedores, comunidades, entre otros), conociendo así su percepción y necesidades con respecto a temas de interés [3]. Estas acciones son de alta relevancia, ya que facilitan el acercamiento y aceptación de posibles cambios en la dinámica productiva \]dirigidos a generar un menor impacto ambiental.
- Analizar los posibles obstáculos para el desarrollo exitoso del programa.

3 Este acercamiento con partes interesadas puede realizarse por medio de reuniones, generando lluvia de ideas o mediante encuestas dirigidas, o alguna otra metodología participativa.

Diagnóstico: Temas Medioambientales Relevantes		Aplicable a Finca
Conservación del suelo	Manejo de cobertura vegetal	✓
	Prácticas de control de erosión	✓
Cambio Climático	Medidas de adaptación al cambio climático	✓
Biodiversidad	Monitoreo de especies indicadoras	
	Identificación y control de especies exóticas invasoras	✓
Ecosistemas Naturales	Conservación de bosque ripario	✓
	Formación de rutas de conectividad entre ecosistemas	
Recurso Hídrico	Uso racional del agua	✓
Residuos Sólidos	Gestión responsable del plástico	✓

Fuente: Elaboración propia, 2022

Tabla 1. Ejemplo de un programa de Educación Ambiental en una finca.

Los resultados del diagnóstico permiten seleccionar los temas que se van a ser desarrollados como parte del programa de educación ambiental (*ver tabla 1*), lo cual es la base para poder determinar los recursos (humano, materiales e inversión económica y de tiempo), así como las necesidades de los grupos participantes. Temas que serán ampliados en los siguientes pasos.

Paso 2: Alcance y estructura del programa

El programa de educación ambiental debe diseñarse con objetivos y metas realizables y definidas que muestren cómo contribuirán a que las personas tomen conciencia sobre su entorno natural. El programa debe tener el respaldo la Gerencia y estar en línea con las políticas ambientales de la organización. Estructura:

a. Objetivos

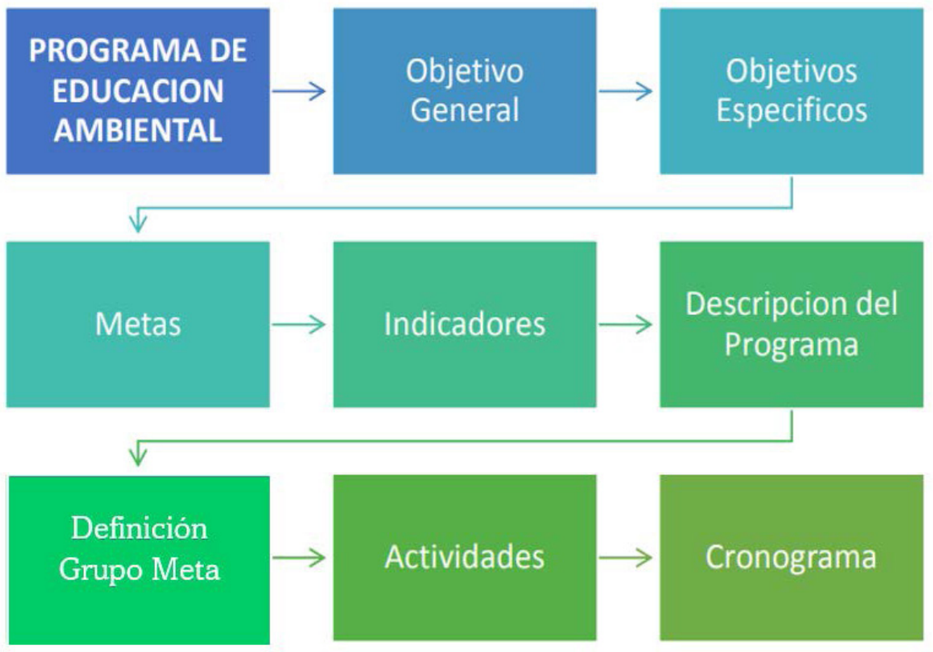
El programa puede incluir un objetivo general y varios específicos, dirigidos a mostrar los resultados deseados que se esperan alcanzar con la ejecución de las diferentes actividades. ***Por ejemplo:*** Sensibilizar al personal de finca en temas medioambientales, como parte de las iniciativas de sostenibilidad adoptadas por la finca.

b. Metas

Las metas muestran cuanto se desea alcanzar del objetivo propuesto. Por lo cual deben ser claras, medibles y con plazos de cumplimiento definidos. ***Por ejemplo:*** 80% del personal que labora en planta de proceso capacitado anualmente en el uso racional del agua. Siendo esta temática una de las actividades de capacitación incluidas en el programa.

En la elaboración de las metas y objetivos se consideran a priori los costos y beneficios, tangibles e intangibles, implicados en la consecución de los mismos.

Estructura del Programa de Educación Ambiental



Fuente: Adaptado de la Universidad Libre, 2017

c. Indicadores

Es la unidad de medida del objetivo. Es decir, se trata de una escala que permitirá medir el grado de alcance de la meta prevista[4]. Por ejemplo: # de trabajadores de planta de proceso capacitados en el uso racional del agua durante el año. Por otro lado, puede ser interesante, trabajar con indicadores de correlación[5], en este caso comparando el indicador previo con el consumo de agua (m3/persona/año) antes y después del que se haya logrado la meta. De esta forma se podrá valorar si la capacitación tuvo incidencia real en este tema, especialmente si se cuenta con hidrometros en áreas de uso común (planta de proceso, baños, comedores, oficinas, otros).

d. Descripción del programa

Como marco introductorio, se puede incluir un breve resumen del programa de educación y sensibilización que será ejecutado por la finca, iniciando con una presentación de la empresa, sus políticas, ubicación, zonas de conservación y especies de importancia, así como las áreas generales de interés consideradas en el programa (recurso hídrico, ecosistemas naturales, biodiversidad, conservación del suelo, residuos sólidos, cambio climático, entre otras) sobre las cuales se desligan los temas de capacitación que fueron identificados en el diagnóstico.

Se describe los periodos del año en que será implementado el programa, los recursos y equipos que serán necesarios, los sitios de entrenamiento, quienes serán los facilitadores y sus competencias, si se realizarán o no evaluaciones de validación de conocimientos y si se requiere la asistencia externa de profesionales para temas técnicos específicos, entre otras consideraciones.

En el caso de que la fincas amplie el alcance del programa a centros educativos y áreas comunales, es importante contar con una estrategia de promoción y difusión que asegure que las personas invitadas lleguen a la capacitación; así como la elaboración de materiales acorde a las edades y al nivel educativo de los participantes.

4 Definición de objetivos, indicadores y metas. DPI Estrategia, 2021
5 También se pude correlacionar con indicadores de referencia para el sector (fincas de piña o banano) o bien con indicadores internacionales: Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2019

e. Definición de grupo meta

El grupo meta hace referencia a las personas a las que va dirigido el programa de educación ambiental. En el caso de los trabajadores, es importante considerar las áreas donde laboran y el tipo de actividad que realizan. Así, por ejemplo, si uno de los temas de capacitación es el manejo de cobertura vegetal en la finca, es ideal seleccionar a personal de campo que tiene relación con el control de arvenses mediante medios manuales, mecánicos o químicos.

Por otro lado, si la actividad educativa es acerca del uso racional del agua, es posible que la persona productora considere que es un tema general que afecta y beneficia a todo el personal, por lo cual el grupo meta sería todos los colaboradores de finca. Finalmente, si el programa también incluye capacitaciones en centros educativos o comunidades, el grupo meta puede orientarse a las características de la población (edad, género, escolaridad, discapacidad, entre otras), lo cual facilita el proceso de planeamiento de actividades y creación de materiales, logrando un programa inclusivo y acorde a las características y necesidades de cada participante.

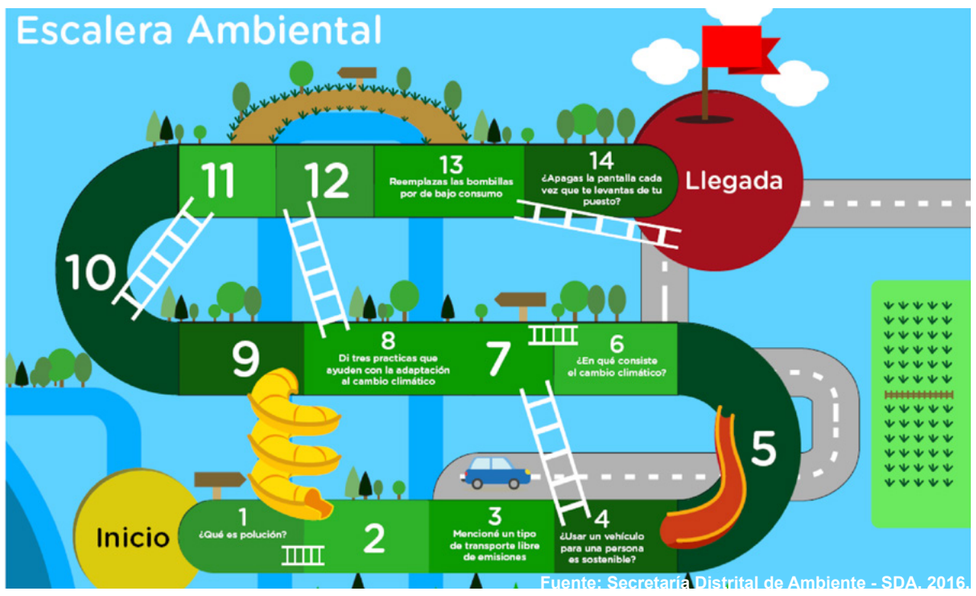
f. Actividades

Los programas de educación ambiental pueden desarrollarse mediante diferentes actividades metodológicas, tales como: charlas, talleres, juegos, dinámicas, entre otros. La elección de la metodología ideal va a depender de factores como las características del grupo meta, espacio físico disponible, presupuesto, cantidad de personas y duración de la actividad. Tomar en cuenta estas condiciones es importante porque permite un mejor control de grupo y comprensión de los temas a exponer.

Hay dos metodologías básicas, que deben ser orientadas por un profesional:

- Metodología Participativa: tiene como fin que los participantes de las capacitaciones o talleres aprendan mediante la acción y el juego, incluyendo actividades lúdicas, con movimiento que permiten explotar destrezas y habilidades.
- Metodología Magistral: consiste en hacer una exposición oral y explicar conceptos y aspectos importantes de un tema en específico, no incluye actividades.

En todo caso lo idea es utilizar las dos metodologías y realizar un taller dinámico y participativo donde se expongan conceptos y aspectos importantes de diferentes temáticas, sin dejar de lado la parte lúdica.



g. Cronograma

Permite ordenar e integrar los temas y actividades de capacitación de forma calendarizada, lo cual facilita el seguimiento y evaluación de resultados. Además, ayuda a realizar ajustes de acciones planificadas que no fueron ejecutadas e, incluso, para reprogramarlas o incluir nuevas actividades.

El cronograma es el paso final de la estructura del programa, en donde se resumen la información relevante. Se incluye en la tabla 2 un ejemplo.

PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	Finca La Hacienda					Código: CTAS-GH-SST- PG03 Versión: 01 Fecha: 1 enero 2022				
Objetivo General: Sensibilizar al personal de finca en temas medioambientales, como parte de las iniciativas de sostenibilidad adoptadas por la finca.						Programa de Educación y Sensibilización Ambiental 2022				
Area	#	Tema de capacitacion	Objetivos	Meta	Responsable	Grupo Meta	Presupuesto	Fecha	Tipo de Actividad	Ejecutado
Conservacion del suelo Biodiversidad	1	Manejo de Cobertura Vegetal	Conocer y conservar las coberturas beneficias	a. Participación del 80% del grupo seleccionado b. Avance de 30 hectareas por año en coberturas benéficas	Agrónomo de Finca	20 trabajadores (personal de chapea, motoguadaña, herbiceros)	$300,00	21/5/2022	Práctica: recorrido de identificación en campo/ uso de guía de arvenses	✓
	2	Identificación y Control de Sps Exóticas Invasoras	Identificar y controlar las especies exóticas con características invasivas	a. Participación del 100% del grupo seleccionado b. Eliminación de especies exóticas invasivas en 1 de los 3 ecosistemas de la finca, para finales del 2022	Biólogo Externo	Comité Ambiental10 trabajadores (formado por: 5 hombres y 5 mujeres, personal voluntarios de planta y campo)	$500,00	19/6/2022	Práctica: recorrido de identificación en campo/ uso de guía de especies	✓
								10/7/2022	Práctica: Control de especies exóticas e inventario	Pendiente

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 2. Ejemplo de un cronograma de un programa de educación ambiental.

Paso 3: Implementación del programa

Una vez desarrollado el programa, la persona productora puede iniciar su ejecución, siguiendo el cronograma de las actividades establecido y realizando ajustes y reprogramaciones según se necesite. De esta forma es importante considerar situaciones imprevistas que pueden ocurrir, así como el ingreso de nuevo personal durante el año que debe ser incorporado en los grupos meta, o la condición de multitrabajo que pueden realizar algunas personas en la finca.
También se debe determinar el número de participantes máximo por grupo, la distribución de las capacitaciones y la repetición de una misma temática durante el año (de ser necesario), considerando la rotación del personal.

La persona productora debe tener en cuenta la disponibilidad de espacios seguros, cómodos, ventilados y lejos de distracciones para el mejor aprovechamiento de las actividades que serán realizadas de forma magistral; así como la programación de las charlas durante horas laborales o en "tiempos muertos". Por ejemplo: en días donde se programen aplicaciones de agroquímicos aprovechando la permanencia del personal fuera de su área de trabajo en espera del cumplimiento de los periodos de reingreso, situación común durante las fumigaciones aéreas en fincas de banano.

Las actividades realizadas fuera del horario de trabajo deben estar en común acuerdo entre las partes y respetando los criterios legales aplicables.

Por otro lado, la duración y cantidad de sesiones de capacitación dependerá de los objetivos, las metas, el grupo meta y la metodología a ser aplicada. Tome en cuenta los siguientes consejos:

- No exceder los 60min por sesión.
- Realizar actividades donde los participantes no deban estar en una sola posición.
- Si va a realizar una serie de sesiones con un tema específico, no espere mucho tiempo para darle continuidad. Se recomienda máximo 1 mes de distancia entre un taller y otro, esto ayudará a mantener frescos los conceptos.

Como parte de las estrategias de implementación del programa, se pueden subir videos o presentaciones cortas, utilizando plataformas o redes sociales utilizadas por los trabajadores.

Finalmente recordar que las instalaciones, las actividades y los materiales didácticos de apoyo, deben ser accesibles para personas con necesidades especiales.

Paso 4: Evaluación del programa

Es importante revisar y actualizar una vez al año el programa de educación ambiental, con el propósito de mejorarlo, incluir nuevas temáticas de interés, asignar responsabilidades y maximizar esfuerzos futuros.

Indicadores de desempeño

- % de capacitaciones ejecutadas contra planificadas
- Cantidad de trabajadores capacitados en la finca
- # de trabajadores capacitados por grupo meta
- Reducción anual de un recurso de interés[6] una vez concluidos los eventos de capacitación en dicha temática. Ver ejemplo de indicador de correlación
- # de estudiantes que asistieron a los eventos de capacitación

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Personal capacitado que puede replicar temáticas y actividades de capacitación
- *Externo:* Profesionales en educación ambiental y expertos en temas específicos

Referencia de Costos:

- Capacitación y entrenamiento del personal de finca, brindado por un profesional (225$/día).
- Materiales. Variable según la actividad y el número de talleres de capacitación. Sin embargo, mediante consulta a profesionales se estima que para un grupo de 100 trabajadores (4 grupos de 25 personas), con asistencia a dos actividades anuales, el costo sería de unos $250.

Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El planteamiento de estrategias de educación ambiental ayuda a formar individuos con una mayor conciencia y sensibilidad hacia las acciones que podrían tener impactos negativos sobre los recursos naturales, incentivando la búsqueda de soluciones ante problemáticas ambientales y promoviendo la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad que resguardan las fincas.

Un punto clave de la educación ambiental, es el desarrollo de lideres y el trabajo conjunto del personal para alcanzar metas, a la vez que fortalece la relación con las comunidades vecinas, ejes muy importantes el sostenimiento y apoyo de la gestión de la finca. En este sentido un empleado capacitado trabaja más motivado, aumenta la productividad de la empresa, se siente más seguros de tomar mejores decisiones y mejora el clima organizacional.

6 Por ejemplo *agua, electricidad, fertilizante, otros*

Casos de éxito

Estrella Verde, es un proyecto desarrollado mediante una alianza entre la empresa Dole y la Cooperación Alemana para el Desarrollo, GIZ, con un abordaje integral en la gestión del paisaje en el Valle La Estrella, Limón, Costa Rica. El proyecto se basó en cinco componentes: **educación ambiental**, restauración ecológica, energía y agricultura, biodiversidad y carbono neutralidad, como modelo de producción sostenible para la industria bananera[7].

En la iniciativa, se desarrolló entre julio de 2016 a junio de 2019, en donde participaron cerca de 1.500 colaboradores de DOLE en Valle La Estrella; así como miembros de la comunidad local, incluyendo al colegio técnico profesional de la zona, la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), y la asociación ANAI dedicada a la conservación.

Mediante talleres de capacitación, bajo un esquema participativo, se entrenaron cerca de 50 personas de las cuales 15 de ellas fueron mujeres, en metodologías de muestreo de bioindicadores seleccionados: macroinvertebrados acuáticos, anfibios, mamíferos y escarabajos estercoleros; estableciéndose a la vez un grupo permanente de trabajo de 25 personas.

Para promover la reforestación en el Valle La Estrella, fueron identificadas áreas potenciales en función de los objetivos de conectividad ecológica del paisaje. Una vez identificadas estas áreas, los propietarios de esas tierras fueron contactados para alentarlos a formar parte de los esfuerzos de reforestación del proyecto. Veintitrés finqueros participaron en talleres de sensibilización, de los cuales fueron seleccionados quince (aquellos con mayor interés en reforestar sus fincas).

Desarrollándose un plan específico de reforestación para cada uno, según sus necesidades y situación particular con una meta de 10 hectáreas por año.

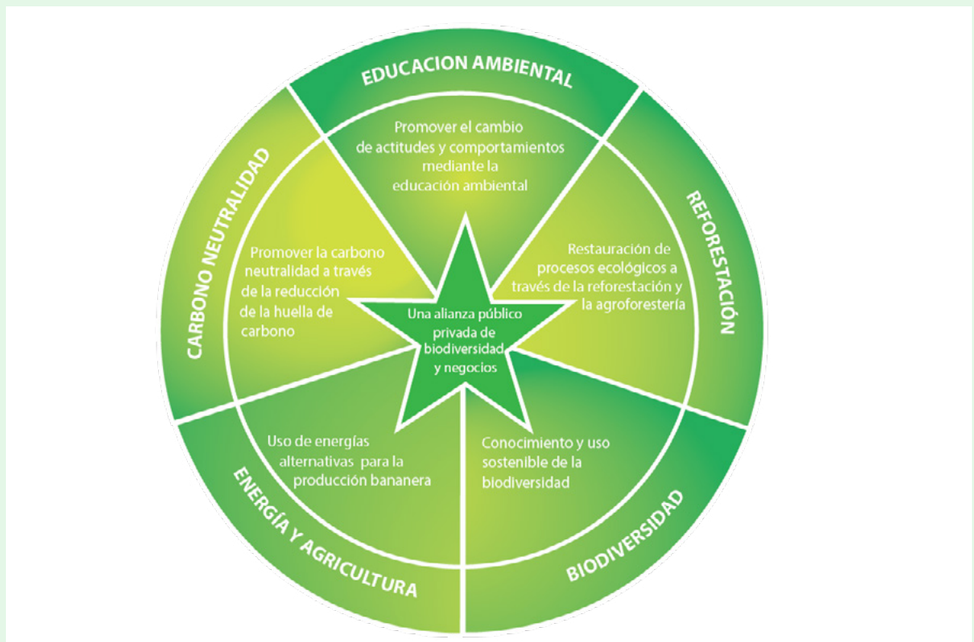
Dole desarrolló un programa de educación ambiental para estudiantes, con contenidos de biodiversidad, cambio climático, carbono neutralidad y manejo de residuos sólidos, el cual fue plasmado en una serie de folletos educativos que fueron distribuidos en escuelas y colegios de la región.

A partir de este programa se desarrollaron cuatro módulos para talleres de educación ambiental inspirados principalmente en juegos lúdicos y vivenciales, así como dinámicas grupales dirigidos a estudiantes de primaria y secundaria.

Adicionalmente, se elaboró una guía de facilitadores con la metodología del taller y sus módulos, con el fin de replicar las actividades en otros centros educativos de la zona.

El programa también benefició a colaboradores de la empresa Dole, los cuales participaron en talleres a cargo de personal capacitado en temas ambientales.

Los objetivos comunes de esta alianza de múltiples actores son el motor de la Iniciativa Estrella Verde. Una de las claves del éxito de esta alianza ha sido la buena relación que por años ha existido entre la empresa Dole y la comunidad, la cual se ha profundizado gracias al proyecto, ayudando a alcanzar de una forma más rápida y efectiva las metas propuestas.



Fuente BPM, 2019

7 Iniciativa Estrella Verde: Sostenibilidad en el paisaje productivo. GIZ, 2020

Casos de éxito

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Upala, perteneciente a la provincia de Alajuela. La finca presenta una extensión mayor a las 2.500 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca y más de 1.000 hectáreas en zonas boscosas.

La empresa trabaja bajo un modelo de gestión ambiental, que busca la integración de las comunidades y centros educativos en sus actividades diarias, así como la formación de su personal con el objetivo no sólo de mantener la calidad y la productividad en la finca, sino de fomentar la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente.

GDS-006.REG-001. PROGRAMA DE CAPACITACION
AÑO 2022.
Fecha: 24-01-2022

Nombre del Tema	Instructor	Población Meta	Fecha de Inicio/Semana	Duración Estimada (hrs)	Status
Manejo seguro de agroquímicos	Servicio Fitosanitario del Estado- Ministerio de Agricultura y Ganadería (SFE-MAG)	Aplicadores, bodegueros de agroquímicas, colaboradores de mezcla de planta, fumigación de control de calidad y lavandería EPP	13	3	ok
Política de Sostenibilidad	Gestor	Encargados, personal de siembra, recolección, deshija,	15,22,32	1	ok
Manejo de Residuos	Gestor	Encargados y personal de recolección de residuos	23	1	ok
Manejo y conservación de suelos	Jefe de preparación de terreno	Personal de preparación, operarios de maquinaria agrícola	14	2	Proceso

Fuente Upala Agrícola, 2022

Bajo esta premisa, anualmente se elabora un programa de capacitación con un alcance multitemático, según las necesidades de formación identificadas en la finca, y dirigidos a diversos grupos meta.

A nivel comunal los talleres que se ofrecen están orientados a fomentar la protección de zonas boscosas, mantos acuíferos, evitar las quemas, promover el tratamiento y disposición adecuada de desechos y reciclaje de los residuos valorizables.

Centros educativos, cercanos, como lo son: Campo Verde, Chimurria, San Jorge, Quebrada Grande, Santa Rosa y San Luis, entre otros, participan activamente en charlas y visitas al vivero, realizándose frecuentemente jornadas de reforestación con especies nativas en diversos sitios de interés.

Los trabajadores, también son un grupo clave, razón por la cual la finca busca fortalecer sus destrezas para realizar las tareas en diferentes áreas y sensibilizar en temas medioambientales. Para el 2022, algunas de las charlas realizadas por parte de Upala

Agrícola, se enlistan a continuación:

- Política de sostenibilidad
- Manejo seguro de agroquímicos
- Manejo de residuos
- Manejo y conservación de suelo
- Variabilidad climática
- Resultados de monitoreo de biodiversidad en áreas boscosas de la finca

Cada evento de capacitación se registra y se busca trabajar una metodología participativa y práctica para lograr una mejor comprensión de los temas.

Referencias

[1] ¿Que es educación ambiental? https://educacion.mma.gob.cl/que-es-educacion-ambiental/#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20proceso,permitan%20a%20todas%20las%20personas
[4] Definición de objetivos, indicadores y metas. https://dpiestrategia.com/areas-consultoria/definicion-de-objetivos-indicadores-metas
[5] ¿Sabes cuánta agua consumes? https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes#:~:text=De%20acuerdo%20a%20la%20Organizaci%C3%B3n,de%20consumo%20como%20de%20higiene.
[7] Iniciativa Estrella Verde: Sostenibilidad en el paisaje productivo. https://www.bpmesoamerica.org/wp-content/uploads/2020/01/Dole.pdf

Otras consultas:

- Agroecología y Sustentabilidad. http://www.scielo.org.mx/pdf/conver/v15n46/v15n46a4.pdf
- Educación ambiental y agro-sostenibilidad empleando la investigación como estrategia pedagógica. https://revistascientificas.cuc.edu.co/culturaeducacionysociedad/article/view/2170/1935
- Formulación del programa de educación ambiental para la gestión del plan institucional de gestión ambiental. https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11035/Proyecto%20Formulaci%C3%B3n%20del%20Programa%20de%20Educaci%C3%B3n%20Ambiental%20en%20FONCEP.pdf?sequence=1
- Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CG009094.pdf
- La Iniciativa Estrella Verde Un modelo integral innovador de gestión del paisaje para satisfacer las demandas del consumidor europeo. https://www.bpmesoamerica.org/wp-content/uploads/2018/06/2018_04_01-FactSheet-Estrella-verde.pdf

Colaboración de Experto:
Gestora en Recursos Naturales María Paola Solano Salas
Email: psolanosalas@gmail.com

Mapas de sostenibilidad

30

Categoría A

Fyffes, Costa Rica

Categoría de Ficha

Las fichas **Categoría A** son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático**

A

Medidas Relacionadas

4 Análisis y control de erosión
6 Cobertura vegetal viva
7 Labranza de bajo impacto
9 Control de deriva
10 Control biológico de plagas
11 Barreras naturales en áreas de actividad humana
15 Fuentes de energía renovable y alternativa
16 Identificación y control de especies exóticas invasoras
18 Recuperación de hábitats naturales degradados
19 Zonas de protección de recurso hídrico
20 Reservorios de biodiversidad
21 Establecimiento de sistemas forestales con especies nativas
22 Rutas de conectividad internas y externas
24 Protección de polinizadores
25 Monitoreo de especies indicadoras del ecosistema
27 Reservorios de agua

Estándares Internacionales relacionados con la medida

Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3
Requisitos: 1.2.10, 6.2.1

Criterio de Comercio Justo- para Fruta Fresca 2018, V2.4
Requisito: 3.2.24, 3.2.32

Estándar de Agricultura Sostenible para Cultivos 2020, V2-2.
Indicador: 3.1.2.2

Plazo de Implementación

Hasta 2 años

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

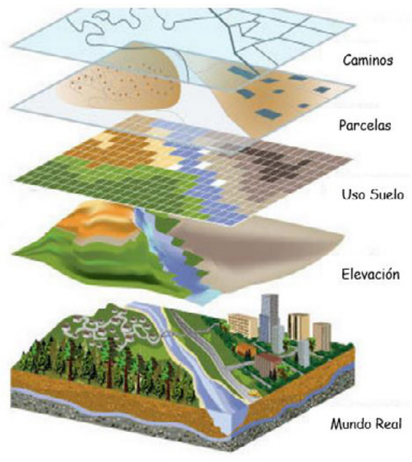
FICHA 30

Mapas de sostenibilidad

Descripción de la medida

Los sistemas de información geográfica[1] (SIG) son herramientas de gran utilidad en la planificación y toma de decisiones aplicables a diversos tipos de proyectos. La tecnología actual permite mediante el desarrollo de mapas integrar y evaluar distintas variables que pueden influir en un lugar determinado de la Tierra.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad los sistemas de información geográfica facilitan la medición, análisis, simulación, planificación y predicción de diversos escenarios aplicables a distintos elementos territoriales y antrópicos como: espacios urbanos, carreteras, comunidades vecinas, zonas de cultivo, proyectos forestales, ríos, bosques, áreas protegidas, entre



Fuente: Adaptado Southwest Georgia Regional Commission, 2022

Su amplia aplicabilidad va desde la gestión de riesgos naturales, el ordenamiento territorial, así como la adaptación al cambio climático y el manejo sostenible de recursos naturales.

1 El término hace referencia a un sistema de software, hardware y procedimientos elaborados que facilita la gestión, manipulación, análisis, modelado y representación de datos georreferenciados, para resolver problemáticas de planificación y gestión. El SIG se trabaja con bases de datos espaciales (geodatabases), archivos shapefile, GML, KML, y muchos otros formatos vectoriales. MappingGIS. 2018.

El SIG se emplea a diferentes escalas, siendo un recurso de gran ayuda para gobiernos locales, ONGs, universidades, programas de investigación y proyectos de índole ambiental y productivo.

En la actualidad, existen diversos aplicativos de uso libre para la elaboración de mapas digitales con innumerables herramientas para su desarrollo, como: Google Earth, My Maps[2], QGIS, entre otros.

Para el sector agrícola, un mapa digital brinda a la persona productora la posibilidad de registrar, entre sus atributos, características de la unidad productiva como: extensión del terreno, zonas de cultivo, variedades utilizadas, infraestructura, así como también ubicar áreas de importancia para conservación y zonas pobladas aledañas a la finca.

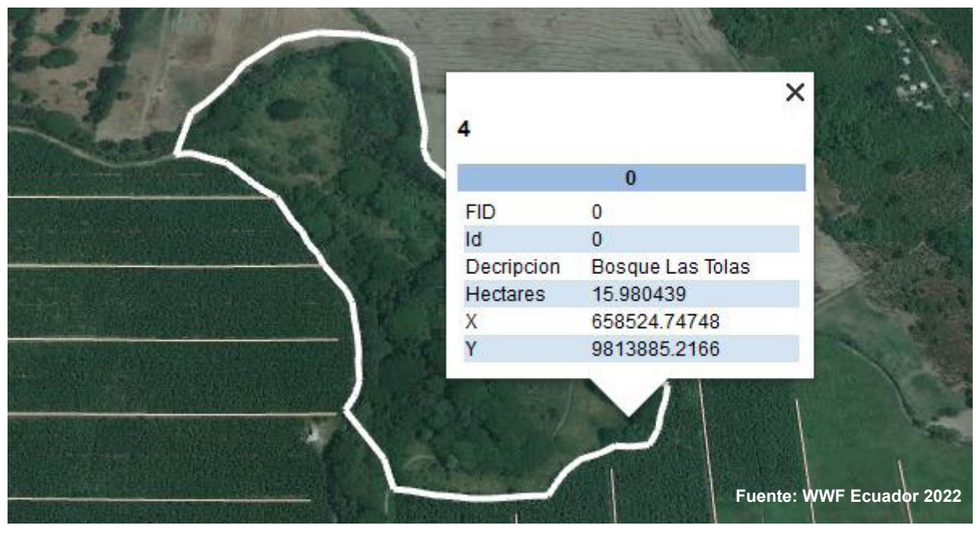
Permitiendo ordenar, cuantificar y asignar un lugar en el espacio a un conjunto específico de datos que no sólo brindan información sino ayudan a optimizar los proyectos, mitigando riesgos y facilitando tomar decisiones más acertadas. De esta forma, los mapas permiten visualizar el estado actual de diferentes sitios y/o elementos de interés, planificando acciones de mejora y mostrando avances en el tiempo. En este sentido, si la persona productora incluye como parte de sus objetivos de gestión la implementación de un programa de cobertura vegetal en canales primarios, puede mostrar en el mapa la condición de estos, reflejando no sólo la ubicación y longitud del sistema de canales, sino también la presencia/ausencia de cobertura natural, determinando a futuro la necesidad real de siembra.

La aplicación de esta medida orienta a personas productoras, gerentes de proyectos y administradoras de grupos, la posibilidad de tomar decisiones informadas, gracias al análisis espacial de distintas variables. A continuación, se detallan los pasos para la implementación de un mapa de sostenibilidad empleando herramientas sencillas/asequibles y recursos disponibles de libre acceso.

Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Facilita la valoración de la biodiversidad presente en la finca, al incorporar y mostrar por medio de mapas la presencia y abundancia de diferentes grupos de interés entre ellos especies polinizadoras.
- Permite presentar el avance en el aumento de áreas de reservorios de biodiversidad, corredores naturales y zonas de protección alrededor de ecosistemas acuáticos; así como el crecimiento de áreas de remoción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que pueden ayudar a la finca alcanzar la carbono neutralidad.
- Muestra el esfuerzo de siembra de especies vegetales en diferentes puntos de la unidad de producción, flora que beneficia la biodiversidad asociada.



Finca Elba- Bosque las Tolas

Beneficios para la persona productora:

- Facilita la integración de las características de los distintos objetos o elementos geográficos, ejemplo: cultivo, ríos, fuentes de extracción de agua, barreras vegetales, infraestructuras, vías, entre otros.
- Fortalece la planificación de actividades, simplificando la identificación de sitios con necesidades que requieren ser atendidas o mejoradas.
- Ayuda a evidenciar cambios en períodos de tiempo determinados, por ejemplo, incremento de la cobertura vegetal en canales de drenaje en un lapso específico.
- Refuerza el cumplimiento de requisitos legales, mostrando el nivel de avance y la implementación de actividades relevantes.
- Permite almacenar y accesar información fácilmente[3] desde cualquier parte del mundo, datos que pueden ser compartidos con los socios comerciales.
- Favorece la imagen de la persona productora a nivel local, regional e internacional, lo que beneficia la comercialización de la fruta en mercados internacionales que demandan productos de calidad que respeten el medio ambiente.
- Facilita la participación de las fincas en certificaciones de reconocimiento internacional como Rainforest Alliance y Comercio Justo.

Metodología de implementación de la medida

El desarrollo de mapas de sostenibilidad permite a la persona productora gestionar información relevante que permita demostrar de forma gráfica el desarrollo y avance de actividades productivas e iniciativas de conservación adoptadas en la finca. Para el diseño de los mapas es importante considerar diferentes variables teniendo en cuenta la condición inicial observada en los sitios y elementos de interés, los requisitos legales aplicables, los programas y herramientas a ser utilizadas[4]; así como los planes de mejora incluyendo los objetivos y metas proyectadas y la verificación de avances.

A continuación, se amplían las acciones a seguir por parte de la persona productora:

Paso 1. Determinación de objetos o elementos geográficos[5] de interés

La primera actividad es la identificación de los objetos o elementos geográficos ubicados tanto dentro como fuera de la finca los cuales serán incluidos en los mapas, mostrando diferentes características o atributos[6] (identificación, posición, condición, extensión).

2 Herramientas de uso libre para elaboración de mapas sugeridas en la Guía M: Vegetación Nativa y Ecosistemas Naturales, Rainforest Alliance 2021

3 Algunas aplicaciones no requieren conocimientos previos de nivel técnico, como por ejemplo QGIS, tienen una interfaz intuitiva y recursos disponibles en línea como tutoriales, guías y manuales que permiten a todos los interesados crear mapas digitales.

4 El procesamiento de datos puede realizarse mediante el uso de sistemas de información geográfica como son los programas de entidades como ESRI (ArcMap), OSGeo (QGIS) y el uso de plataformas como Google My Maps y Google Earth

5 Objeto o entidad geográfica. Es un objeto sobre el que la aplicación SIG guarda no sólo información alfanumérica (nombre ciudad) sino también información geográfica (área de la ciudad) que permita representarlo gráficamente sobre un mapa. Universidad de la Coruña, 2019

6 Atributo geográfico. Es un atributo que representa información referente a una característica geográfica del objeto al que pertenece (posición, extensión, etc.) y se representan por figuras geográficas. Universidad de la Coruña, 2019

Un ejemplo de algunas variables que la persona productora puede considerar para el desarrollo del mapa de sostenibilidad, se describe en la tabla a continuación, incluyendo elementos, atributos, objetivos y tipo de figura geográfica que representa espacialmente el objeto a ser considerada.

Figuras geográficas (Ver figura 1[7]):

Punto (●): Utilizados para ubicar sitios específicos como obras de infraestructura menor, pozos, puntos de monitoreo o muestreo, puntos de toma o descarga de agua, sitios de evacuación, entre otros.
Líneas (–): Para visualizar el trazado de carreteras, vías de acceso, caminos, infraestructura, ríos o quebradas, canales de drenaje, rieles o cableado eléctrico, otros.
Polígonos ( ): Empleados para representar áreas como parcelas, zonas de conservación, barreras vegetales, ecosistemas terrestres o acuáticos.

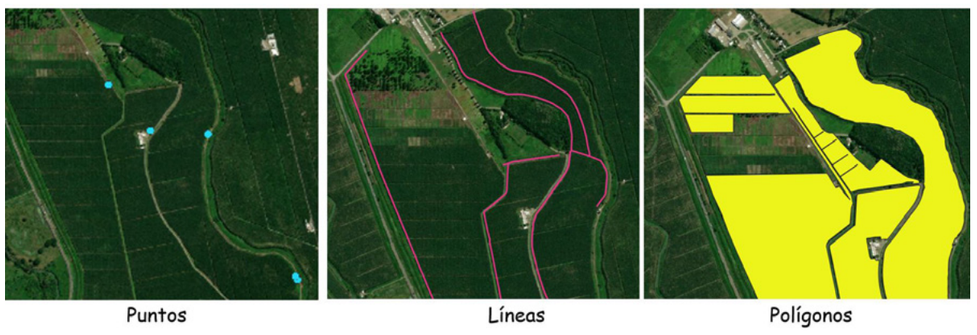


Figura 1. Tipos de figuras geográficas

La información descrita en la tabla 1, permitirá a la persona productora elaborar un mapa que puede ser utilizado no sólo para visualizar estos sitios claves de forma gráfica, sino también para indicar su condición actual o línea base, direccionando las acciones de mejora a ser desarrolladas, temas ampliados en las siguientes secciones.

Nombre Capa[8]	Objeto o Elemento	Características / Atributos	Objetivo	Figura
Cobertura Vegetal 1	Área de Cultivo	- Secciones cultivo con arvenses naturales - Secciones de cultivo con coberturas introducidas	- Determinar la linea base de cada tipo de cobertura (hectáreas) - Medir el avance anual (hectáreas)	Polígono
Cobertura Vegetal 2	Canales Drenaje	- Canales primarios con cobertura - Canales secundarios con cobertura	- Determinar la linea base (metros lineales) - Medir el avance anual de la práctica (metros lineales)	Línea
Control Erosión	Canales Drenaje	- Canales primarios erosionados - Canales secundarios erosionados	- Determinar la linea base (metros lineales) - Medir la disminución anual de áreas erosionadas (metros lineales)	Línea
Labranza Mínima	Área de Cultivo	- Área de finca bajo manejo de labranza mínima	- Determinar la linea base (hectáreas) - Medir el avance anual de la práctica (hectáreas)	Polígono
Barreras Naturales Caminos	Caminos públicos	- Perímetro de vías públicas con barreras naturales	- Determinar la linea base (metros lineales) - Medir el avance anual de la práctica (metros lineales)	Línea
Barreras Naturales Infraes-tructura	Infraes-tructura	- Perímetro de infraestructura de finca (bodegas, oficinas, planta de proceso, talleres, otros) con barreras naturales - Perímetro de infraestructura vecina (Viviendas, Iglesias, centros de salud, otros) con barreras naturales	- Determinar la linea base (metros lineales) - Medir el avance anual de la práctica (metros lineales)	Línea
Ecosistemas Acuáticos	Cauces Naturales	- Zona de protección de cauces naturales (ríos, quebradas, esteros, lagunas, otros)	- Determinar la linea base (hectáreas) - Medir el avance anual de la práctica (hectáreas) para cumplir con la separación definida por ley	Polígono
Reservorio de Bio-diversidad	Reservorio	Área bajo reservorios de biodiversidad	- Identificar la ubicación y extensión (hectareas) de reservorios de biodiversidad en la finca (anualmente)	Polígono
Biocorredor	Corredor Biológico	- Áreas en conectividad biológica dentro de la finca	- Identificar la ubicación y extensión (hectareas) de reservorios de biodiversidad en la finca (anualmente)	Polígono
Especies Indicadoras	Ecosiste-ma Natural	- Sitio identificado con presencia de especies indicadoras	- Identificar la ubicación y abundancia (# de individuos) de especies indicadoras (anualmente)	Punto
Especies Polinizado-ras	Ecosiste-ma Natural	- Sitio identificado con presencia de especies polinizadoras	- Identificar la ubicación y abundancia (# de individuos) de especies polinizadoras (anualmente)	Punto
Especies Invasoras	Ecosiste-ma Natural	- Sitio identificado con presencia de especies invasoras	- Identificar la ubicación y abundancia (# de individuos) de especies invasoras (anualmente)	Punto
Proyecto Forestal	Parcela Forestal	Área en proyectos forestales con especies nativas	- Identificar la ubicación y extensión (hectareas) de proyectos forestales con especies nativas en la finca (anualmente)	Polígono
Fuentes de energía renovable	Infraes-tructura	- Sitios con presencia de fuentes de energía renovable y alternativa	- Identificar la ubicación y número de dispositivos de energía renovable funcionales (anualmente).	Punto
Hidrómetros	Estación de Riego	- Estaciones de riego con hidrómetros	- Identificar la ubicación y número de dispositivos de medición funcionales en cada fuente de extracción (anualmente)	Punto
Irrigación	Irrigación Sistema de Riego	Área con sistemas de riego optimizados	- Identificar la ubicación y extensión (hectareas) de las secciones de finca con sistemas de riego optimizados (anualmente)	Polígono

Tabla 1. Atributos a ser incluidos en el mapa de sostenibilidad de una finca

7 Imágenes ilustrativas - Mapa digital con puntos de muestreo de agua, líneas de canales de drenaje y polígonos de áreas de producción de la finca bananera María José, Proyecto de Banano Sostenible (2022) Dole Ecuador.
8 En las herramientas de desarrollo SIG orientadas a cartografía, la información se almacena por capas. Cada capa contendrá por tanto toda la información referente a un tipo de objeto geográfico. Universidad de la Coruña, 2019
9 En las herramientas de desarrollo SIG orientadas a cartografía, la información se almacena por capas. Cada capa contendrá por tanto toda la información referente a un tipo de objeto geográfico. Universidad de la Coruña, 2019

Paso 2. Análisis de requisitos legales aplicables

Paralelamente es importante verificar la normativa (nacional o internacional) relacionada con los elementos o sitios de interés, considerando temas como presencia de barreras naturales, cumplimiento de zonas de exclusión química y distancias mínimas entre el cultivo y áreas sensibles de actividad humana o ecosistemas[10], entre otros. Valoración necesaria para direccionar las acciones a ser implementadas.

Paso 3. Establecimiento de la línea base

El siguiente paso es la determinación de la línea base de los elementos que serán incluidos en los mapas, para lo cual es necesario llevar a cabo un análisis en campo que pueda ayudar a visualizar la condición y características asociadas a dicho elemento. Actividad para la cual la persona productora, se puede apoyar de diferentes herramientas, tales como libreta de notas, cinta métrica, dispositivos de sistemas de geoposicionamiento (GPS) e inclusive drones cuando se requieren hacer mediciones en áreas extensas o de difícil acceso.
Una opción es el uso de teléfonos inteligentes, siempre y cuando los dispositivos incorporen sistemas de navegación por satélite multiglobal (GNSS) y puedan recolectar puntos de ubicación utilizando diferentes aplicaciones. La precisión[11] en este caso dependerá de la antena del dispositivo móvil, la recepción satelital y el clima.

Cuando se utilicen dispositivos de GPS la persona productora puede mejorar la precisión de la recolección de datos en el campo teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Esperar al menos 60 segundos en un lugar antes de recopilar la geolocalización. Esto se debe a que el receptor GPS del dispositivo necesita tiempo para conectarse a la constelación de satélites GNSS y encontrar la ubicación actual. Hacer esto aumentará la precisión del receptor.
- Colectar los datos cuando el cielo esté lo más despejado posible, ya que las nubes interrumpen la señal y reducen la precisión del dispositivo.
- Ubicarse un área abierta de ser posible ya que la cubierta de los árboles, edificios y otros objetos (metálicos) interrumpen la señal y reducen la exactitud de los datos.
- Verificar la precisión del dispositivo y la cantidad de satélites conectados, usando aplicaciones adicionales, como por ejemplo GPSTest.

Así, ***por ejemplo***, si uno de los proyectos en finca, es la arborización de las vías públicas cercanas a la unidad de producción y la meta a 3 años plazo es lograr desarrollar una barrera alta y compacta en la totalidad del perímetro del camino priorizando el uso de especies nativas. Entonces la persona productora debe inicialmente realizar un recorrido evaluativo en el área para poder determinar las secciones de la vía con y sin cobertura natural o bien con presencia de especies exóticas invasivas mostrando en el mapa, para el año de línea base, la ubicación y la distancia de la carretera, así como la condición actual de la barrera en cada segmento según las características observadas:

- Longitud total de la vía pública: 2.160 metros lineales (se considera la doble vía)
- Longitud de la vía con presencia de barrera establecida: 940 metros lineales (se representa con una línea blanca)
- Longitud de la vía sin barrera natural: 780 metros lineales (se representa con una línea naranja)
- Longitud de la vía con presencia de vegetación invasiva (algunas gramíneas): 440 metros lineales (se representa con una línea roja)

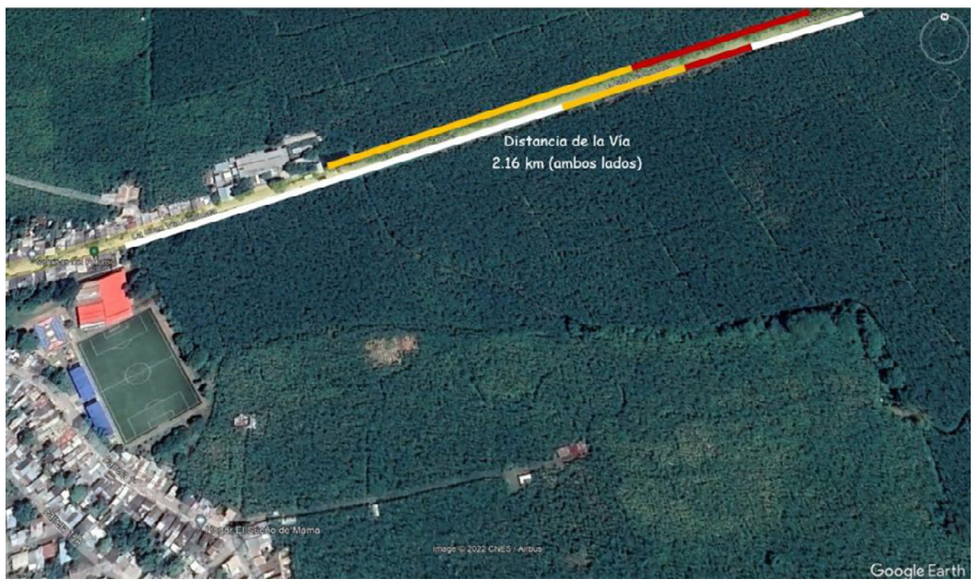


Imagen Satelital: Finca Teresa (Banano), 2022-Adaptada para el ejemplo

Este ejercicio debe repetirse periódicamente, al menos una vez al año; lo cual permite validar el nivel de avance en relación con la línea base, facilitando a la persona productora, actualizar los atributos del elemento u objeto seleccionado, y mostrar en el mapa los cambios y la información relevante según los objetivos y metas planteados inicialmente.

Paso 4. Conceptos técnicos adicionales para la recolección de datos geográficos.

Es importante tener en cuenta otros conceptos técnicos durante la recopilación de datos requeridos para el desarrollo de la línea base y para las evaluaciones comparativas anuales. La persona productora puede apoyarse de personal especializado en cada paso, para lograr obtener la información deseada y poderla representar en el mapa.

a. Configuración del Datum[12]

Los equipos GPS deben tener una correcta configuración del datum y sistema de coordenadas. El datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre con los cuales las medidas de la posición son tomadas; su función es hacer que un sistema de coordenadas geográficas represente fielmente la superficie de la Tierra y salve las irregularidades de la misma, ya que esta no es esférica.

Si bien existe un Datum global, cada continente o país ha definido uno propio para adaptar mejor el sistema de coordenadas geográficas a su superficie, ya que estas no suelen ser universales sino relativas al Datum de referencia elegido.
El sistema más común utilizado a nivel global es el WGS84 (World Geodetic System 1984) siendo por defecto el más usado en la mayoría de los dispositivos GPS y aplicativos móviles.
En conclusión, configurar el Datum del dispositivo GPS[13] es necesario para hacerlo coincidir con el Datum de la cartografía que se haya cargado en el mismo, ya que en caso contrario se pueden encontrar desviaciones de cientos de metros al localizar un punto sobre el mapa.

10 Zona de Protección del Recurso Hídrico: Colombia: 30 metros (Decreto 1449- Art 3b); Costa Rica: 10-15 metros (Ley Forestal 7575- Art 33b); Ecuador: 30 metros (Acuerdo 365- Art 14); República Dominicana: 30 metros (Ley 64-00- Art 129)
11 Los teléfonos inteligentes con GPS suelen ser precisos en un radio de 4,94 m en condiciones de cielo abierto. Sin embargo, la precisión de su dispositivo GNSS puede verse afectada por muchos factores, incluida la geometría del satélite, el bloqueo de la señal debido a edificios o árboles y las condiciones atmosféricas. The Institute of Navigation (ION), 2020
12 Qué es el Datum de las coordenadas geográficas y su uso en el GPS. AristaSur, 2018.
13 Costa Rica, Colombia, Ecuador y República Dominicana

b. Sistemas de coordenadas y transformaciones[14]

El sistema de coordenadas incluye información numérica que permite localizar objetos o entidades en la superficie de la tierra, realizar análisis espacialmente precisos y crear mapas. Se tiene dos sistemas de coordenadas que definen los datos:

- Horizontales, localizan los datos en la superficie de la Tierra
- Verticales, localizan la altura o la profundidad relativas de los datos

Las coordenadas se pueden especificar de muchas formas, como en grados decimales, pies, metros o kilómetros. Por ejemplo (Finca Earth- Banano, Guácimo, Limón en Costa Rica):

- Coordenadas en Grados decimales: 10.183228; -83.601768
- Coordenadas en Grados sexagesimales (Grados, minutos y segundos). Latitud Norte: 10º 10’ 59,621”; Longitud Oeste: 83º 36’ 6,364”. - Coordenadas y Zona UTM (En Metros). Este 214926.6263123, Norte 1126815.8406052/ Zona 17.

Si la persona productora toma las coordenadas con un dispositivo móvil haciendo uso de aplicaciones como Google Maps, que por defecto emplea un sistema decimal es probable que estas deban transformarse a un sistema de coordenadas UTM para posteriormente trabajar en un software libre. Para ello, se puede encontrar en la web varios sitios para transformar los distintos sistemas de coordenadas[15], como el que ofrece la entidad EPSG. Adicionalmente, es fundamental consultar la Zona UTM en la que está ubicada la finca o sitio de implementación del proyecto, empleando el mapa de Zonas UTM desarrollado por la plataforma ESRI. ***Por ejemplo,*** en la figura 2 se determina la zona UTM (18) para la Zona bananera en Magdalena, Colombia.

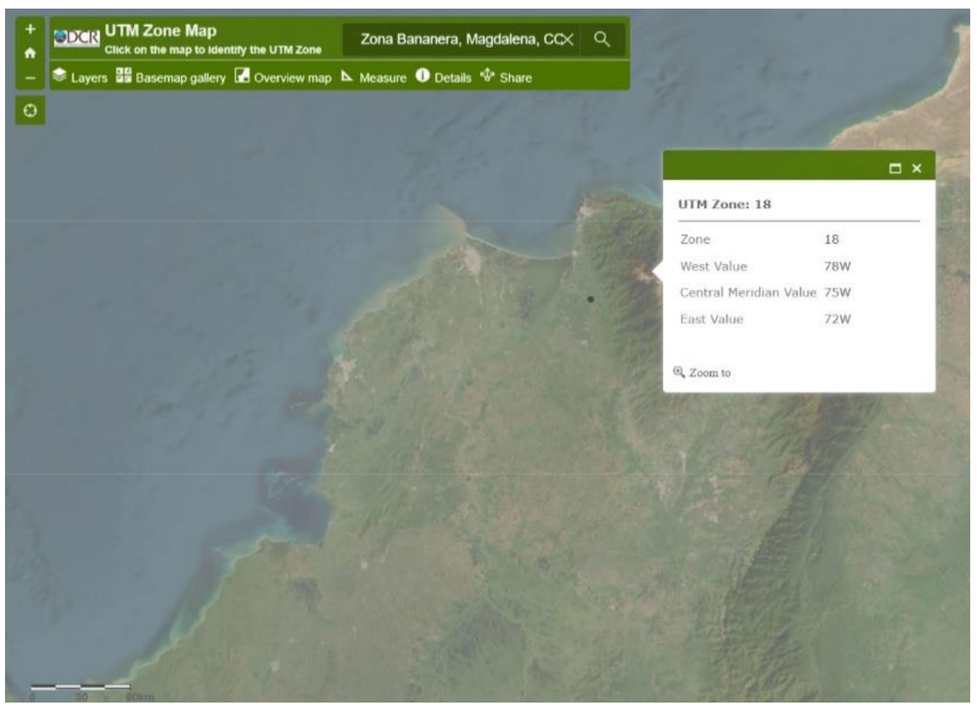


Figura 2. Zona UTM (18) para la zona bananera de Magdalena, Colmbia

Mediante un caso práctico, se ejemplifica paso a paso los conceptos presentados en las secciones anteriores.

Una persona productora de una finca de banano ubicada en la Provincia de los Ríos en Ecuador, decide considerar en su planificación anual el incremento de la zona de protección cercana al Río Pueblo Viejo (ecosistema que delimita con el área de cultivo), para lo cual necesita verificar el ancho actual de la franja de vegetación natural y la longitud del cauce natural; siendo la meta final el desarrollo de una barrera natural de al menos los 30 metros de ancho definidos por ley “Acuerdo 365-Art 14”. En este sentido, decide elaborar un mapa que le ayudará a desarrollar una estrategia práctica y realizar un análisis inicial en campo para observar el estado actual de la zona de protección utilizando como herramienta un dispositivo móvil con GPS, fijando en el sitio marcas de coordenadas o waypoint[16].

Durante la actividad la persona productora, guarda las coordenadas en la aplicación y las respalda en una libreta de campo, manteniendo un orden secuencial (Punto 1, Punto 2, Punto 3), para luego crear un archivo digital que servirá para situar los elementos en el mapa. Las coordenadas son trasladadas a una base de datos haciendo uso de utilitarios como Microsoft Excel (.xls) que será el programa principal para la elaboración del mapa.

Para reflejar en un mapa los elementos de mayor dimensión cercanos al río, como: áreas de cultivo, caminos o canales de drenaje, se utilizan líneas y polígonos, que son conjuntos de puntos que se intersecan formando una ruta o un patrón. Para su elaboración, la persona productora sigue el mismo protocolo utilizado en el levantamiento de los puntos, con la consideración de que debe diferenciar el conjunto de puntos que corresponden a cada elemento (Ej. Área productiva P1…P4, Barrera vegetal P5…P8).

id	X	Y	Nombre
1	664587,07	9807784,60	Área productiva
2	664754,58	9809154,07	Área productiva
3	664585,17	9807355,64	Área productiva
4	664892,32	9808657,31	Área productiva

14 Sistemas de coordenadas, proyecciones y transformaciones, ESRI, 2022
15 Otras referencias: coordenadas-gps.com, padeepro.com
Figura 2. Zona UTM (18) para la zona bananera de Magdalena, Colombia
16 El término “waypoint” es empleado para referirse a Una ubicación de interés, o un punto de referencia en una ruta, almacenado como coordenadas de latitud y longitud y, a menudo, capturado por un receptor GPS. ESRI, 2022.

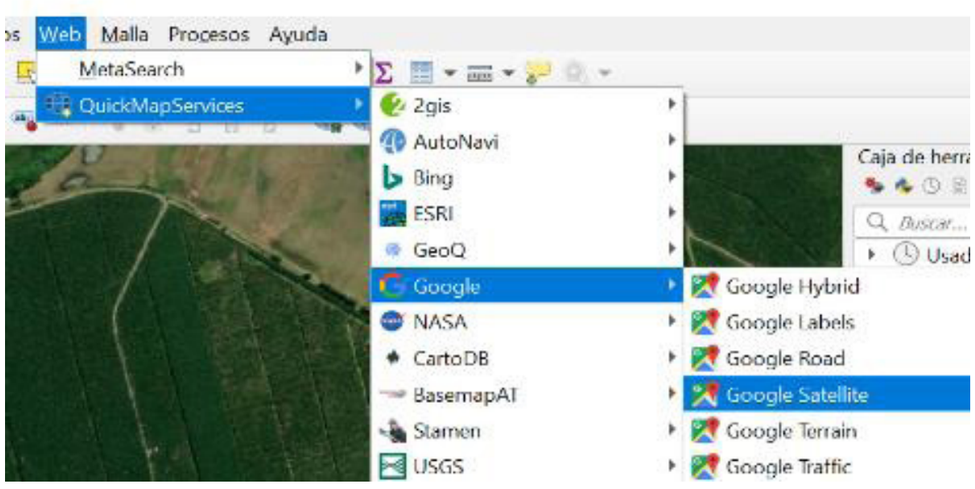
La información que se obtiene del levantamiento inicial de campo se denomina línea base y representa un punto de partida para el establecimiento de objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo. Es sumamente importante que los encabezados de las columnas del archivo de coordenadas detallen tanto las coordenadas (X/Y), su identificación o secuencia (1,2,3,4…) y la descripción del elemento. Los datos correspondientes a las coordenadas geográficas de cada uno de los elementos serán luego ingresados en el software de elección, como la herramienta gratuita de QGIS[17].

Paso 5. Procesamiento de datos geográficos

En la práctica, el proceso de análisis de datos es iterativo[18]. En cada paso se realiza una revisión, que ofrece la oportunidad de incorporar nuevos conocimientos adquiridos durante el proceso, permitiendo modelar y generar mapas, informes, estadísticas y resúmenes de análisis. Este ejercicio permite a la persona productora explorar e interpretar los resultados que serán utilizados para sacar conclusiones y tomar decisiones objetivas.

Dando continuidad al ejemplo anterior, si la persona productora decide utilizar el sistema QGIS para el procesamiento de la información recolectada, entonces en el ingreso de los datos debe seleccionar el comando Administrador de Fuentes de Datos, que habilita la carga del archivo Excel (.xls) con las coordenadas de la franja de vegetal natural que se va a implementar en la finca.

El sistema permite configurar las coordenadas y Zona UTM desde el comando ubicado en la esquina inferior derecha de la pantalla (icono globo terráqueo) EPSG:4326 y seleccionando la opción del listado que se despliega en la nueva ventana.

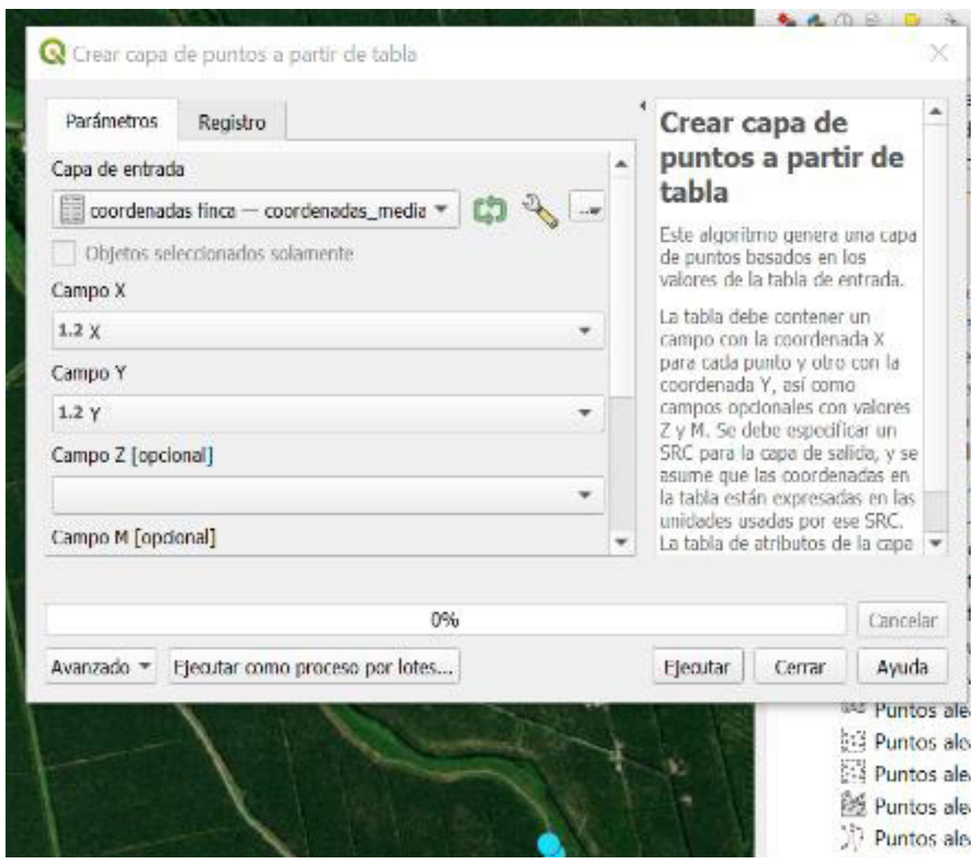


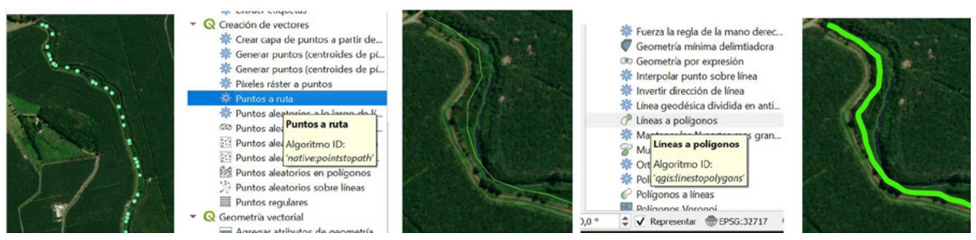
Para poder visualizar el mapa base donde se ubicarán todos los elementos, a través del menú complementos, se debe seleccionar la opción de administración e instalación, posteriormente buscar y escoger la opción QuickMapServices. Accediendo al menú Web en donde puede elegir el mapa satelital de preferencia.

Importante destacar que, independiente del programa que se utilice, es necesario que la persona productora o su equipo de apoyo se capacite en el uso óptimo de las diferentes herramientas y busque asesoría y ayuda técnica.

Para comprobar el cumplimiento de la legislación del país en cuanto a la restauración del bosque ripario, la persona productora del ejemplo debe crear el atributo que corresponde a la franja vegetal y posteriormente monitorear el crecimiento año a año. Para ello, con los datos ya ingresados, debe acceder a las herramientas para crear los puntos y luego construir las líneas y polígonos de los elementos.

Durante este proceso, se debe asegurar que la configuración sea la correcta en cuanto a la Zona UTM y sistema de coordenadas. Realizada la configuración se puede ejecutar la herramienta crear capa de puntos a partir de una tabla de datos. Esto reflejará en el mapa los puntos de referencia para la creación del polígono de la zona de protección. En cuanto los puntos sean ubicados en el mapa base, se puede iniciar la creación de líneas y polígonos con el uso de las herramientas como puntos a ruta y líneas a polígonos.





Paso 6. Planificación de actividades de mejora y presentación de avances

Considerando objetivos, metas e indicadores de desempeño definidos ya sea por la persona productora, solicitados por legislación nacional, o como requisito de cumplimiento de un estándar internacional previo a una certificación, es posible planificar y dar seguimiento a las mejoras en un lugar y tiempo determinado a partir de la información que se definió como línea base en el proceso inicial de recopilación de datos en campo.
Si la legislación local determina que un cultivo debe cumplir con el establecimiento de una zona de protección vegetal de 30 metros de ancho a partir del lindero de un cuerpo de agua con el objetivo de minimizar el impacto al ecosistema por deriva química durante el desarrollo de las actividades de fumigación y restaurar el bosque de galería y la conectividad a lo largo del cuerpo hídrico. La persona productora debe en este caso planificar el retiro del cultivo en esta franja y favorecer una estrategia de reforestación y regeneración natural.

Mediante la comparación periódica de indicadores[19], se puede evidenciar la mejora continua en el tiempo. La persona productora puede hacer uso de estos recursos para demostrar los avances y determinar metas a corto, mediano o largo plazo.

18 Se repite varias veces con la intención de alcanzar una meta deseada, objetivo o resultado.
19 Por ejemplo: Cantidad de hectáreas transformadas en zonas de protección del recurso hídrico.

Volviendo al caso de la finca de banano, la persona productora mide entonces los 30 metros que deberá establecer entre el cultivo y el cuerpo hídrico y los proyecta, para luego elaborar por ejemplo un plan de trabajo a 3 años plazo, periodo en el que plantea la implementación de una zona de protección mediante el uso de especies nativas, con un incremento de 10 metros por año, cambios que finalmente serían evidenciados mediante mediciones periódicas y luego transformadas a líneas y polígonos en el mapa de sostenibilidad, tal como se refleja en la figura 3.

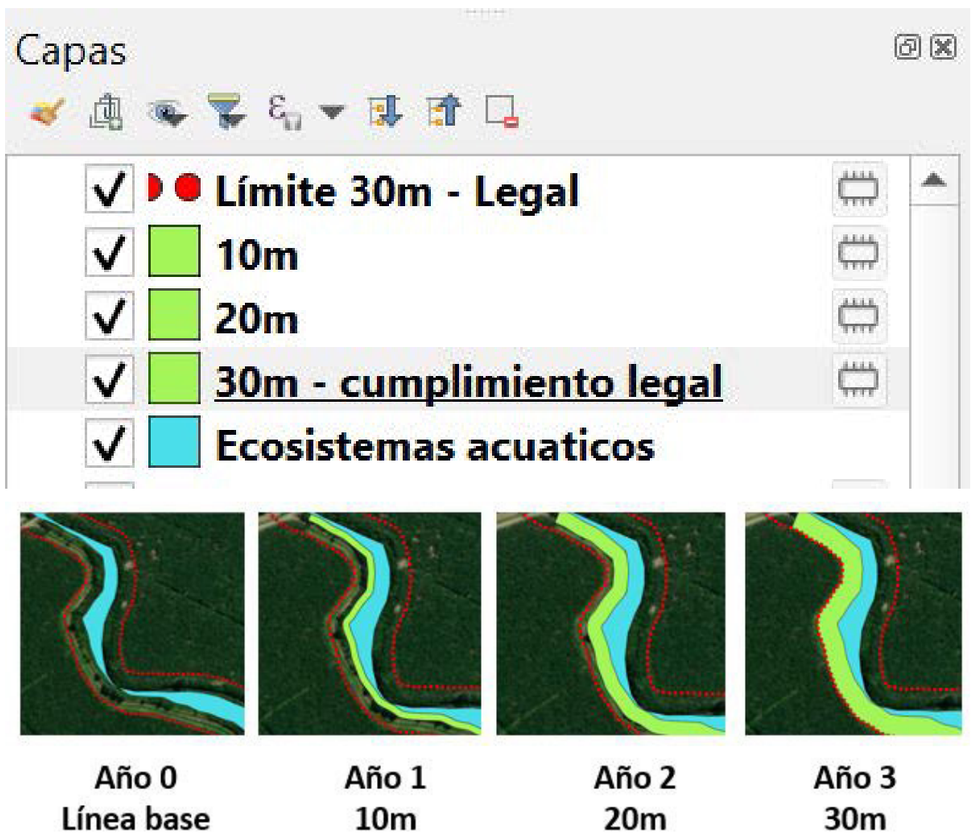


Figura 3. Mapa de proyección del avance de la estrategia de reforestación de la zona de protección de un cuerpo de agua de una finca.

Indicadores de desempeño

- Metros lineales de vías públicas con barreras naturales implementadas anualmente
- Metros lineales de infraestructura con barreras naturales implementadas anualmente
- Metros lineales de canales con cobertura vegetal implementada anualmente
- # de hectáreas de área de cultivo con cobertura vegetal establecida[20] en el año
- # de hectáreas en prácticas de labranza mínima en el año
- Cantidad de hectáreas transformadas en zonas de protección del recurso hídrico en comparación con la línea base (en %)
- # de sitios identificados en el mapa con presencia de especies indicadoras
- # de estaciones de riego identificadas en el mapa con hidrómetros funcionales
- Ahorro en $ una vez implementadas las acciones definidas en el plan de mejora

Nota: *la persona productora puede incluir más indicadores a partir de los objetivos planteados en la tabla 1 de objetos y elementos geográficos de interés a ser incluidos en el mapa.*

Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- *Interno:* Se sugiere la formación de un Comité Gestor en finca para facilitar la implementación de la medida, así como la asignación de 2 trabajadores (tiempo parcial) para darle seguimiento a las actividades de levantamiento de la información de cada capa e implementación de plan de mejoras.
- *Externo:* Profesional especialista en SIG o en ciencias ambientales.

Referencia de Costos:

- Dispositivo GPS para toma de coordenadas ($400)
- Computador con procesador i5 o i7 para soporte de software SIG ($400-$700)
- Pago de membresía a software para elaboración de mapas (opcional) ($112 al año)
- Acceso a internet de banda ancha ($40 mensual)
- Asesoría técnica para el desarrollo de mapas temáticos ($200 a $300 por mapa).
- Otros materiales: cinta métrica, flexómetro, cuaderno de campo ($20)
- Medidas de mejora implementadas, costo dependería de la realidad de cada finca.

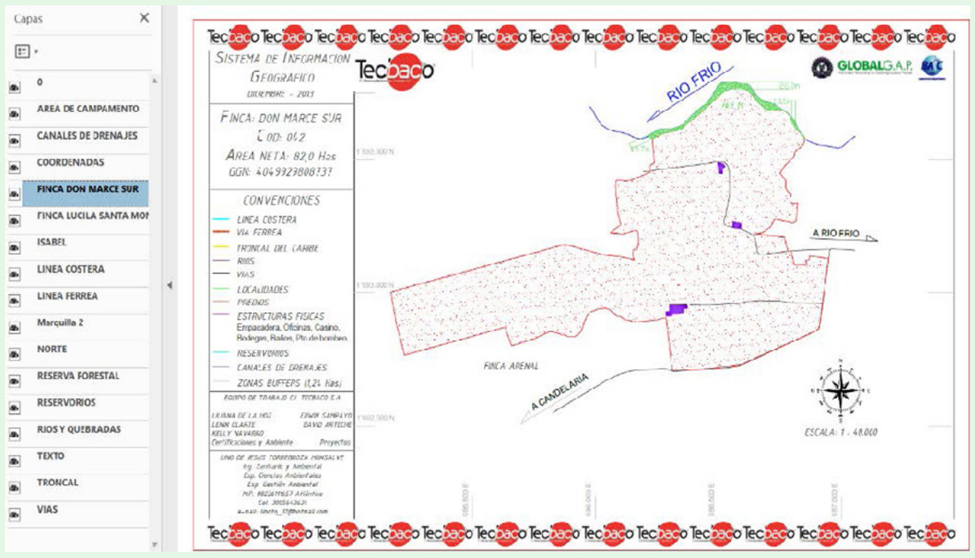
Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

El desarrollo de mapas digitales brinda a la persona productora la posibilidad de registrar características de la unidad productiva como la extensión del terreno, zonas de cultivo, variedades utilizadas, infraestructura, áreas de importancia para conservación y otros elementos de interés que deben ser atendidos como parte de una gestión integral responsable; facilitando de esta manera la planificación de actividades de mejora en sitios claves y permitiendo evidenciar los cambios en periodos de tiempo definidos, reforzando así el cumplimiento de temas legales y requisitos de programas de certificación. La persona productora que implementa la medida tiene en los mapas una herramienta de ayuda que orienta en la toma de decisiones y disminuye costos al priorizar actividades orientadas a la sostenibilidad.

20 Sin uso de herbicida y que mantiene una capa mínima de cobertura de cinco centímetros. Ver ficha #6 "Cobertura vegetal viva"

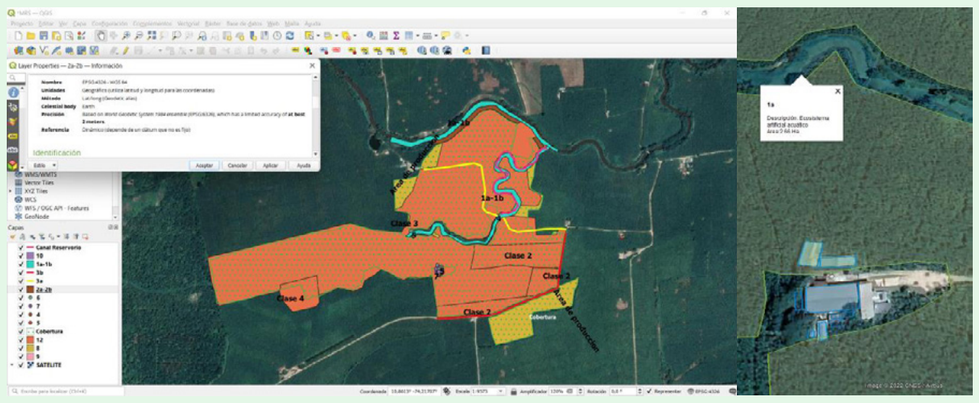
Casos de éxito

Don Marce Sur “MRS” es una unidad de producción de banano de 95,1 hectáreas ubicada en el Corregimiento de Varela, Municipio de la Zona Bananera en Magdalena, Colombia. MRS comercializa con la empresa Técnicas Baltime de Colombia S.A, y forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF; además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.



Desde el 2013 se han llevado a cabo trabajos de mapeo que muestran información base relevante de diferentes elementos y sitios de la finca, datos que han permitido a la administración establecer un plan de mejoramiento que se ha mantenido durante 10 años, en donde se ha implementado actividades dirigidas a expandir cobertura vegetal en áreas de cultivo y sistemas primarios de drenaje, ampliar las zonas de protección natural cercanas al Río Frio, determinar zonas de exclusión química en el perímetro del reservorio de agua, valorar necesidades de siembra de barreras junto a vías públicas e infraestructura, así como visualizar los tipos de suelos por lote e identificar elementos como hidrómetros, áreas de almacenamiento de residuos, puntos de extracción y descarga de agua, entre otros.

La información se ha trabajado en QGIS, y las capas se presentan en diferentes formatos (SPH y KMZ), lo cual permite observar cada una de las capas del mapa en la plataforma de Google Earth.



Casos de éxito

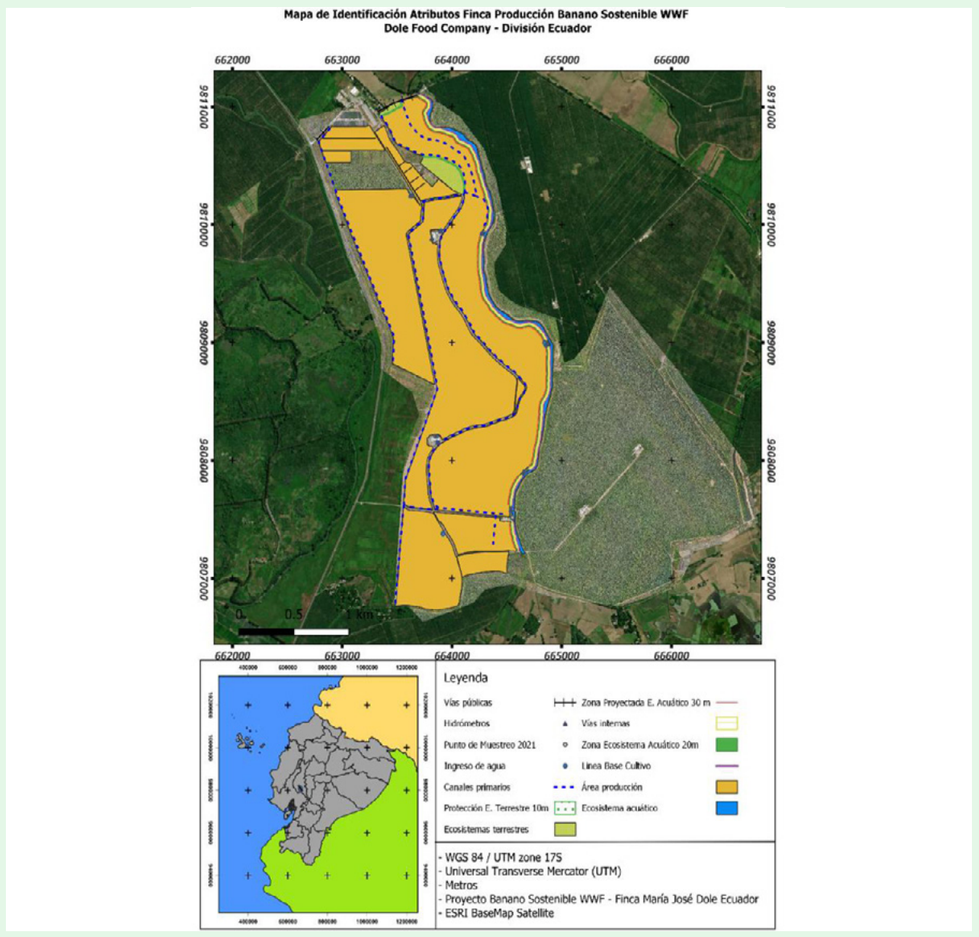
Finca María José es una unidad de producción de banano de 404 hectáreas, perteneciente a la empresa Dole, ubicada en la Provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Desde el 2014 se han llevado a cabo trabajos de mapeo que muestran información base relevante de diferentes elementos y sitios de la finca. Datos que han facilitado a la administración el desarrollo de un plan de mejora que se ha extendido por 10 años.

La finca mantiene una actualización de los mapas y archivos shapes incluyendo diferentes capas:

- Áreas (total y en producción)
- Ecosistemas naturales (acuáticos y terrestres)
- Vías públicas y áreas de infraestructura
- Áreas de almacenamiento de residuos
- Pozos e hidrómetros
- Canales primarios y secundarios
- Puntos de muestreo de pesticidas en agua superficiales
- Infraestructura (empacadora, bodegas, ect.)
- Pozos de observación de nivel freático y parcelas de muestreo de carbono

A finales del 2022, Dole realizó una actualización de medidas, utilizando drones, con el objetivo de determinar el avance de cobertura en canales primarios y una nueva línea base para secundarios con el objetivo de definir un nuevo plan de siembra.



Referencias

[1] Diez diferencias fundamentales entre SIG y CAD.10 diferencias fundamentales entre SIG y CAD - MappingGIS
[5-6-8-9] Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su Estado Actual. SisdeInfGeo(1).pdf (udc.es)
[11] Monographs of the Global Positioning System. Publications
[12] Qué es el Datum de las coordenadas geográficas y su uso en el GPS. https://www.aristasur.com/contenido/que-es-el-datum-de-las-coordenadas-geograficas-y-su-uso-en-el-gps
[14] Sistemas de coordenadas, proyecciones y transformaciones. Sistemas de coordenadas, proyecciones y transformaciones—ArcGIS Pro | Documentación
[16] Definición de Waypoint. https://support.esri.com/en/other-resources/gis-dictionary/term/54783c03-12b8-4bab-8ef7-4ed079e2bfa1
[17] QGIS Guidance. SA-G-SD-34-V1.1-QGIS-Guidance-On-Converting-And-Managing-Geospatial-Files.pdf (rainforest-alliance.org)

Otras

- Geoprocesamiento - informática con datos geográficos. https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000004000000.htm#:~:text=El%20geoprocesamiento%20es%20la%20ejecuci%C3%B3n,y%20automatizar%20las%20tareas%20SIG.
- GNSS en dispositivos móviles. Captura y análisis de datos brutos. Aplicaciones en posicionamiento estático y navegación PPK. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/172643/TFG_N%C3%89STOR_IGLESIAS_FREIRE.pdf?sequence=1
- Guía de usuario de QGIS. Guía de usuario de QGIS — documentación de QGIS Documentation -
- Los SIG creando un futuro sostenible. Esri UC 2021 | Los SIG creando un futuro sostenible | Esri Colombia

Colaboración de Experto:
Ingeniero Ambiental. Ángel David Castillo Guananga
Email: angel-castillo27@hotmail.com

Siguientes Pasos

A partir del desarrollo del Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático, y su aplicabilidad futura en fincas agrícolas, se pueden determinar algunas necesidades adicionales, dirigidas a facilitar su implementación y seguimiento, como parte de un programa de mejoramiento continuo.

Siguientes pasos y necesidades

Hojas de ruta

El objetivo es facilitar al pequeño productor la implementación de la medida, mediante un resumen de los pasos metodológicos de cada ficha, pero con un nivel técnico más sencillo.

Formación y transferencia

Diseño de herramientas de capacitación, que puedan transferir todo el concepto técnico al público meta: productores, gestores, técnicos, implementadores, evaluadores, otros.

Seguimiento y Monitoreo

Desarrollo de lista de monitoreo que permita la persona productora y su equipo autoevaluarse o bien que pueda ser utilizada como una herramienta de monitoreo externo por otras partes interesadas.

INTERNATIONALE KLIMASCHUTZ INITIATIVE

Del campo al plato

INA
Iniciativa para cadenas de suministro agrícola sostenibles

Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementado por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH