



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

CREANDO CADENAS DE VALOR
MUNDIALES RESPONSABLES
**PARA FRUTAS TROPICALES
SOSTENIBLES**

Guía técnica

Estrategias de adaptación al cambio climático para la industria de las frutas tropicales: Una guía técnica para productores y exportadores de piña



Estrategias de adaptación al cambio climático para la industria de las frutas tropicales: Una guía técnica para productores y exportadores de piña

Cita requerida:

FAO. 2024. *Estrategias de adaptación al cambio climático para la industria de las frutas tropicales: una guía técnica para productores y exportadores de piña*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc9310es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

ISBN 978-92-5-138659-0

© FAO, 2024



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado”.

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Índice

Abreviaturas	vii
Agradecimientos	viii
Resumen	xi

Capítulo 1.	
Introducción a la guía	1

1.1 Importancia mundial del cambio climático y sus repercusiones en la agricultura: ¿por qué es necesaria la adaptación?	1
1.2 El cambio climático y sus efectos en la producción y el comercio mundial de las frutas tropicales	3
1.3 La piña como importante fruta tropical de exportación en riesgo de sufrir las repercusiones del cambio climático	6
1.4 El Proyecto de Frutas Responsables y la Estrategia de la FAO sobre el cambio climático	8
1.5 ¿Cuál es el propósito de la guía y a quién va dirigida?	9
1.6 Metodología y limitaciones de la guía	10
1.7 Estructura de la guía	12

Capítulo 2.	
Alcance de la guía	13

2.1 Producción y exportación de piña	13
2.2 Tendencias climáticas que afectan a los principales países productores y exportadores	16
2.3 Las contribuciones determinadas a nivel nacional y la importancia de los Planes Nacionales de Adaptación para el sector agrícola	22

Capítulo 3.	
Riesgos climáticos que enfrenta la producción de piña	27

3.1 Temperatura	28
3.2 Precipitación	31
3.3 Salud del suelo	33
3.4 Vientos fuertes	34
3.5 Plagas y enfermedades	34
3.6 Floración temprana	35



Capítulo 4.	
Estrategia de adaptación al cambio climático para la piña	37
4.1 Agroforestería	39
4.2 Control de la floración natural mediante inducción artificial	41
4.3 Rotación de cultivos	43
4.4 Sistemas de drenaje	45
4.5 Sistemas de alerta temprana y sistemas de monitoreo	48
4.6 Manejo integrado de plagas (MIP)	51
4.7 Cultivos intercalados	58
4.8 Gestión integrada del agua agrícola	59
4.9 Acolchado (mantillo o <i>mulch</i>) y cultivos de cobertura	63
4.10 Protectores solares	68
4.11 Gestión de residuos	72
4.12 Cortinas rompevientos y cercas vivas	74
Capítulo 5.	
Discusión y conclusiones	79
Anexo 1	
Recursos sugeridos	87
Publicaciones y artículos técnicos y de orientación	87
Herramientas y sitios web	89
Notas de orientación y publicaciones completas	91
Referencias	92

Figuras

1. Principales frutas tropicales: proporciones del volumen (preliminar) de exportación por tipo, 2022, medido en miles de millones de USD, dólar constante (2014/16) y toneladas	7
2. Mapa de la distribución mundial de la producción de piña	14
3. Cantidades de exportación de piña de los principales exportadores 2018/22 (datos preliminares para 2022)	15
4. Temperaturas medias proyectadas para 2100, por modelo SSP y país productor de piña	17
5. Precipitación media proyectada para 2100, período de referencia 1995–2014, para los países productores de piña	18
6. Porcentaje de cambio de precipitación para 2100 utilizando el modelo SSP2-4.5, en países productores de piña	18
7. Puntos de entrada del sector privado en la planificación de las CDN relacionadas con los sectores agrícolas, por región y subsector	24
8. Plantación de piña cultivada en un sistema agroforestal en Ghana	39
9. Sistema de drenaje superficial por zanjas abiertas	46
10. Sistema de drenaje subterráneo utilizando drenajes enterrados	47
11. El sistema de drenaje eficiente y el control del nivel del agua son cruciales en el cultivo de piña en el delta del Mekong en Viet Nam	48
12. Flujo de información en un sistema de alerta temprana	49
13. Eliminación mecánica de malezas en Kenya	57
14. Sistema de cultivo intercalado de piña y maíz en México	58
15. Diseño <i>Keyline</i> como ejemplo de gestión integrada del agua agrícola	60
16. Ejemplo de residuos agrícolas de plantas de piña	64
17. Uso de acolchado de plástico y cultivos de cobertura en una plantación de piña en Ghana	65
18. Tractor con equipo modificado utilizado para colocar mantillo de plástico metálico plateado para el cultivo de piña en Malasia	66
19. Uso de diferentes redes de protección para la piña contra el sol directo	69
20. La cubierta de plástico reutilizable se usa para prevenir las quemaduras solares en las piñas MD-2 en Malasia	70
21. Sistema productivo de piña bajo sombra natural en el occidente de México	71
22. Subproductos de la piña extraídos de diferentes partes de la fruta	72
23. Zapatos hechos de residuos de piña por ASOPROPIMOPLA en la República Dominicana	74
24. Diseño de cercas vivas o cortavientos combinando árboles y arbustos	75
25. Uso de vetiver como valla viva en los canales de drenaje	76

Cuadros

1. Efectos del cambio climático en la fenología de los cultivos frutales	4
2. Panorama general de las tendencias en temperatura y precipitación conexas al cambio climático en los países productores de piña seleccionados	19
3. Resumen del apoyo brindado por el Programa NAP-Ag a los países para el desarrollo de sus Planes Nacionales de Adaptación	25
4. Principales riesgos climáticos y otras repercusiones y amenazas conexas para la producción de piña	28
5. Efectos del aumento de las temperaturas en la producción de piña	29
6. Resumen de los efectos del déficit o exceso de agua en la producción de piña	31
7. Plagas y enfermedades más frecuentes en la producción de piña en Costa Rica	35
8. Lista de prácticas de adaptación climática y peligros e impactos climáticos que abordan	38
9. Métodos de control biológico identificados para patógenos de piña (no exhaustivos)	53
10. Subproductos derivados de residuos de piña (no exhaustivos)	73
11. Especies recomendadas para cercas vivas o rompevientos para plantaciones de piña (lista no exhaustiva)	77

Recuadros

1. Ejemplo de Nicoverde, empresa productora de piña que utiliza métodos de control biológico en Costa Rica	55
2. Sistemas de drenaje y prácticas de manejo de suelos utilizados por ASOPROPIMOPLA en la República Dominicana	62
3. Ejemplo de un enfoque integrado de manejo de suelos y recursos naturales en Costa Rica	67
4. Ejemplo del uso de cercas vivas y reforestación para hacer frente a un clima cambiante en Costa Rica	78

Abreviaturas

ASOPROPIMOPLA	Asociación de Productores de Piña de Monte Plata
ASPCC	Plan Estratégico Agrícola sobre Cambio Climático de Tailandia
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CLPI	consentimiento libre, previo e informado
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNRF	Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria
COP21	Conferencia de las Partes en la CMNUCC
EPE	polietileno expandido
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEI	gases de efecto invernadero
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
MIP	Manejo integrado de plagas
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
NAP-Ag	Integración de la agricultura en los planes nacionales de adaptación
CDN	contribuciones determinadas a nivel nacional
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SAT	sistema de alerta temprana
SyE	seguimiento y evaluación
TFNet	Red Internacional sobre Frutas Tropicales

Agradecimientos

La presente guía fue elaborada por la División de Mercados y Comercio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y es uno de los productos del proyecto “*Creación de cadenas de valor mundiales responsables para frutas tropicales*” (**Proyecto de Frutas Responsables**). El objetivo de este proyecto es ayudar a empresas, organizaciones de productores y agricultores, asociaciones comerciales, procesadores, empaques, exportadores e importadores del sector de la piña a ser más resilientes a las crisis y más sostenibles.

Esta publicación fue preparada por Marlo Rankin, experta en agronegocios; María Hernández Lagana, oficial de proyectos (Resiliencia) y Juan Mata, consultor agrónomo, de la División de Mercados y Comercio de la FAO. El apoyo a la investigación y la divulgación estuvo a cargo de Valentina Pérez-Mardones, especialista en difusión e informes y Giuseppe Bonavita, asistente de investigación de la División de Mercados y Comercio. Este documento se benefició de la orientación técnica general y el apoyo de Pascal Liu, economista superior y líder del Equipo de cadenas de valor mundiales responsables, y Michael Riggs, asesor técnico del Proyecto de Frutas Responsables. Las revisiones técnicas internas de capítulos específicos estuvieron a cargo de David Montealegre Morales (Foro Mundial Bananero), Soren Moller (División de Producción y Protección Vegetal), Karem del Castillo Velázquez (División de Actividad Forestal) y Julia Wolf, Neha Rai, Catarina Angioni y Lapo Roffredi (todos de la Oficina de Cambio Climático, Biodiversidad y Medio Ambiente), cuyos valiosos comentarios contribuyeron a mejorar la guía. Entre otros miembros del equipo que contribuyeron a la guía se incluyen: Debora Piscitelli, Jonathan Hallo, Ettore Vecchione y Araceli Cárdenas, quienes brindaron apoyo en la coordinación de la publicación y crearon el diseño gráfico.

Un agradecimiento sincero a los puntos focales para el cambio climático de las oficinas nacionales de la FAO en Chile, Colombia, Costa Rica, el Ecuador, Kenya, México, el Perú y Sudáfrica, por sus útiles sugerencias sobre recursos, proyectos y publicaciones relevantes que se incluyeron en la guía. Un agradecimiento especial a Beau Damen de la Oficina Regional de la FAO para Asia y el Pacífico (RAP), Geiner Arturo Urena Sánchez de FAO-Costa Rica, Gonzalo Tejada López y Renzo Guillén de FAO-Perú, María Alejandra Chaux, Jorge Gutiérrez y María Vergara de FAO-Colombia, Ana Andrade, María Espinosa y María Belén Herrera de FAO-Ecuador, Rodrigo Vásquez de FAO-Chile, Silvio Simonit de FAO-México, Barrack Okoba de FAO-Kenya y Jacoray Khunou de FAO-Sudáfrica.

La preparación de esta guía no hubiera sido posible sin el apoyo de las empresas y de las asociaciones de productores de piña que participaron activamente en el Grupo de trabajo sobre cambio climático establecido para su preparación. Se agradece, de igual forma, a las empresas y asociaciones de productores que aportaron ejemplos de buenas prácticas de adaptación a los riesgos climáticos y que proporcionaron revisiones técnicas de las prácticas de adaptación destacadas en el Capítulo 4. Entre otros, se incluyen: Hugo Hays (Fyffes), Joelin Santos (ASOPROPIMOPLA), Jorge Sánchez

(Nicoverde, Julie Cournoyer (Fyffes), Mirtha Leyba (ASOPROPIMOPLA), y Yacob Ahmad (TFNet). Un agradecimiento sincero también a las empresas que han preferido no ser mencionadas.

Se agradece también a Miguel Lizarazo, Anton Eitzinger, Deissy Martínez Barón, Andrea Castellanos, Lizette Díaz y Jhon Jairo Hurtado de la Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), quienes brindaron información valiosa para la elaboración de esta guía.

Resumen

El cambio climático ocasionado por el ser humano se ha convertido en una realidad visible; y los países de todo el mundo están sufriendo efectos generalizados y extendidos en sus ecosistemas, poblaciones e infraestructura, como resultado del aumento en la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. En los países en desarrollo, el sector agrícola se encuentra entre los más afectados por los efectos del cambio climático y sufren una gran parte del total de pérdidas y daños causados por los desastres relacionados con el clima. Asimismo, el cambio climático está repercutiendo en los sistemas mundiales agroalimentarios, generando un difícil desafío: alimentar a la creciente población mundial. El sector de las frutas tropicales corre un riesgo especial debido a los efectos negativos del cambio climático inducidos por el aumento de las temperaturas, los fenómenos meteorológicos extremos (entre otros, los ciclones tropicales) y los desafíos ligados a estos, como el estrés hídrico y el aumento de plagas y enfermedades. Este panorama plantea riesgos significativos para la sostenibilidad a largo plazo de la producción y el comercio de las frutas tropicales, como la piña.

La adaptación al cambio climático podría describirse como el proceso de adaptación a los cambios actuales o previstos en el clima y a sus efectos. Las medidas que se tomen hoy día pueden reducir la vulnerabilidad y la exposición a los efectos del cambio climático y pueden construir la resiliencia de los sistemas agrícolas para garantizar que estos no solo se recuperen después de choques climáticos, sino también que se transformen a fin de estar mejor preparados para enfrentar las crisis y las presiones futuras. Algunas estrategias de adaptación también contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o capturando y almacenando el carbono de la atmósfera.

El clima desempeña una función importante en la determinación de la distribución de los cultivos de frutas perennes, la fenología, la calidad de la fruta y los brotes de plagas y enfermedades. Las características fisiológicas y del rendimiento de las frutas son sensibles a los efectos del cambio climático. Los factores ambientales, como la temperatura, la sequía, la salinidad, las inundaciones, la concentración de dióxido de carbono y los patógenos, impactan con mayor fuerza en la producción de frutas, ya que estos factores tienen una correlación directa con las etapas fisiológicas regulatorias de los árboles frutales. También es probable que los efectos del cambio climático sean más perjudiciales en los cultivos frutales perennes, en comparación con los cultivos anuales, ya que la capacidad de adaptación de los cultivos de menor duración suele ser mayor que la de los cultivos perennes.

Desde el punto de vista comercial, las frutas tropicales siguen estando entre los productos de mayor crecimiento. Las frutas tropicales representan una importante fuente de crecimiento económico, ingresos, seguridad alimentaria y nutrición para los sectores rurales de muchos países en desarrollo. El alto crecimiento de los ingresos en los países en desarrollo, aunado a una mayor

conciencia de los beneficios nutricionales de las frutas tropicales en los países desarrollados, están contribuyendo al rápido crecimiento mundial de la demanda y el consumo de frutas tropicales. A nivel mundial, la piña, el aguacate y el mango siguen siendo las tres frutas tropicales más comercializadas en términos de cantidades exportadas, después del banano. A medida que la industria crezca en valor, los recursos naturales que ya están bajo presión enfrentarán una carga adicional debido a los efectos del cambio climático y las enfermedades de las plantas que se propagan con mayor rapidez, lo que amenaza con reducir la productividad. Los fenómenos meteorológicos adversos y el cambio climático siguen siendo los principales obstáculos para la producción, dado que el cultivo de estas frutas se realiza en zonas tropicales vulnerables al clima donde se prevén fenómenos meteorológicos aún más extremos.

En reconocimiento de estos desafíos, el **Proyecto de Frutas Responsables** ha elaborado esta guía técnica sobre estrategias de adaptación al cambio climático para la industria exportadora de piña. El proyecto se basa en más de una década de experiencia de la labor de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) con el sector privado en materia de frutas tropicales¹. El trabajo de la FAO con empresas, organizaciones de agricultores y otros actores (de ahora en adelante, empresas o compañías) de la cadena de valor de la piña, tiene por objetivo mejorar el desempeño empresarial, ayudar a que industria sea más resiliente a las crisis y más sostenible, y fortalecer o establecer sistemas de debida diligencia basados en el riesgo. También proporciona un entorno confidencial para el aprendizaje entre pares sobre cuestiones precompetitivas, a través de seminarios web y otros eventos para fomentar el intercambio de conocimientos y la capacitación.

Esta guía forma parte de una serie de productos desarrollados por el proyecto con base en la demanda. El tema de la adaptación al cambio climático fue seleccionado en colaboración con los participantes del proyecto como un tema necesario para abordar en el contexto del fortalecimiento de la resiliencia y la sostenibilidad de las empresas.

La guía también está alineada con la estrategia de la FAO sobre el cambio climático, que se centra en mejorar las capacidades para implementar las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) en el marco del Acuerdo de París², apoyando a los países a adaptarse a y mitigar los efectos y las causas del cambio climático. Esto se logra a través de programas y proyectos basados en investigaciones orientadas a adaptar la producción de los pequeños agricultores y hacer que los medios de vida de las poblaciones rurales sean más resilientes.

¹ Esto incluye facilitar el Foro Mundial Bananero, la principal plataforma multiactor del sector bananero, que trabaja con más de 30 empresas y asociaciones agroindustriales líderes para aplicar las recomendaciones de debida diligencia basada en riesgos de la Guía OCDE-FAO para las cadenas de suministro responsable en el sector agrícola.

² El Acuerdo de París exhorta a cada una de las partes a describir y comunicar sus acciones climáticas posteriores a 2020 para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a los efectos del cambio climático, a través de las contribuciones determinadas a nivel nacional.

El propósito de esta guía técnica es:

- proporcionar información actualizada sobre los efectos del cambio climático y sus tendencias, actuales y previstas, en los principales países productores y exportadores de piña;
- identificar los riesgos y las repercusiones del cambio climático en la producción y el comercio de piña;
- identificar prácticas de adaptación y recomendaciones que puedan contribuir a afrontar estos riesgos, minimizar los efectos negativos y fortalecer la resiliencia;
- compartir las buenas prácticas adoptadas por las empresas para afrontar, de manera sostenible, riesgos de producción específicos relacionados con el clima; y
- identificar brechas en la información y la investigación, además de las soluciones técnicas necesarias para consolidar la disponibilidad de las prácticas de adaptación y su adopción.

Esta guía está dirigida a productores y otros actores de la cadena de valor de piña que estén interesados en aprender más sobre el cambio climático en el contexto de sus propios sistemas comerciales. Fue preparada a través de un proceso de consultas con empresas y organizaciones de productores de piña que participan en el Proyecto de Frutas Responsables. En virtud del plazo disponible para preparar la guía, y la naturaleza mundial del proyecto, este documento tiene algunas limitaciones que fueron discutidas y acordadas con las empresas y asociaciones de productores que participaron en un grupo de trabajo específico. Entre otras limitaciones se incluyen: la imposibilidad de realizar investigaciones científicas longitudinales sobre el terreno que podrían ser necesarias para dar respuestas a cuestiones específicas relacionadas con los efectos del cambio climático en la piña a lo largo del tiempo, en diversas condiciones de producción. Sobre esta base, **esta guía busca servir como un medio para destacar los riesgos relacionados con el cambio climático y los desafíos que los productores de algunos países están enfrentando, además de las soluciones de adaptación que están implementando para reducir estos riesgos**, y no pretende ser una guía científica exhaustiva que propone soluciones de adaptación aplicables a todos los contextos.

En cuanto a la estructura de la guía, el **Capítulo 1** presenta los antecedentes y analiza los efectos del cambio climático en la agricultura mundial y en la producción de frutas tropicales. También explica el propósito y las limitaciones de la guía, como se mencionó anteriormente.

El **Capítulo 2** explica el alcance de la guía, incluidos los países seleccionados para una mayor investigación sobre las repercusiones del cambio climático en la producción de piña; las tendencias climáticas que afectan a estos países; y una breve descripción de algunas de las experiencias de los países, hasta la fecha, en la preparación de Planes nacionales de adaptación (PNDA) para el sector agrícola.

Dado el enfoque mundial del Proyecto de Frutas Responsables en **la producción y el comercio** sostenibles de piña, la selección de los países para una mayor investigación se basó en su importancia relativa para la **producción y exportación mundial** que, como tales, son fuentes importantes de empleo e ingresos por exportaciones para los países. Sobre esta base, se seleccionaron cinco países productores y exportadores de piña: **Costa Rica y Filipinas**. A fin de comprender con mayor amplitud los efectos climáticos en la producción de piña en otros países y regiones, se incluyeron también **el Ecuador, Ghana y Tailandia** en base a la información disponible.

Se llevó a cabo una revisión de las tendencias climáticas de referencia y las proyecciones futuras de temperatura y precipitación para los cinco países seleccionados, con base en los datos obtenidos de los **Perfiles de países sobre riesgo climático del Banco Mundial** (disponibles en inglés) y datos generales a nivel de país disponibles en el **Portal de conocimientos sobre el cambio climático del Banco Mundial** (disponible en inglés).

El Banco Mundial estima que **las temperaturas promedio en todos los principales países productores de piña incluidos en esta guía aumentarán** en los cinco escenarios de emisiones modelados en el marco del cambio climático³.

La variabilidad de las precipitaciones (distribución, frecuencia y cantidad durante el año) y los cambios a largo plazo tienen efectos diferenciados sobre la producción de piña, dependiendo de si se experimenta déficit o exceso hídrico en etapas específicas del desarrollo de la planta. A diferencia de las tendencias en la temperatura, los patrones de precipitación futuros no muestran una tendencia clara y varían según la región y el país productor. Sin embargo, **se prevé que las regiones húmedas se volverán aún más húmedas, mientras que las regiones secas se volverán aún más secas**.

De acuerdo con estos argumentos sobre las tendencias climáticas a nivel nacional, es importante comprender cómo los países están planificando y coordinando sus esfuerzos para afrontar el cambio climático a través de medidas de reducción de las emisiones de GEI y la ejecución de planes de adaptación a nivel nacional. En el ámbito internacional, el fundamento de estas acciones surge del **Acuerdo de París**. La ejecución del Acuerdo de París por parte de cada país signatario se logra a

³ El Banco Mundial estimó las temperaturas medias futuras hasta 2100 utilizando cinco posibles escenarios futuros que consideran los niveles de emisiones y el modelo de trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP). Cada escenario analiza las emisiones, los esfuerzos de mitigación y el desarrollo de los países, utilizando las temperaturas promedio entre 1995 y 2014 como período de referencia. Estos modelos son SSP1-1,9: Escenario más optimista que describe un mundo donde las emisiones globales de CO₂ se reducen a cero neto para 2050. SSP1-2,6: El cero neto se alcanza después de 2050 y las temperaturas se estabilizan alrededor de 1,8 °C más alto para 2100. SSP2-4,5: Las emisiones de CO₂ comienzan a disminuir después de 2050 y no llegan a cero neto hasta 2100. El progreso hacia la sostenibilidad es lento, con un desarrollo y un crecimiento desiguales de los ingresos; y las temperaturas aumentan 2,7 °C para 2100. SSP3-7,0: Las emisiones de CO₂ aproximadamente se duplicarán con respecto a los niveles actuales para 2100 y las temperaturas aumentarán 3,6 °C para 2100. SSP5-8,5: Los niveles actuales de emisiones de CO₂ casi se duplicarán para 2050. La economía mundial crecerá rápidamente dependiendo de los combustibles fósiles y llevando estilos de vida a alto consumo de energía; la temperatura media mundial será 4,4 °C más alta.

través de planes nacionales de acción climática conocidos como **contribuciones determinadas a nivel nacional** (CDN), que describen los esfuerzos realizados por cada país después del 2020 para reducir las emisiones nacionales de GEI y adaptarse a los efectos del cambio climático.

En los sectores agrícolas, la adaptación al cambio climático se encuentra entre las principales prioridades identificadas en los Planes Nacionales de Adaptación de los países en desarrollo. Para abordar los desafíos antes mencionados, desde 2015, la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se han asociado para trabajar con los países e integrar soluciones de adaptación específicas para el sector agrícola (programa NAP-Ag por sus siglas en inglés) como parte de los Planes Nacionales de Adaptación en sentido más amplio. En este programa se han incluido dos de los principales países productores de piña: **Filipinas** y **Tailandia**. Si bien los planes desarrollados no se centran específicamente en el sector de las frutas tropicales, estos merecen una mayor consideración dado que la identificación de los factores de riesgo climático para la agricultura y las medidas de adaptación propuestas también son relevantes para la producción de frutas tropicales (por ejemplo, manejo del agua, conservación del suelo, protección de la biodiversidad, agroforestería, sistemas de alerta temprana, etc.).

En el contexto de la industria de las frutas tropicales, es útil comprender cómo sectores específicos de productos como la producción y exportación de piña), pueden contribuir a lograr los objetivos de adaptación y mitigación establecidos en las CDN y los Planes Nacionales de Adaptación. Estos objetivos pueden ayudar a la industria a armonizar sus esfuerzos con los esfuerzos nacionales y subregionales, donde existan, y demostrar a los responsables de las políticas que la industria está realizando esfuerzos colectivos para apoyar estos planes.

El **Capítulo 3** aborda los riesgos climáticos específicos que enfrenta la producción de piña en una variedad de países; y se discute las repercusiones de estos riesgos en la producción. Se identificaron 12 riesgos climáticos importantes a través de una revisión de la literatura científica y consultas realizadas con productores y asociaciones de la industria de la piña. Estos se clasifican según los riesgos de temperatura (es decir, aumento de temperaturas, heladas y bajas temperaturas, calor extremo y radiación solar), los riesgos de precipitación (lluvias intensas, cambios en los patrones de lluvia, escasez de agua y sequía), y riesgos mixtos u “otros” asociados a los efectos del cambio climático, incluyendo la floración temprana, la propagación de plagas y enfermedades, la erosión del suelo y los vientos fuertes. Para cada uno de los factores de riesgo identificados, se describen los efectos en la producción de piña y los efectos en las dimensiones social o económica de la producción; además de resaltar algunos de los riesgos específicos experimentados en diferentes países productores de piña. Comprender estos riesgos puede ayudar a los productores de piña a planificar su gestión.

En el **Capítulo 4**, se presentan las estrategias de adaptación al cambio climático identificadas en respuesta a los riesgos discutidos en el Capítulo 3 para la producción de piña. Estas prácticas se identificaron mediante consultas con los principales actores de la industria y en la literatura científica. Se identificaron 12 prácticas de adaptación: agrosilvicultura, estimulación artificial de la

floración, rotación de cultivos, sistemas de drenaje, sistemas de alerta temprana, manejo integrado de plagas, manejo integrado del agua, cultivos intercalados, acolchado o mantillo y cultivos de cobertura, protectores solares, manejo de residuos y cortinas rompeviento y cercas vivas. Las prácticas seleccionadas pueden ayudar a los productores de piña a adaptarse a los principales riesgos climáticos identificados, contribuyendo directamente al fortalecimiento de la resiliencia climática. Se proporciona una breve descripción de cada práctica junto con el potencial de beneficios colaterales en las dimensiones ambiental, económica o social. También se ofrecen ejemplos de prácticas de adaptación en acción por parte de empresas y asociaciones de productores.

Por último, en el **Capítulo 5** se resumen los principales hallazgos de la guía y se analizan algunos de los desafíos en la formulación y la implementación de recomendaciones de adaptación. Se discuten las brechas en la información y la investigación, soluciones técnicas y de capacidad y se formulan recomendaciones sobre cómo podrían abordarse estas brechas para fortalecer la disponibilidad y la adopción de prácticas de adaptación.

Los mensajes clave destacados en el capítulo incluyen:

- **Se requiere la adaptación al cambio climático para garantizar la continuidad de la producción y el comercio mundial de piña.** Con la adaptación al cambio climático, las empresas y las asociaciones de productores podrán proteger sus sistemas de producción y cuidar del medio ambiente y de sus trabajadores, reduciendo al mismo tiempo la creación de nuevos riesgos conexos al aumento de las emisiones de GEI y el calentamiento mundial. De este modo, la adaptación va a incrementar la resiliencia del sector.
- **Es evidente que los fenómenos meteorológicos extremos aumentarán en frecuencia e intensidad.** Asimismo, se prevé la **aparición simultánea de múltiples factores de riesgo climático** en las mismas regiones, lo que, en combinación con otros factores ajenos al clima (como contracciones económicas o pandemias), aumentará el riesgo general para los sistemas de producción agrícola. Los productores de piña deben estar preparados para enfrentar de manera sincronizada múltiples riesgos, lo que se puede lograr mediante la combinación de prácticas de adaptación.
- **Ya se cuenta con conocimiento e información sobre cómo adaptarse al cambio climático en el sector de la piña** y muchas empresas y asociaciones de productores están asumiendo un papel proactivo en la formulación de estrategias y probando prácticas sobre el terreno para hacer frente al cambio climático y a los eventos climáticos extremos.
- **Las prácticas de adaptación destacadas en la guía abordan múltiples riesgos climáticos y sus efectos de manera simultánea.** Esto es importante, ya que las estrategias de adaptación discretas que abordan solo un factor de riesgo a la vez no lograrán el efecto deseado.
- **La adaptación al cambio climático es un proceso continuo que lleva tiempo y requiere información y datos.**

- **Los esfuerzos de adaptación y mitigación para reducir las emisiones de GEI deben ir de la mano** cuando sea posible. La adopción de prácticas de adaptación que tengan potencial de mitigación de los efectos del cambio climático ayudará no solo a reducir las emisiones, sino también a extender la vida útil de las prácticas de adaptación disponibles. Asimismo, se pueden formular estrategias de mitigación de manera que contribuyan a la adaptación y la refuercen. Algunas de las prácticas de adaptación identificadas para la producción de la piña, como el manejo sostenible del suelo, la agroforestería y la reducción y el manejo de residuos también tienen efectos positivos en la reducción de las emisiones de GEI en el sector de la producción.
- En la medida de lo posible, **todas las prácticas de adaptación deben apuntar a mantener una perspectiva de sostenibilidad en sus tres dimensiones**. Si bien la dimensión ambiental es el punto de entrada obvio para promover la adaptación en el sector de las frutas tropicales, también es fundamental abordar los riesgos sociales (por ejemplo, la salud de los trabajadores) y económicos (por ejemplo, mayores costos para mantener la infraestructura) asociados con los efectos del cambio climático para mantener la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones comerciales.
- **Se necesita más investigación para entender los riesgos climáticos para la salud humana**. Algunas empresas productoras de piña ya han identificado estos riesgos, especialmente los relacionados con el **estrés térmico y las enfermedades asociadas a este**, derivadas del aumento de las temperaturas y la radiación solar.
- **Las mujeres y los jóvenes se encuentran entre los grupos de mayor riesgo en lo que respecta a las repercusiones del cambio climático**, sin embargo, se dispone de poca información sobre factores de riesgo específicos y soluciones de adaptación diseñadas para satisfacer sus necesidades. No se pudo encontrar ninguna investigación sobre los efectos específicos del cambio climático en las mujeres y los jóvenes relacionados con su participación en la cadena de valor mundial de la piña. Esto indica una brecha clara en el conocimiento para la industria, dada la función importante que desempeñan las mujeres en la cosecha y el empaque del producto. Se necesita urgentemente investigación en temas de género para comprender mejor los principales factores que explican las diferencias en la vulnerabilidad a los riesgos del cambio climático que existe entre mujeres y hombres, y cómo formular estrategias de adaptación adecuadas para abordarlos.
- El cambio climático tiene **implicaciones para la seguridad alimentaria y la nutrición**. La piña forma parte de una dieta saludable y representa una fuente importante de vitaminas y sustancias nutritivas para los consumidores tanto de los países productores como de los importadores. Sobre esta base, las empresas de piña podrían examinar cómo pueden apoyar a las poblaciones vulnerables en sus comunidades locales a través de programas de enlace social específicos que tengan como objetivo mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, como la contratación pública (por ejemplo, programas de alimentación escolar, servicios de comedores comunitarios) y los bancos de alimentos.

- **Los cambios en los patrones climáticos repercuten en los medios de vida y los ingresos de los actores de la industria.** Tanto la producción como el comercio pueden verse afectados a medida que la producción se vuelve más errática bajo las condiciones del cambio climático, y la calidad se ve afectada por fuertes tormentas, sequías repentinas, patógenos más frecuentes y otros cambios. La inconsistencia en la oferta de productos con calidad de exportación puede desafiar los ingresos generados por el sector, y esto puede producir importantes efectos en los flujos de caja en los segmentos iniciales de la cadena de valor. La producción poco confiable también puede afectar las opciones de medios de vida de los productores y las comunidades y crear desafíos relacionados con el mantenimiento de dietas saludables y nutritivas.
- **No se puede lograr una mejora en la capacidad de adaptación y la resiliencia climática de la cadena de valor de la piña mediante un enfoque unilateral.** Los desafíos complejos asociados a los efectos del cambio climático se resuelven mejor mediante la cooperación entre múltiples actores; incluidos gobiernos, empresas, organizaciones de productores, institutos de investigación y formación, sindicatos de trabajadores y otras organizaciones de la sociedad civil. El establecimiento de mecanismos para la colaboración de múltiples actores podría ser el enfoque más eficaz para hacer frente a los efectos del calentamiento global en la industria de la piña en el futuro.
- **A nivel institucional y normativo, el trabajo de la FAO es un paso esencial** para ayudar a los países a **integrar soluciones de adaptación específicas para el sector agrícola como parte de los PNDA en sentido más amplio.** La comprensión de estos planes por parte de los productores y exportadores de piña podría ayudar a la industria a alinear sus estrategias con los planes nacionales y subregionales y demostrar a los responsables de las políticas que la industria está realizando esfuerzos colectivos en apoyo a estos planes. Para avanzar aún más ante estos desafíos, también se necesitan esfuerzos para generar evidencia de los efectos de la implementación de prácticas de adaptación, mediante un mejor seguimiento y evaluación (SyE).

En términos del alcance del Proyecto de Frutas Responsables, más allá de la guía, el Proyecto se ha comprometido a apoyar a los productores y exportadores de piña a nivel mundial, a través de la preparación de herramientas prácticas para enfrentar el cambio climático y otros riesgos de sostenibilidad identificados. El proyecto está preparando diversos materiales y herramientas técnicas adaptados a la industria piñera, algunos de los cuales también son aplicables al sector de las frutas tropicales en general. Estos productos se analizan en el **Capítulo 5**. Dos herramientas complementan esta guía técnica sobre adaptación al cambio climático:

- La Guía técnica **Análisis de brechas** que ayuda a las empresas a comparar los estándares de sostenibilidad y políticas que utilizan con los de la **Guía OCDE-FAO para las cadenas de suministro responsable en el sector agrícola**, que es el punto de referencia mundial en materia de debida diligencia y conducta empresarial responsable para el sector agrícola.

- Asimismo, el proyecto está desarrollando una **herramienta de medición de la huella de carbono y de agua para la industria de la piña**. Esta herramienta tiene como objetivo apoyar a productores, empresas y asociaciones a comprender mejor cómo pueden reducir sus emisiones de carbono y prevenir la degradación de los recursos hídricos a través de sus operaciones. Esta herramienta estará disponible para su uso en la [página web del proyecto](#) en el primer semestre de 2024.

En conclusión, esta guía es un producto del Proyecto de Frutas Responsables, y está dirigida a aquellos productores y exportadores de piña que estén interesados en aprender más sobre el cambio climático y cómo adaptarse a él en el contexto de sus propios sistemas comerciales. Se espera que esta publicación sea el punto de partida para la discusión sobre los efectos nacionales, regionales y locales del cambio climático en la producción de piña, y estimule la planificación conjunta para la investigación de soluciones de adaptación a fin de apoyar la sostenibilidad a largo plazo de la industria de exportación. De hecho, se necesita más investigación longitudinal, específica para cada producto y zona, para comprender mejor los riesgos climáticos y sus efectos a largo plazo en los cultivos de frutas tropicales, a fin de identificar soluciones de adaptación innovadoras.

El **Anexo 1** proporciona una lista de recursos adicionales (sitios web de proyectos, publicaciones, etc.) para quienes estén interesados en aprender más sobre el cambio climático y sus repercusiones en la agricultura, las frutas tropicales y las opciones de adaptación.

Capítulo 1.

Introducción a la guía



1.1 Importancia mundial del cambio climático y sus repercusiones en la agricultura: ¿por qué es necesaria la adaptación?

El cambio climático inducido por los seres humanos se ha convertido en una realidad palpable; y los países de todo el mundo están sufriendo efectos generalizados y extendidos en sus ecosistemas, poblaciones e infraestructura; como resultado del aumento en la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos. Estos eventos incluyen temperaturas extremas en la tierra y los océanos, fuertes precipitaciones, sequías, incendios y ciclones tropicales que se prevé que afectarán a todas las regiones del mundo hoy día y en las próximas décadas (IPCC, 2021, 2022). En los países en desarrollo, los sectores agrícolas se encuentran entre los más afectados por los efectos del cambio climático y absorben una gran parte del total de pérdidas y daños causados por los desastres relacionados con el clima (FAO, 2018a). El calentamiento global está impactando los sistemas mundiales de producción de alimentos, volviendo el desafío de alimentar a la creciente población mundial más difícil que nunca. Si bien la productividad agrícola mundial ha aumentado, en los últimos 50 años, el cambio climático ha ralentizado este crecimiento (IPCC, 2022). El aumento de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos ha expuesto a millones de personas a una inseguridad alimentaria aguda y a una reducción de la seguridad hídrica, observándose las mayores repercusiones en muchos lugares de África, Asia, América Central y del Sur, los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo y el Ártico (IPCC, 2022).

Asimismo, la conexión entre los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad es evidente. En todas las regiones se ha observado pérdida de especies, degradación y daños a los ecosistemas debido al reciente calentamiento mundial (IPCC, 2021, 2022; FAO, 2019). La destrucción de hábitats naturales, la deforestación y la exposición a sustancias químicas sintéticas han contribuido a la pérdida de organismos beneficiosos, como polinizadores y reguladores del control de plagas; afectando la producción de los cultivos (FAO, 2021b). Estos riesgos seguirán incrementando a la par del aumento del calentamiento mundial, y provocarán repercusiones significativas en la disponibilidad de alimentos

nutritivos (IPCC, 2022; FAO, 2021b). La pérdida de diversidad genética también reduce la disponibilidad de variación genética para mejorar los cultivos y volverlos resistentes al cambio climático; y el estrés biótico inducido por esta pérdida reduce la variedad de cultivos y ganado disponibles para garantizar una dieta saludable (FAO, 2021b).

Desde el panorama mundial, un resumen de los efectos observados del cambio climático en la agricultura incluye (IPCC, 2022):

- repercusiones negativas generales en la productividad agrícola con diferencias regionales;
- la pérdida de cultivos relacionada con la sequía ha aumentado en los últimos años y ha afectado alrededor del 75 % de la superficie mundial cosechada;
- reducción de la seguridad alimentaria y del agua, especialmente para los grupos vulnerables;
- aumentos en la frecuencia e intensidad de sequías, inundaciones y olas de calor;
- disminución de la disponibilidad de agua;
- mayor presión de plagas y enfermedades;
- pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos (incluida la polinización); y
- los riesgos futuros seguirán aumentando en el corto, mediano y largo plazo (2100).

Desde el punto de vista social, las repercusiones del cambio climático en la agricultura afectan de manera desproporcionada a las comunidades rurales vulnerables que dependen en gran medida de la agricultura para sus medios de vida. Las mujeres y los jóvenes se encuentran entre los más afectados debido a su acceso limitado a recursos y servicios; menor voz en la toma de decisiones relativas a la gestión de recursos naturales y servicios ambientales; menores dotaciones y derechos sobre la tierra, y opciones de movilidad limitadas para buscar oportunidades de subsistencia en otros lugares (FAO 2016, 2018a, 2019, 2022c). Todo esto repercute negativamente en la vida cotidiana de las familias, aumentando el riesgo de pobreza, inseguridad alimentaria y desnutrición, especialmente para las mujeres y las niñas (FAO, 2022b). Se necesitan medidas urgentes para corregir el desequilibrio de poder, concentrándose proactivamente en la inclusión de las personas vulnerables al cambio climático en la formulación de Planes Nacionales de Adaptación que reflejen sus deseos y necesidades. Al mismo tiempo, también se necesita inversión para desarrollar la capacidad de adaptación de estas poblaciones a las crisis relacionadas con el clima (FAO, 2018a, 2019b, 2021b).

El sector de las frutas tropicales corre un riesgo especial debido a los efectos negativos del cambio climático provocados por el aumento de las temperaturas, los fenómenos meteorológicos extremos (entre otros, los ciclones tropicales) y los desafíos conexos, como el estrés hídrico y el aumento de plagas y enfermedades. Todo ello plantea riesgos importantes para la sostenibilidad a largo plazo de la producción y el comercio de frutas tropicales importantes, incluida la piña.



La adaptación al cambio climático podría describirse como el proceso de ajuste a los cambios actuales o previstos en el clima y a sus efectos. Se lanzó un llamado urgente a la acción en el reciente informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2022), que encontró que el progreso en la adaptación es desigual entre los países, con brechas cada vez mayores entre las acciones tomadas y lo que se necesita para hacer frente al creciente riesgo climático, sobre todo en los países de bajos ingresos. Las medidas que se tomen ahora pueden reducir la vulnerabilidad y la exposición a los efectos del cambio climático y pueden fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas para garantizar que estos no solo se recuperen después de las crisis climáticas, sino que también se transformen para estar mejor preparados para enfrentar las crisis y las tensiones futuras.

El sector agrícola también desempeña un papel fundamental en la mitigación de los efectos del cambio climático. Si bien se estima que en 2020, los sistemas agroalimentarios contribuyeron al 31 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), este sector también cuenta con algunas de las soluciones más importantes para cumplir los objetivos climáticos locales y mundiales (FAO, 2022f). Las medidas para restaurar y proteger los bosques y otros ecosistemas; preservar los suelos y los recursos hídricos; minimizar el uso de agroquímicos; reducir las pérdidas de alimentos, pueden promover la adaptación, entre otras, al tiempo que reducen las emisiones de GEI y almacenan carbono (FAO, 2019).

1.2 El cambio climático y sus efectos en la producción y el comercio mundial de las frutas tropicales

El clima desempeña una función importante en la determinación de la distribución de los cultivos de frutas perennes, la fenología, la calidad de la fruta y los brotes de plagas y enfermedades (Bhattacharjee *et al.*, 2022). Las características fisiológicas y del rendimiento de las frutas son sensibles a los efectos del cambio climático mundial y las etapas reproductivas de las plantas frutales son las más susceptibles al cambio climático, con implicaciones en la cantidad y la calidad de la producción de frutas. Los factores ambientales (como la temperatura, la sequía, la salinidad, las inundaciones, la alta concentración de dióxido de carbono y los brotes de plagas y enfermedades) tienen una repercusión mayor en la producción de frutas, ya que estos factores tienen una correlación directa con las etapas fisiológicas regulatorias de los árboles frutales (Nath *et al.*, 2019; Sthapit, Ramanatha y Sthapit, 2012). Si bien los árboles frutales perennes tienen una serie de mecanismos de supervivencia que les permite hacer frente al estrés ambiental, estos conllevan un costo energético considerable que puede reducir la productividad de la fruta.

También es probable que los efectos del cambio climático sean más perjudiciales en los cultivos frutales perennes en comparación con los cultivos anuales, ya que la capacidad de adaptación de los cultivos de menor duración suele ser mayor que la de los cultivos perennes (Chawla *et al.*, 2021). En comparación con los cultivos anuales, el desarrollo de una nueva variedad de un árbol frutal puede llevarse entre 15 y 20 años, lo que hace más difícil competir con los desafíos que plantea el

cambio climático (Bhattacharjee *et al.*, 2022). El **Cuadro 1** resume algunos de los efectos comunes del cambio climático en la fenología de los cultivos frutales. Sin embargo, cabe señalar que los efectos del cambio climático dependen en gran medida tanto del cultivo de frutas analizado como de las condiciones agroclimáticas de un lugar en particular. Por ejemplo, un cultivo como el banano podría volverse menos adecuado si aumenta la temperatura y cambian las condiciones de lluvia; pero otros cultivos, como el coco y el mango, podrían volverse más productivos (Mitra, 2016). Por esta razón, se necesita más investigación longitudinal específica para productos y zonas, para comprender mejor los riesgos y los efectos provocados por el clima en los cultivos de frutas tropicales, las opciones de adaptación y las oportunidades de producción en nuevas zonas (Sthapit, Ramanatha y Sthapit, 2012).

Cuadro 1. Efectos del cambio climático en la fenología de los cultivos frutales

Efectos del cambio climático	Repercusiones en los cultivos frutales
Altas temperaturas y aumento de la radiación solar	• mayor necesidad de evapotranspiración y riego; potencial de aumento de la salinidad del suelo; • afecta la floración: floración temprana o tardía, cuajado deficiente de frutos, yemas reproductivas se transforman en yemas vegetativas, cambios en el momento de madurez de los frutos; • perturbación en las poblaciones de polinizadores y las actividades de polinización; • daños por quemaduras solares en frutos y ramas, y agrietamiento de frutos; • el aumento de la temperatura del suelo puede acelerar la descomposición de la materia orgánica del suelo, produciendo el agotamiento de la fertilidad del suelo; • cambio de producción a nuevas zonas o traslado de la industria a otra zona; y • brotes de nuevas plagas y enfermedades.
Menor precipitación	• el estrés antes o durante los períodos de floración y posfloración en las plantas frutales perennes repercute negativamente en los rendimientos, con un menor número de frutos y la reducción de las células de los frutos restantes; • caída de frutos y flores; y • necesidad de riego suplementario en la agricultura de secano.
Aumento de precipitaciones y de humedad	• crecimiento vegetativo excesivo y caída de las flores; • las inundaciones matan a los microorganismos beneficiosos del suelo, aumentando el riesgo de enfermedades causadas por hongos patógenos (p.ej. <i>Phytophthora cinnamomi</i>, <i>Pythium</i> y <i>Fusarium</i>) y reduciendo la absorción de agua y de nutrientes; • aumento de plagas y enfermedades con ciclos reproductivos más rápidos; • presencia de nuevas plagas, o plagas menores que se convierten en plagas mayores; • mayor riesgo de erosión del suelo por escorrentías en las zonas de producción; • pérdidas de plantas y frutos; y • riesgo de contaminación de las masas de agua por la escorrentía de nutrientes.



Efectos del cambio climático	Repercusiones en los cultivos frutales
Menor temperatura y menor radiación solar	- puede afectar la floración, reduciendo la polinización, el cuajado, la retención y el tamaño de los frutos; y - las heladas afectan los botones florales y las flores, reduciendo el tamaño de los frutos.
Otros fenómenos climáticos extremos (ciclones, granizadas, etc.)	- pérdida de frutos y flores; - daños a árboles o plantas; y - daños a la infraestructura.
Aumento del CO₂	- los efectos positivos del aumento de CO₂ en las plantas incluyen una reducción de la transpiración estomática y una mayor eficiencia en el uso del agua, tasas fotosintéticas más altas y una mayor eficiencia en el uso de la luz, produciendo un mayor potencial de cuajado y retención de frutos; y - el aumento de la temperatura y un cambio en el patrón de lluvias pueden anular los efectos positivos y pueden ser necesarios mayores requerimientos de agua y nutrientes (fertilizantes nitrogenados) en condiciones de crecimiento con mayor CO₂.

Fuente: Elaboración de los autores con contenido adaptado de Bhattacharjee *et al.* (2022); Chawla *et al.* (2021); Nath *et al.* (2019); Mitra (2018); Fischer *et al.* (2016) y Sthapit *et al.* (2012).

Desde el punto de vista comercial, las frutas tropicales siguen estando entre los productos agrícolas de crecimiento más rápido. Estas frutas constituyen una fuente importante de crecimiento económico, ingresos, seguridad alimentaria y nutrición para los sectores rurales de muchos países en desarrollo. Su importancia en el suministro mundial de alimentos ha aumentado significativamente en las últimas décadas. Esto ha sido confirmado por la rápida expansión de los flujos comerciales mundiales que alcanzaron un total de 20,5 millones de toneladas de bananos en 2021 y 8,4 millones de toneladas de las cuatro principales frutas tropicales (mango, piña, aguacate y papaya) combinadas (UN Comtrade, 2023). El comercio mundial de las principales frutas tropicales aumentó en 6,8 % en 2021, alcanzando un volumen récord de 10 400 millones de USD en términos constantes durante el período 2014/16 (FAO, 2022d). El alto crecimiento de los ingresos en los países en desarrollo y una mayor conciencia de los beneficios nutricionales de las frutas tropicales en los países desarrollados, están contribuyendo al rápido crecimiento del consumo y la demanda positiva mundial de bananos y otras frutas tropicales (Altendorf, 2019, en FAO, 2019).

A medida que la industria crece en valor, los recursos naturales (que ya están bajo presión) enfrentarán una presión adicional por los efectos del cambio climático y la rápida propagación de enfermedades de las plantas, lo que amenaza con reducir la productividad (Liu, 2017). Los fenómenos meteorológicos adversos siguen obstaculizando significativamente la producción, sobre todo porque el cultivo de estas frutas se realiza en zonas tropicales vulnerables al clima donde se prevén fenómenos meteorológicos aún más extremos (IPCC, 2022). Los efectos del calentamiento mundial están provocando una mayor incidencia de sequías, inundaciones, huracanes y otros desastres naturales que aumentan el riesgo en la producción de frutas tropicales. Desde el punto de vista comercial, esto hace más difícil predecir la cantidad comercializable año tras año, y se vuelve más costoso dada la naturaleza perecedera

de las frutas tropicales, los insumos y la infraestructura necesarios para abastecer los mercados internacionales. Este desafío afecta toda la industria de exportación, ya que la mayoría de las frutas tropicales se produce en entornos remotos e informales, donde el cultivo depende en gran medida de las precipitaciones, está expuesto a los efectos adversos de fenómenos climáticos cada vez más erráticos y, en muchos casos, está desconectado de las principales rutas de transporte (FAO, 2022e).

Los exportadores más importantes de las principales frutas tropicales, incluida la piña, se concentran en América Latina y el Caribe (FAO, 2019b, 2022d). Desde esta región se envían grandes volúmenes de frutas tropicales, principalmente a los Estados Unidos de América y la Unión Europea, las principales regiones importadoras a nivel mundial. Sin embargo, la disponibilidad de productos para la exportación depende en gran medida de las condiciones climáticas estacionales de los países productores. En el futuro, el suministro de frutas y verduras frescas para los consumidores de los países desarrollados podría verse afectado como resultado de una excesiva dependencia de los países vulnerables al clima. Esto puede tener consecuencias potencialmente negativas para la disponibilidad, el precio y el consumo de frutas y hortalizas en países como el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, donde se estima que el 70 % de las frutas disponibles para la compra se importa de fuera de la Unión Europea (Frankowska, Jeswani y Azapagic, 2019). Por lo tanto, las interrupciones en el suministro de frutas, debido a los efectos del cambio climático en los países productores, tienen el potencial de afectar la ingesta dietética y la salud de los consumidores en los mercados importadores, particularmente de las personas mayores y los hogares de bajos ingresos (Scheelbeek *et al.*, 2020).

Asimismo, hoy día, muchos de los países que normalmente han exportado frutas tropicales en el pasado y que dependen de estas exportaciones para obtener ingresos externos y crear empleo están compitiendo con nuevos productores en los mercados de importación debido al calentamiento global. Los países que tenían un clima templado podrían tener cada vez más capacidad para producir estas frutas. Como resultado, es posible que los productores actuales de frutas tropicales necesiten explorar posibilidades de expandir sus mercados nacionales y regionales para reducir los riesgos asociados con la creciente competencia en los mercados internacionales por parte de países productores no tradicionales (Liu, 2017). Del mismo modo, los productores actuales pueden verse motivados a desafiar su frontera de posibilidades de producción expandiéndose a nuevas zonas de producción o cambiando de zonas en busca de condiciones agroclimáticas más adecuadas que garanticen la satisfacción continua las demandas del mercado. Estas prácticas también pueden agravar los riesgos climáticos, degradando los ecosistemas y los recursos naturales vitales (suelo, agua y bosques).

Más específicamente, ¿qué significa todo esto para la producción y la exportación de piña?

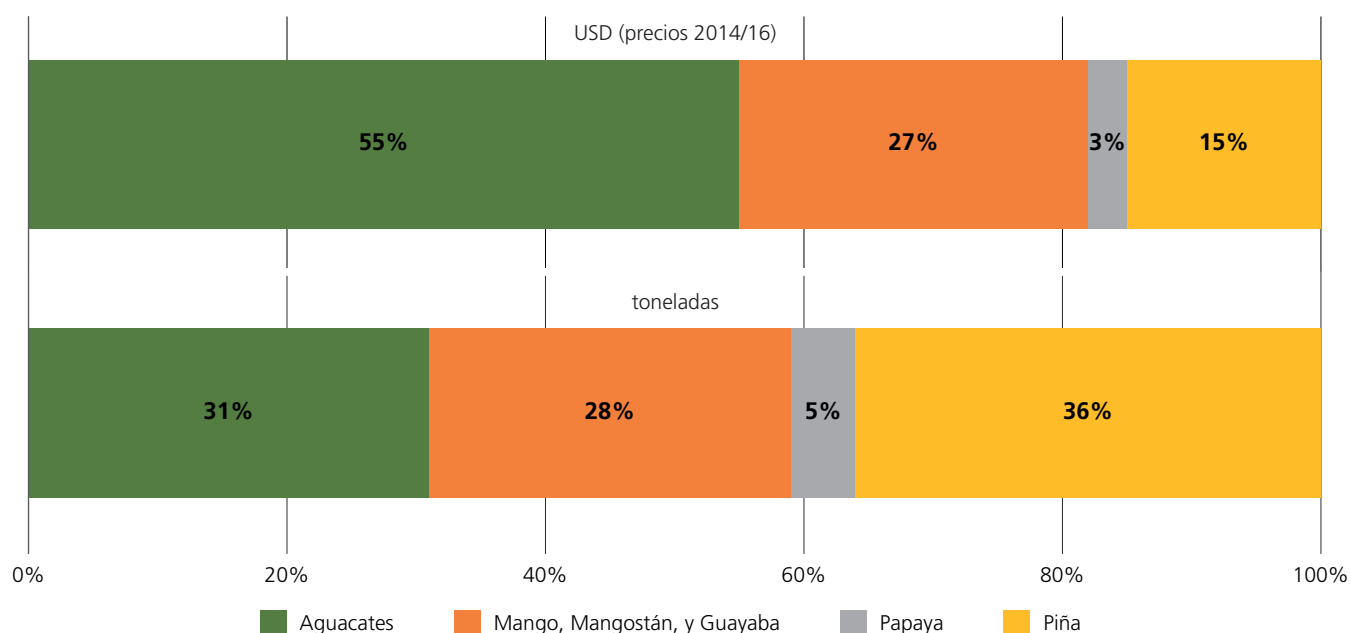
1.3 La piña como importante fruta tropical de exportación en riesgo de sufrir las repercusiones del cambio climático

La demanda mundial de las principales frutas tropicales sigue siendo fuerte a pesar de los importantes cuellos de botella en las cadenas de suministro globales y el aumento de los costos de los insumos y el transporte. La piña, el aguacate y el mango siguen siendo las tres frutas tropicales más comercializadas



en términos de cantidades exportadas, después del banano. En 2021, las exportaciones mundiales de piñas alcanzaron aproximadamente 3,2 millones de toneladas, un 5,7 % más que las cifras de exportación del año anterior (FAO, 2022e). La piña sigue siendo la más popular de las cuatro frutas tropicales en términos de cantidades exportadas, impulsada principalmente por los valores unitarios promedio de exportación extremadamente bajos de esta fruta (**Figura 1**).

Figura 1. Principales frutas tropicales: proporciones del volumen (preliminar) de exportación por tipo, 2022, medido en miles de millones de USD, dólar constante (2014/16) y toneladas



Fuente: **FAO**. 2023a. *Análisis del mercado de las principales frutas tropicales. Resultados preliminares 2022*. Roma.

En este contexto de fuerte demanda internacional de piña, en el **Capítulo 2** se analizan las tendencias climáticas que enfrentan los principales países productores y exportadores de piña a nivel mundial. Los efectos del cambio climático previstos para las próximas décadas sugieren que es probable que la producción se vuelva más difícil en el futuro, especialmente si no se adoptan urgentemente medidas de adaptación y mitigación en los años venideros. En muchos países, la producción ya está sufriendo los efectos negativos del cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos. Por ejemplo, los huracanes tropicales han impactado en las exportaciones de piña de Filipinas, mientras que los ciclos climáticos de El Niño y La Niña causaron interrupciones en el suministro de Costa Rica, donde a causa de las lluvias y tormentas tropicales excesivas se redujeron los envíos del país en un 6,1 % en 2019, en comparación con las cifras de 2018 (FAO, 2020).

Los resultados preliminares para 2022 sugieren que es probable que el volumen del comercio mundial de las principales frutas tropicales caiga a 9 900 millones de USD en dólares constantes de 2014/16, representando una contracción del 5 % con respecto a 2021 (FAO, 2023a). Esta constituiría la primera contracción significativa del comercio en el mercado mundial de frutas tropicales. Los

datos preliminares indican que la escasez de suministros mundiales asociada con el clima adverso, los persistentes cuellos de botella en las cadenas mundiales de suministro y los altos costos de los insumos y el transporte, han contribuido a esta contracción. En el caso de la piña, las condiciones climáticas adversas, en particular temperaturas más frías de lo normal, provocaron una contracción de la producción en varias de las principales zonas de producción de frutas tropicales, en particular una caída en la oferta de piña de Costa Rica (FAO, 2023a). El fortalecimiento de la sostenibilidad y la resiliencia de las cadenas de valor de las frutas tropicales ante las crisis ambientales, económicas y sociales nunca ha sido más importante para garantizar la producción y el comercio de estos importantes productos.

1.4 El Proyecto de Frutas Responsables y la Estrategia de la FAO sobre el cambio climático

La preparación de esta guía técnica es un producto del **Proyecto de Frutas Responsables**. En 2019, la División de Mercados y Comercio (EST) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) lanzó un proyecto mundial titulado “*Creación de cadenas de valor mundiales responsables para frutas tropicales sostenibles*” (conocido como Proyecto de Frutas Responsables). Este proyecto colabora con empresas, organizaciones de agricultores y otros actores de la cadena de valor de la piña, con el objetivo de mejorar el desempeño empresarial, ayudando a que estas dos cadenas de valor sean más sostenibles y resilientes. El proyecto se basa en más de una década de experiencia de colaboración de la FAO con el sector privado en materia de frutas tropicales⁴. El resultado de este proyecto será la conformación de una red de empresas comprometidas para mejorar su resiliencia y los efectos ambientales, sociales y económicos de sus operaciones y las de sus proveedores.

Este proyecto se propone ayudar a las empresas que operan en las cadenas de suministro de la piña a establecer o consolidar sus sistemas de debida diligencia basados en riesgos para que sus operaciones sean más sostenibles y resilientes a las crisis. También proporciona un entorno confidencial para el aprendizaje entre pares sobre cuestiones precompetitivas, a través de seminarios web para el aprendizaje entre pares y otros eventos de intercambio de conocimientos y desarrollo de capacidades. Esta guía forma parte de una serie de guías⁵ desarrolladas por el proyecto con base en la demanda de los participantes del proyecto y centradas en responder a los desafíos técnicos específicos determinados por ellos.

⁴ Esto incluye la facilitación del Foro Mundial Bananero, la principal plataforma multiactor del sector bananero que trabaja con más de 30 empresas y asociaciones agroalimentarias líderes de la industria en la aplicación de las recomendaciones de debida diligencia basada en riesgos de la Guía OCDE-FAO para las cadenas de suministro responsable en el sector agrícola.

⁵ Ya está disponible la primera guía técnica titulada Análisis de brechas para apoyar la debida diligencia en los sectores del aguacate y la piña.



Una encuesta de referencia realizada por el proyecto en 2021 destacó las repercusiones del cambio climático como uno de los principales desafíos que enfrentan las empresas piñeras (junto con las limitaciones económicas y la falta de acceso a nuevas tecnologías e innovación). Este hallazgo se confirmó aún más en 2022, cuando el proyecto realizó una encuesta en línea sobre resiliencia y pidió a las empresas piñeras que identificaran los principales problemas que aumentaban la susceptibilidad de sus operaciones a los efectos externos. Los actores de la cadena de valor de la piña consideraron que los factores ambientales y climáticos eran los principales impulsores de la vulnerabilidad en sus negocios (el 100 % de los actores encuestados). Sobre esta base, se seleccionó el tema de la adaptación al cambio climático, en colaboración con los participantes del proyecto, como un tema adecuado para la segunda esta técnica producida por el proyecto.

Esta guía está alineada con la Estrategia de la FAO sobre el cambio climático (FAO, 2022c), que se centra en mejorar las capacidades para implementar las contribuciones determinadas a nivel nacional (CDN) en el marco del Acuerdo de París⁶. La Estrategia ayuda a los países a adaptarse al cambio climático y a mitigar sus efectos a través de programas y proyectos basados en investigaciones, orientados a adaptar la producción de los pequeños agricultores y hacer que los medios de vida de las poblaciones rurales sean más resilientes. La Estrategia pasa de una respuesta reactiva a las crisis a un enfoque de prevención y anticipación de manera proactiva, apoyando a las personas antes, durante y después de las crisis. La Estrategia se enfoca en a) dar un papel central a los agricultores y otras comunidades dependientes de la agricultura en el desarrollo de estrategias de adaptación, b) fomentar la integración horizontal y vertical y c) promover un cambio transformador. Al implementar esta Estrategia, la FAO tiene como objetivo apoyar a los esfuerzos de sus Miembros para implementar prácticas de adaptación al cambio climático y de mitigación de sus efectos, al tiempo que se trabaja para lograr sistemas agroalimentarios resilientes al clima y bajos en emisiones, esforzándose por alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular la erradicación del hambre y la desnutrición. Como se señaló anteriormente, las frutas tropicales desempeñan un papel importante en una dieta saludable. Esta guía tiene como objetivo contribuir a esta Estrategia a través de la sensibilización de los productores y exportadores de piña en cuanto a los riesgos relacionados con el clima, y compartiendo estrategias de adaptación, como se describe a continuación.

1.5 ¿Cuál es el propósito de la guía y a quién va dirigida?

El propósito de esta guía técnica es:

- proporcionar información actualizada sobre los efectos del cambio climático y sus tendencias, actuales y previstas, en los principales países productores y exportadores de piña;
- identificar los riesgos y los efectos del cambio climático en la producción y el comercio de piña;

⁶ Este acuerdo exhorta a cada una de las Partes a describir y comunicar sus acciones climáticas posteriores a 2020 para reducir las emisiones de GEI y adaptarse a los efectos del cambio climático, a través de sus CDN.

- identificar prácticas de adaptación y recomendaciones que puedan contribuir a afrontar estos riesgos, minimizar las repercusiones negativas y fortalecer la resiliencia;
- compartir las buenas prácticas adoptadas por las empresas para afrontar, de manera sostenible, riesgos de producción específicos relacionados con el clima; y
- identificar lagunas en la información y la investigación, además de las soluciones técnicas necesarias para consolidar la disponibilidad de las prácticas de adaptación y su adopción.

Esta guía está dirigida a aquellos productores y exportadores de piña que estén interesados en aprender más sobre el cambio climático en el contexto de sus propios sistemas comerciales. Se prevé que, para muchos productores y exportadores, esta guía puede ser un punto de partida para estimular el debate y la investigación futura sobre los efectos del cambio climático a nivel nacional y regional en la producción de piña y para la planificación conjunta de soluciones de adaptación que apoyen la sostenibilidad a largo plazo de la industria exportadora. Si bien la guía se centra en la adaptación, cabe señalar que los esfuerzos de adaptación y mitigación para reducir las emisiones de GEI van de la mano, y las estrategias de mitigación también pueden diseñarse de manera que contribuyan a la adaptación y la refuercen. Por ejemplo, las estrategias para enriquecer el contenido de carbono en los suelos agrícolas tienen el potencial de generar importantes resultados de mitigación mientras que los suelos que tienen un contenido mayor de carbono orgánico a través de la reducción de la labranza, la erosión y del uso de productos químicos también mejoran la producción y la rentabilidad de los cultivos (Scherr y Sthapit, 2009 en Bioversity, 2014).

Las prácticas seleccionadas también están alineadas con el trabajo de la FAO en materia de sostenibilidad, al promover técnicas, tecnologías y acciones que permiten la transformación de las cadenas de valor hacia prácticas ecológicas y resilientes al clima. Entre otras prácticas se incluyen: **agroecología, agricultura climáticamente inteligente, agricultura de conservación y agricultura digital.**

1.6 Metodología y limitaciones de la guía

La preparación de esta guía se realizó a través de un proceso de consulta con las empresas piñeras que participan en el Proyecto de Frutas Responsables. En junio de 2022, el proyecto realizó un **seminario web** para presentar el tema y discutir el significado del cambio climático para la industria de la piña. Empresas de piña compartieron sus experiencias sobre los efectos recientes del cambio climático en sus sistemas de producción, durante una sesión de panel, seguida de una sesión de discusión. Se presentó y se aprobó el propósito de la guía, y se invitó a los participantes a registrar su interés en unirse a un grupo de trabajo de adaptación al cambio climático para desarrollar la guía.



El grupo de trabajo realizó cuatro reuniones en línea para apoyar la guía:

- **Primera reunión**, el 13 de octubre de 2022, con participantes de América Latina sobre cambio climático y riesgos en la producción.
- **Segunda reunión**, el 24 de noviembre de 2022, con participantes de Asia en asociación con la Red Internacional sobre Frutas Tropicales (TFNet por sus siglas en inglés) para identificar riesgos climáticos y prácticas de adaptación para la producción de piña.
- **Tercera reunión**, el 30 de noviembre de 2022, con participantes de América Latina sobre validación de prácticas de adaptación.
- **Cuarta reunión**, el 13 de abril de 2023, para presentar el proyecto de la guía y validar los borradores de los capítulos 4 y 6 sobre prácticas de adaptación con todos los participantes involucrados en el Proyecto de Frutas Responsables.

Además de las aportaciones de los miembros del grupo de trabajo, la redacción de la guía se apoyó de entrevistas a miembros de empresas individuales, instituciones de investigación y puntos focales sobre el cambio climático de las Oficinas en el país de la FAO en regiones y países donde la producción y la exportación de piña son importantes. Estas entrevistas ayudaron a desarrollar los ejemplos de prácticas de adaptación de las empresas que se ilustran en el **Capítulo 4** y a determinar proyectos y resultados de investigación pertinentes producidos por las oficinas nacionales de la FAO o investigadores que colaboran con la oficinas. También se realizó una revisión exhaustiva de la literatura que abarcó publicaciones de la FAO sobre cambio climático, informes de agencias internacionales que trabajan en cambio climático (por ejemplo, el IPCC, el Banco Mundial, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], el Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]), revistas científicas sobre prácticas agronómicas y efectos del cambio climático en la producción de frutas tropicales en general, y la producción de piña en particular.

Qué es y qué no es la guía: algunas limitaciones

Las limitaciones de la guía se discutieron con los participantes en las reuniones del grupo de trabajo. Considerando el plazo reducido para su preparación y del carácter mundial del Proyecto de Frutas Responsables, no fue posible realizar una investigación científica longitudinal sobre el terreno que podría ser necesaria para responder a cuestiones específicas relacionadas con los efectos del cambio climático en la piña bajo diversas condiciones de producción y a través del tiempo. Sobre esta base, este documento no pretende ser una guía científica integral que ofrece soluciones de adaptación adecuadas para todos los contextos. Más bien, su objetivo es destacar los riesgos y desafíos relacionados con el clima que enfrentan los productores en algunos países, y las soluciones de adaptación que están probando para minimizar los riesgos futuros. Se ha realizado una revisión adicional de la literatura científica para validar aún más las prácticas de adaptación identificadas por las empresas. La guía también reconoce que los esfuerzos de adaptación requieren la colaboración entre diferentes actores estatales y no estatales para ser duraderos en el tiempo.

1.7 Estructura de la guía

El **Capítulo 1** presenta los antecedentes de la guía y analiza la repercusión del cambio climático en la agricultura y en la producción mundial de frutas tropicales. También explica el propósito y las limitaciones de la guía.

El **Capítulo 2** explica el alcance de la guía, incluidos los países seleccionados para una mayor investigación sobre los efectos del cambio climático en la producción de piña; las tendencias climáticas que afectan a estos países; y una breve descripción de algunas de las experiencias de los países, hasta la fecha, en la preparación de sus Planes Nacionales de Adaptación para el sector agrícola.

El **Capítulo 3** introduce los riesgos climáticos que enfrenta la producción de piña en una variedad de países y se discute las repercusiones de estos riesgos en la producción.

El **Capítulo 4** presenta y discute estrategias de adaptación al cambio climático para la producción de piña.

El **Capítulo 5** analiza algunos de los desafíos en la identificación de riesgos climáticos y soluciones de adaptación, e identifica lagunas en la información y la investigación y soluciones técnicas que deben abordarse para fortalecer la disponibilidad de prácticas de adaptación y su adopción.

El **Anexo 1** proporciona una lista de recursos adicionales que podrían ser útiles para aquellas empresas interesadas en aprender más sobre el cambio climático y sus efectos en la agricultura, las frutas tropicales y las opciones de adaptación.

Capítulo 2.

Alcance de la guía



Como se discutió en el **Capítulo 1**, el cambio climático está afectando de manera diferente a los países y regiones y, por tanto, para que una guía sobre adaptación sea significativa, se requiere más investigación sobre las tendencias climáticas específicas en cada país y las estrategias nacionales de adaptación. Considerando el enfoque mundial del Proyecto de Frutas Responsables en **la producción y el comercio sostenibles** de piña, la selección de los países para una mayor investigación, en esta guía, ha sido orientada por su importancia relativa en **la producción y exportación mundial** como una fuente importante de ingresos externos y de empleo. Sobre esta base, se seleccionaron cinco países productores y exportadores de piña para realizar un análisis más profundo, como se detalla a continuación.

Cabe señalar que la producción de ambos cultivos en otros grandes países productores que no fueron seleccionados, como el Brasil también sufrirá las consecuencias del cambio climático en el futuro. Esto puede dar lugar a una menor disponibilidad del producto para los consumidores nacionales como principal mercado para su producción, o a un exceso de oferta, dependiendo de las fluctuaciones de las condiciones climáticas de un año a otro. Por lo tanto, la guía también puede ser de interés para los productores de aquellos países que enfrentan amenazas climáticas similares, independientemente de su participación en el sector de la exportación.

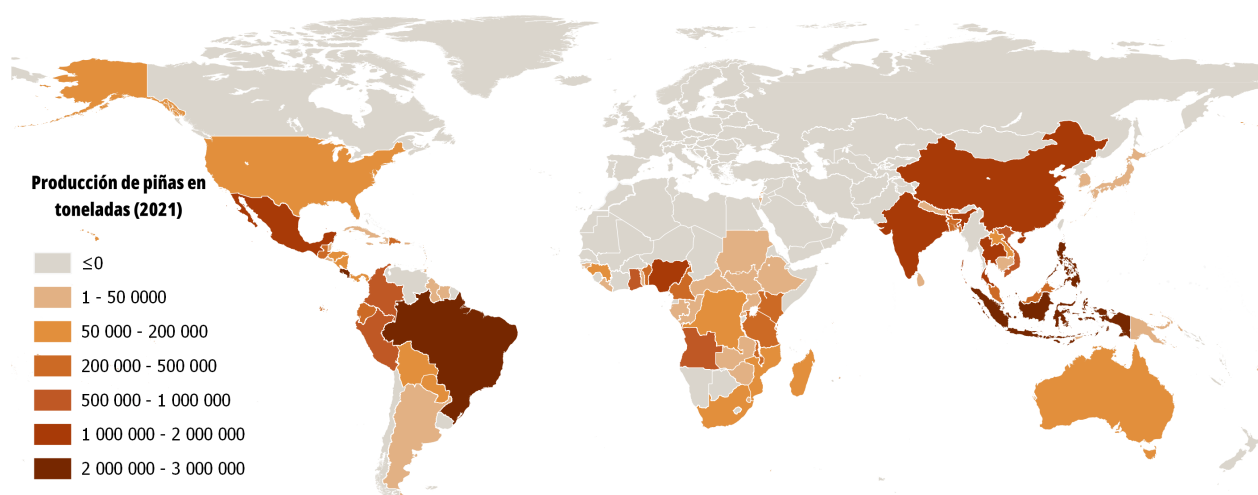
2.1 Producción y exportación de piña

2.1.1 Producción mundial de piña

La producción de piña se registra en más de 80 países en todo el mundo, con un crecimiento de 15,8 millones de toneladas en 2002, a 28,6 millones de toneladas en 2021, si bien con un índice promedio anual de crecimiento más modesto que el del aguacate, del 4,1 %, según FAOSTAT. Como se ilustra en la **Figura 2**, la región de Asia produce la mayor proporción de piña a nivel mundial, representando aproximadamente el 46 % de la producción en 2021, seguida por la región de América Latina y el Caribe, que representa el 35 %. En estas regiones, la producción de piña está dominada por países específicos: Costa Rica, Indonesia y Filipinas representan cada uno una cuota de aproximadamente

el 10 % de la producción mundial (FAO, 2023b). Otros productores importantes que atienden a sus mercados internos son el Brasil y China, que representan el 8 y el 6,6 %, respectivamente, de la producción mundial (FAO, 2023b).

Figura 2. Mapa de la distribución mundial de la producción de piña



Fuente: Elaboración de los autores basada en **FAO**. 2023. FAOSTAT: Cultivos. En: FAO. Roma. [Consultado el 21 de marzo de 2023]. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.

2.1.2 Comercio mundial de piña

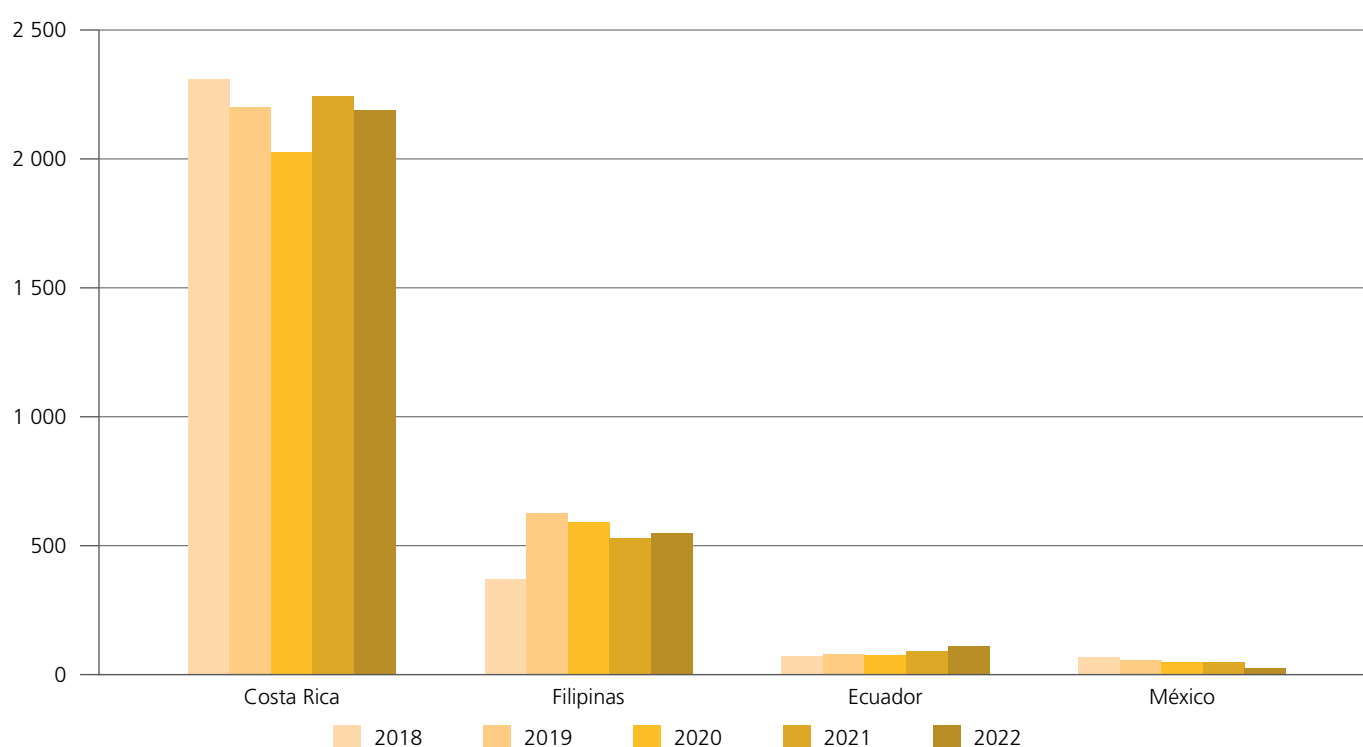
En 2021, las exportaciones mundiales de piña alcanzaron 3,2 millones de toneladas (FAO, 2022e). Costa Rica, principal productor mundial de la variedad de piña MD-2 la cual es la preferida por el mercado, exportó aproximadamente 2,2 millones de toneladas, representando el 75 % del total de exportaciones, seguido por Filipinas, con aproximadamente, 537 000 toneladas o el 17 % de las exportaciones mundiales (FAO, 2023b). Sin embargo, según datos comerciales preliminares, se prevé una contracción del 1,5 % en las exportaciones mundiales de piña para 2022, a poco menos de 3,2 millones de toneladas, debido a un clima más frío en Costa Rica, los altos costos de la energía y problemas en los envíos (FAO, 2023a).

La **Figura 3** ilustra los cinco principales exportadores durante el quinquenio 2018/22 y sus respectivas cantidades, destacando el papel dominante en las exportaciones desempeñado por los dos principales países: Costa Rica y Filipinas. En 2021, las piñas exportadas desde Costa Rica se destinaron principalmente a los mercados de los Estados Unidos de América y la Unión Europea, con una proporción del 46 y el 32 %, respectivamente (FAO, 2022d). En el caso de los Estados Unidos de América, casi el 95 % de las importaciones de piña provino de Costa Rica en 2021, y las cantidades restantes provinieron predominantemente de México, Honduras y Guatemala. Para la Unión Europea, Costa Rica también suministra aproximadamente el 87 % de la cantidad total de piñas importadas,



y cantidades menores provienen del Ecuador, Côte d'Ivoire y Ghana. Las piñas exportadas desde Filipinas, en 2021, estaban destinadas principalmente a China (40 %), el Japón (34 %) y la República de Corea (14 %) (UN Comtrade, 2023).

Figura 3. Cantidades de exportación de piña de los principales exportadores 2018/22 (datos preliminares para 2022)



Fuente: **FAO.** 2023a. *Análisis del mercado de las principales frutas tropicales. Resultados preliminares 2022.* Roma.

2.1.3 Selección de países para la guía

Sobre la base de las discusiones mencionadas, la guía sobre los efectos del cambio climático y las estrategias de adaptación seleccionó a los dos principales países productores y exportadores de piña: **Costa Rica y Filipinas**. Sin embargo, para comprender en más detalle los efectos climáticos en la producción de piña en otros países y regiones, se seleccionaron países adicionales (**el Ecuador, Ghana y Tailandia**) en base a la información disponible. En la medida de lo posible, también se consultó literatura científica relevante de otras naciones productoras de piña y de empresas que operan en la industria piñera para identificar soluciones de adaptación innovadoras, con hallazgos útiles que surgen de países como el Brasil, la India, Malasia y la República Dominicana. Esta información se ha incorporado a la guía.

2.2 Tendencias climáticas que afectan a los principales países productores y exportadores

Como se discutió en el **Capítulo 1**, las frutas tropicales son muy sensibles a cambios en los factores ambientales, incluida la **temperatura** y la **precipitación**, que tienen una correlación directa con las etapas fisiológicas reguladoras de los árboles frutales. La calidad y la cantidad de la producción de piña pueden verse afectadas negativamente por el aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones (por ejemplo, reducción de la disponibilidad de agua o lluvias excesivas) asociados con el cambio climático. Esta sección proporciona información de alto nivel sobre las tendencias climáticas de referencia a nivel de país asociadas con la temperatura y las precipitaciones. También proporciona información sobre proyecciones futuras según datos de los **Perfiles de países sobre riesgo climático, del Banco Mundial** y datos generales a nivel de país disponibles en el **Portal de conocimientos sobre el cambio climático, del Banco Mundial**. Los riesgos climáticos específicos identificados por los productores y las empresas piñeras que participan en el Proyecto de Frutas Responsables se analizan en detalle en el **Capítulo 3** (Riesgos climáticos que enfrenta la producción de piña).

2.2.1 Tendencias climáticas asociadas a la temperatura

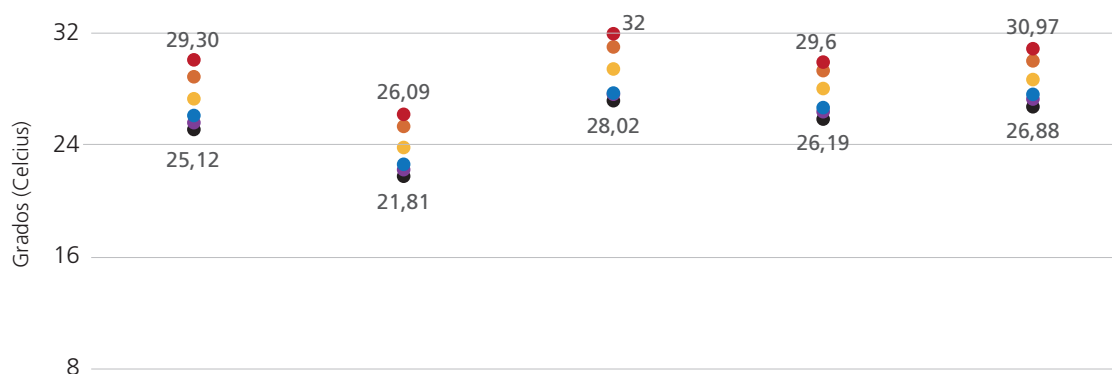
Según el Banco Mundial, las temperaturas promedio en todos los principales países productores de piña seleccionados en esta guía aumentarán en los cinco escenarios de emisiones modelados bajo el cambio climático (**Figura 4**)⁷.

Considerando un escenario intermedio (SSP2-4,5), donde las emisiones de CO₂ comienzan a disminuir después de 2050, se proyecta que el Ecuador experimente el pico más alto de aumento de temperatura entre los países estudiados, alcanzando un promedio de 2,02 °C para 2100. Tailandia y Ghana tendrán un clima promedio más cálido, de 1,81 y 1,82 °C, respectivamente, mientras que Costa Rica y Filipinas experimentarán un aumento en sus temperaturas medias de 1,77 y 1,78 °C, respectivamente, hacia finales de siglo.

⁷ El Banco Mundial estimó las temperaturas medias futuras hasta 2100 utilizando cinco posibles escenarios futuros que consideran los niveles de emisiones y el modelo de trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP). Cada escenario analiza las emisiones, los esfuerzos de mitigación y el desarrollo de los países, utilizando las temperaturas promedio entre 1995 y 2014 como período de referencia. Estos modelos son SSP1-1,9: Escenario más optimista que describe un mundo donde las emisiones globales de CO₂ se reducen a cero neto para 2050. SSP1-2,6: El cero neto se alcanza después de 2050 y las temperaturas se estabilizan alrededor de 1,8 °C más alto para 2100. SSP2-4,5: Las emisiones de CO₂ comienzan a disminuir después de 2050 y no llegan a cero neto hasta 2100. El progreso hacia la sostenibilidad es lento, con un desarrollo y un crecimiento desiguales de los ingresos; y las temperaturas aumentan 2,7 °C para 2100. SSP3-7,0: Las emisiones de CO₂ aproximadamente se duplicarán con respecto a los niveles actuales para 2100 y las temperaturas aumentarán 3,6 °C para 2100. SSP5-8,5: Los niveles actuales de emisiones de CO₂ casi se duplicarán para 2050. La economía mundial crecerá rápidamente dependiendo de los combustibles fósiles y llevando estilos de vida a alto consumo de energía; la temperatura media mundial será 4,4 °C más alta.



Figura 4. Temperaturas medias proyectadas para 2100, por modelo SSP y país productor de piña



	Costa Rica	Ecuador	Ghana	Filipinas	Tailandia
● Período de referencia (1995–2014)	25,12	21,81	28,02	26,19	26,88
● SSP1-1,9	25,49	22,48	28,57	26,55	27,54
● SSP1-2,6	25,85	22,66	28,62	26,78	27,71
● SSP2-4,5	26,90	23,83	29,83	27,96	28,70
● SSP3-7,0	28,34	25,38	31,38	29,07	30,26
● SSP5-8,5	29,30	26,09	32	29,6	30,97

Nota: La gran diversidad climática de Chile entre regiones –desde la tropical en el norte, la mediterránea en el centro y la antártica (oceánica antiboreal) en el sur– sesga las temperaturas promedio a la baja, como se muestra en la figura y en comparación con otros países.

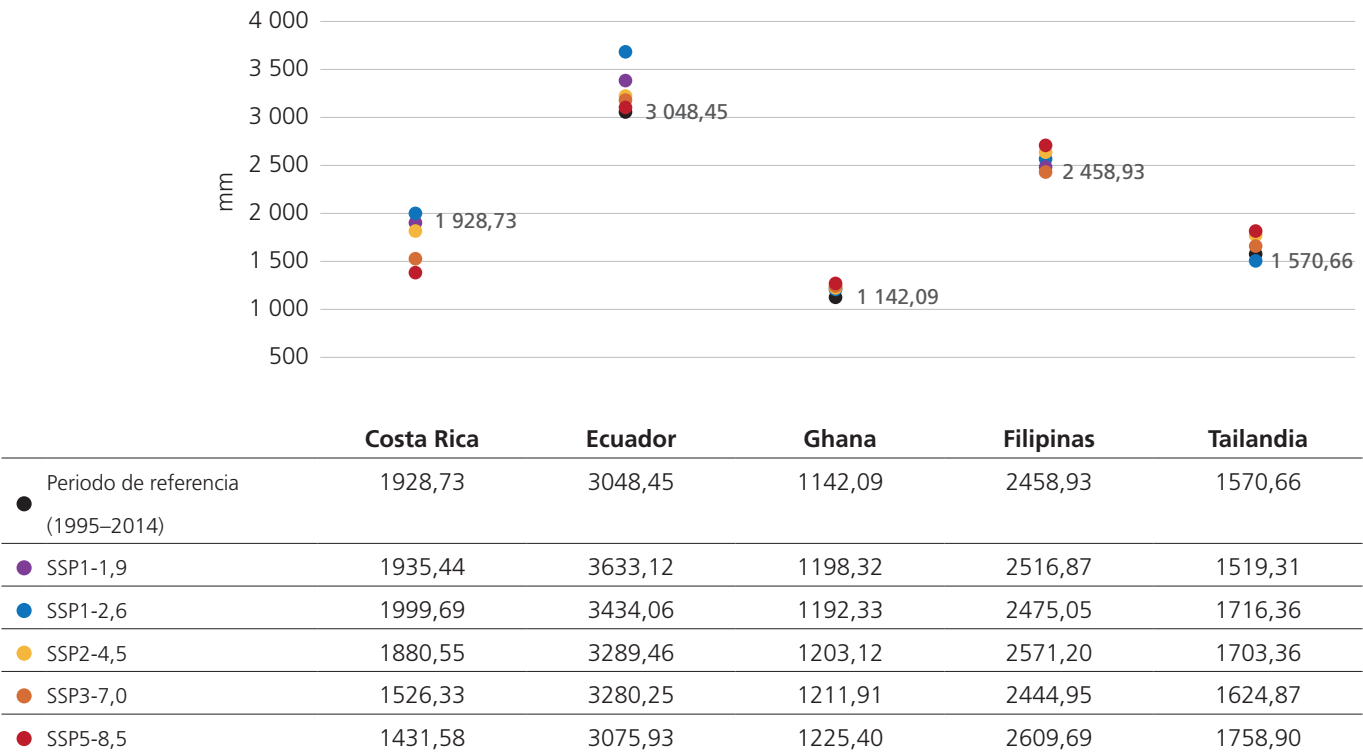
Fuente: Elaboración de los autores con datos del **Banco Mundial**. 2022. Portal de conocimientos sobre el cambio climático para profesionales del desarrollo y responsables de la formulación de políticas. En: Grupo del Banco Mundial [en línea]. Washington. [Consultado el 7 de octubre de 2022]. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>.

Según el IPCC, un aumento de 2 grados producirá condiciones meteorológicas extremas más frecuentes e intensas (aumento de las sequías, fuertes lluvias y granizadas), la extinción de algunos animales y plantas, y pondrá en riesgo la producción de algunos productos agrícolas (IPCC, 2021).

2.2.2 Tendencias climáticas asociadas a precipitación

La variabilidad de las precipitaciones (distribución, frecuencia y cantidad durante el año) y los cambios de largo plazo tienen efectos diferenciados sobre la producción de piña, dependiendo de si se experimenta déficit o exceso hídrico en etapas específicas del desarrollo de la planta. A diferencia de las tendencias en la temperatura, los patrones de precipitación futuros no muestran una tendencia clara y varían según la región y el país productor (**Figura 5**).

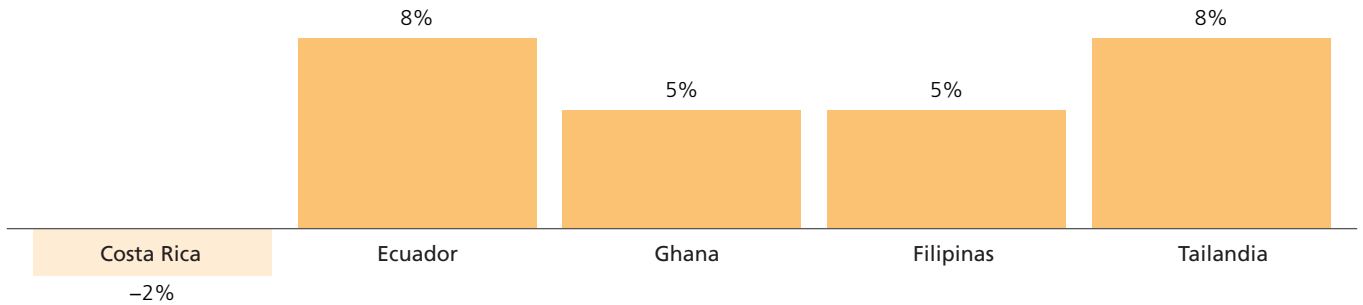
Figura 5. Precipitación media proyectada para 2100, período de referencia 1995–2014, para los países productores de piña



Fuente: Elaboración de los autores con datos del Banco Mundial. 2022. Portal de conocimientos sobre el cambio climático para profesionales del desarrollo y responsables de la formulación de políticas. En: Grupo del Banco Mundial [en línea]. Washington. [Consultado el 7 de julio de 2021]. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>.

A excepción de Costa Rica, para finales de siglo se prevén incrementos en las precipitaciones en todos los países productores de piña incluidos en este estudio, considerando el escenario de emisiones medio. Se prevé que el Ecuador y Tailandia experimenten un aumento promedio del 8 %, mientras que se proyecta un incremento promedio anual de precipitaciones del 5 % en Ghana y Filipinas. Los modelos sugieren que Costa Rica podría experimentar una disminución en las precipitaciones del -2 % para 2100 (Figura 6).

Figura 6. Porcentaje de cambio de precipitación para 2100 utilizando el modelo SSP2-4.5, en países productores de piña



Fuente: Elaboración de los autores.



Para ampliar más las tendencias climáticas discutidas anteriormente desde una perspectiva nacional, el **Cuadro 2** resume la línea de base climática y las proyecciones de las tendencias futuras en temperatura y precipitación que afectarán a los países productores de piña seleccionados, según los datos y perfiles de países de riesgo climático del Banco Mundial para 2021 (Banco Mundial, 2022). Cabe señalar que estas tendencias se informan principalmente a nivel nacional, lo que puede o no explicar las diferencias microclimáticas regionales y locales en las principales zonas productoras. Se toma como referencia la información sobre las regiones productoras de piña en estos países. Los riesgos climáticos localizados e identificados por los productores que participan en el Proyecto de Frutas Responsables se analizan en el **Capítulo 3**.

Cuadro 2. Panorama general de las tendencias en temperatura y precipitación conexas al cambio climático en los países productores de piña seleccionados

País	Proyecciones de temperatura	Proyecciones de precipitación
Costa Rica	La piña se produce en tres regiones del país: la región Huetar Norte tiene la mayor superficie dedicada a la producción de piña (53 % del total); la región Huetar Atlántica (27 %); y la región del Pacífico (Brunca) (21 %) (CANAPEP, 2023). - Se prevé un aumento en las temperaturas de 1,48 °C para la década de 2050 y de 3,08 °C para finales de siglo en un escenario de altas emisiones. - Se prevé que el número de días muy calurosos (temperaturas superiores a 35 °C) aumente de aproximadamente 6 a 72 días al año para finales de siglo, especialmente en la costa del Pacífico y las regiones del norte. - Se prevé un aumento en las temperaturas máximas entre 3 y 8 °C y un aumento en las temperaturas mínimas entre 2 y 3 °C.	- Costa Rica está en riesgo por la creciente frecuencia e intensidad de eventos de lluvias extremas que causan inundaciones. Los cambios en los patrones de precipitación en el país, durante la segunda mitad del siglo, sugieren un inicio más temprano de la temporada de lluvias, así como futuras condiciones de sequía. - Las proyecciones regionalizadas apuntan a una disminución de las precipitaciones para 2100, incluida una reducción negativa del 13 al 24 % en la península de Nicoya y la zona central del Pacífico, aumentando la probabilidad de una mayor aridez y sequía. - Se proyecta un aumento de precipitaciones para las zonas sur del Pacífico.

País	Proyecciones de temperatura	Proyecciones de precipitación
Ecuador	La piña se cultiva en la región costera del Ecuador, en las provincias de Guayas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, El Oro, Esmeraldas y Manabí. La mayor parte de la piña se cultiva en Santo Domingo de los Tsáchilas. - Se prevé que continúen aumentando las temperaturas y se pronostica un calentamiento a lo largo de la frontera oriental. Se pronostican aumentos de 1,0 °C en el valle interandino para la década de 2030. - Se prevé que las regiones Amazónica y Sierra experimenten aumentos significativos de temperatura de 5 y 4 °C, respectivamente, para finales de siglo, en un escenario de altas emisiones. Las temperaturas en las regiones costeras aumentarán 3,3 °C en la década de 2090.	- Se prevé que el país experimente condiciones secas intensificadas, con precipitaciones reducidas hasta mediados de siglo, y se pronostica un aumento de las precipitaciones para la segunda mitad del siglo. - Se prevé que la intensidad de las precipitaciones aumente en las regiones Amazónica y Sierra, pero es probable que disminuya en las zonas costeras, hasta en un 50 % para mediados de siglo. - En las zonas costeras, el aumento del nivel del mar, junto con el aumento de las marejadas ciclónicas, pueden provocar inundaciones localizadas. Los deslizamientos del terreno también son comunes en las zonas montañosas.
Ghana	El cultivo de piña se concentra principalmente en las regiones de Greater Accra, Volta y Central. - Se prevé un aumento en las temperaturas entre 1,0 y 3,0 °C a mediados de siglo; y entre 2,3 y 5,3 °C para finales de siglo. El calentamiento proyectado probablemente ocurrirá más rápidamente en las zonas del norte y del interior que en las regiones costeras. - También se prevén aumentos sustanciales en la frecuencia de días y noches calurosos, entre un 18 y un 59 % para mediados de siglo, junto con una disminución en el número de días fríos.	- Las precipitaciones en Ghana experimentan un alto grado de variabilidad interanual e interdecadal. - Se prevén precipitaciones más irregulares e intensas durante la estación húmeda, junto con niveles de precipitación más bajos durante la estación seca, con mayores disminuciones en las regiones del sur. También es probable que las precipitaciones intensas provoquen encharcamientos e inundaciones repentinas, así como erosión de las riberas de los ríos. - Ghana es vulnerable a una creciente aridez y sequías, así como a precipitaciones e inundaciones extremas.



País	Proyecciones de temperatura	Proyecciones de precipitación
Filipinas	La piña se produce principalmente en la isla de Mindanao (78 %). El norte de Mindanao es la principal región productora de piñas (51 %), seguida de Soccsksargen (26 %) en el sur de Mindanao (PSA, 2020). - Se prevé un aumento en las temperaturas medias de 3,1 °C para la década de 2090, en un escenario de altas emisiones. Sin embargo, existe un alto grado de incertidumbre debido a las grandes escalas espaciales utilizadas para los modelos. - En Luzon y Mindanao (donde se cultiva la piña), las proyecciones climáticas muestran un aumento cercano a los 3,4 °C en un escenario de altas emisiones, durante el período 2080–2099. - En el sur de Mindanao, se proyectan aumentos particularmente grandes en la probabilidad de olas de calor, con potencial para olas de calor de un año de duración para 2050. - El estrés térmico podría reducir la productividad laboral en 20 % para 2050 durante los meses pico, bajo la trayectoria de mayores emisiones.	- Las proyecciones de las tendencias locales futuras en las precipitaciones a largo plazo son inciertas, si bien son evidentes algunas tendencias globales. La intensidad subdiaria de las precipitaciones extremas parece estar aumentando con la temperatura, un hallazgo respaldado por evidencia de diferentes regiones de Asia. - El futuro de las precipitaciones en Filipinas, y en particular la variabilidad interanual, dependerá de la interacción del cambio climático con el fenómeno de la Oscilación del sur de El Niño. - En términos de fenómenos meteorológicos extremos, este país es uno de los más propensos del mundo a ciclones y se encuentra en el “cinturón de tifones”. Las inundaciones plantean un riesgo considerable, así como la exposición a terremotos y la amenaza de deslizamientos del terreno.
Tailandia	La producción de piña se lleva a cabo a lo largo de las costas oriental y occidental del Golfo de Tailandia, y la mayor parte de la producción se realiza en la provincia de Prachuap Khiri Khan, en el oeste de Tailandia. - Según la trayectoria de altas emisiones, se prevé un aumento en las temperaturas medias de 3,8 °C para la década de 2080. En todos los escenarios de emisiones, se prevé un aumento considerable en el promedio anual de las temperaturas máximas y mínimas mensuales. - Se prevé que, para la década de 2080, Tailandia experimentará aumentos muy significativos en el número de días en los que el índice de calor superará los 35 °C. - En todas las trayectorias de emisiones, la probabilidad de experimentar una ola de calor aumenta considerablemente entre 2080 y 2099. En las zonas del norte, la probabilidad de una ola de calor anual es de 17 % para 2090 (en el escenario de altas emisiones).	- Los estudios observan un aumento de la precipitación anual, con un aumento de la precipitación durante la estación húmeda. - En Tailandia occidental, las sequías relacionadas con El Niño se han vuelto más frecuentes y severas al mismo tiempo que aumentan los niveles de carbono. - La intensidad de las precipitaciones extremas en escalas muy cortas (subdiaria) parece estar aumentando con la temperatura, un hallazgo respaldado por evidencia de diferentes regiones de Asia. - Tailandia está expuesta a inundaciones extremadamente alta, incluidas inundaciones fluviales, repentinas y costeras. Tailandia también está expuesta a ciclones tropicales y sus peligros conexos.

Fuente: Datos y descripciones de tendencias climáticas extraídos de los informes del perfil de riesgo nacional del Banco Mundial (2021; 2022).

2.3 Las contribuciones determinadas a nivel nacional y la importancia de los Planes Nacionales de Adaptación para el sector agrícola

De conformidad con los argumentos apenas expuestos sobre las tendencias climáticas a nivel nacional, es importante comprender cómo los países están planificando y coordinando sus esfuerzos para abordar el cambio climático a través de medidas para reducir las emisiones de GEI y la ejecución de planes de adaptación a nivel nacional. En el ámbito internacional, el fundamento de estas acciones surge del **Acuerdo de París**, que fue firmado por 196 países el 12 de diciembre de 2015 en París (Francia), en la Conferencia de las Partes (COP21) en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). El Acuerdo de París es un **tratado internacional sobre el cambio climático, jurídicamente vinculante**. Entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Los cinco países cubiertos en esta guía son signatarios del Acuerdo. Su objetivo general es limitar “el calentamiento mundial muy por debajo de 2 °C por encima de los niveles preindustriales” y realizar esfuerzos “para limitar el aumento de temperatura a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales” (CMNUCC, 2023). El Acuerdo de París también incluye el Objetivo Global de Adaptación, que tiene como objetivo “aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático, para contribuir al desarrollo sostenible y garantizar una respuesta de adaptación adecuada” (CMNUCC, 2015). En los últimos años, los líderes mundiales han subrayado la necesidad de limitar el calentamiento mundial a 1,5 °C para finales de este siglo. Según el IPCC, si se supera el rango de 1,5 °C se corre el riesgo de desencadenar repercusiones del cambio climático mucho más graves, incluidas sequías más frecuentes y graves, olas de calor y precipitaciones. Para lograrlo, las emisiones de GEI deben alcanzar su punto máximo antes de 2025 a más tardar, y disminuir un 43 % para 2030 (IPCC, 2023).

La implementación del Acuerdo de París por parte de cada país signatario se logra a través de planes nacionales de acción climática conocidos como **contribuciones determinadas a nivel nacional** (CDN), que describen los esfuerzos realizados por cada país después de 2020 para reducir las emisiones nacionales de GEI y adaptarse a los efectos del cambio climático. Cada uno de los países debe establecer objetivos de reducción de las emisiones de GEI, describir cómo planean lograrlos a través de medidas de mitigación y describir sus estrategias para implementar prácticas de adaptación en todos los sectores priorizados. Las CDN se presentan cada cinco años a la Secretaría de la CMNUCC. Con el fin de elevar las ambiciones en el tiempo, el Acuerdo de París establece que las CDN sucesivas deben representar una progresión en comparación con las CDN anteriores y reflejar su mayor ambición posible. Las CDN sirven como una forma colectiva de rastrear el progreso mundial en los objetivos climáticos y señalar si el calentamiento mundial puede mantenerse muy por debajo del rango de 1,5 °C. Los cinco países cubiertos por la guía han presentado **Informes sobre las CDN**⁸ a la CMNUCC desde 2020.

⁸ Los informes sobre las CDN para todos los países cubiertos por la guía están disponibles en el Registro de las CDN gestionado por la CMNUCC. Los informes están disponibles para Costa Rica, el Ecuador, Ghana, Filipinas y Tailandia.



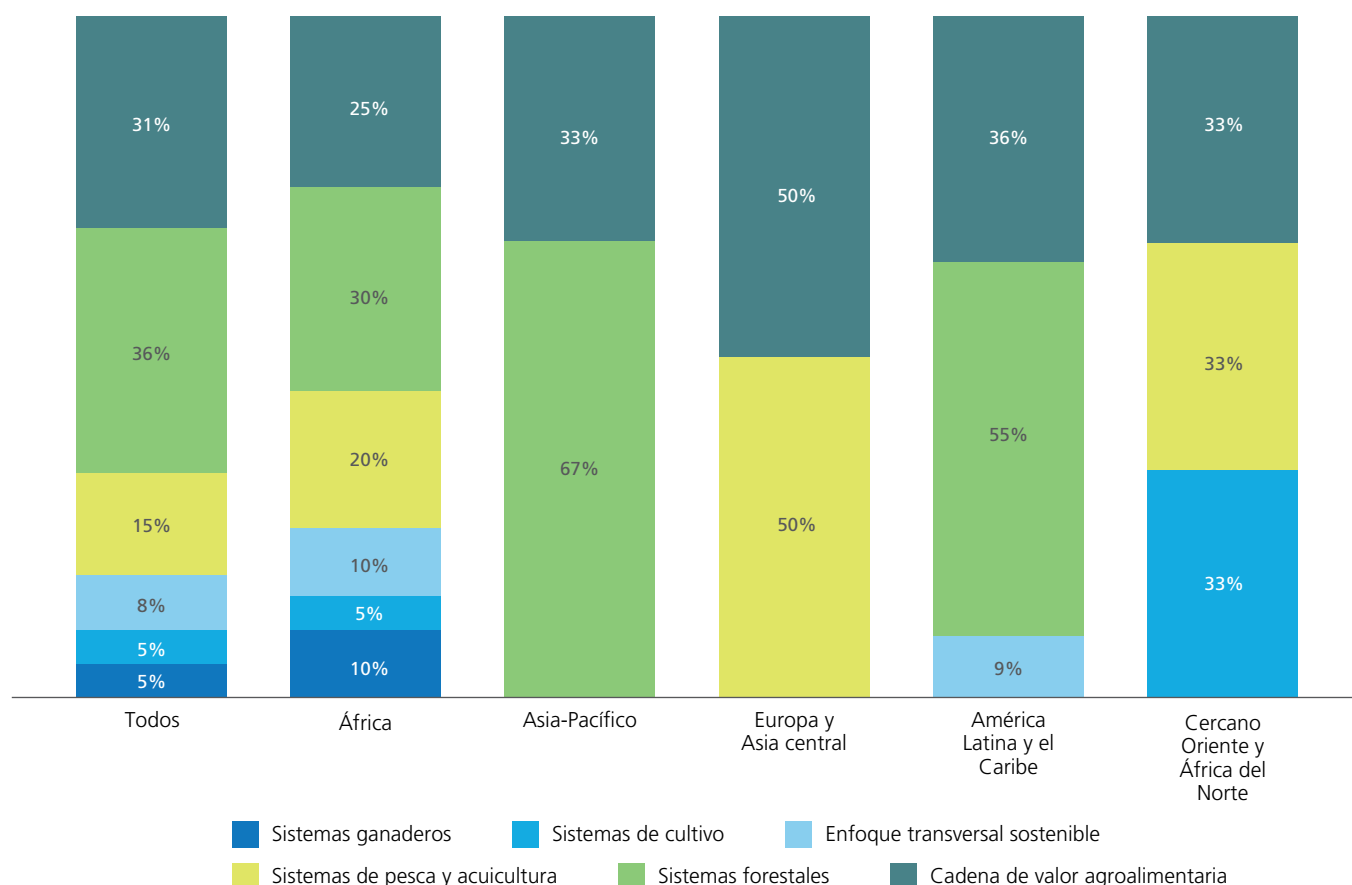
Una revisión de estos informes indica que los objetivos de mitigación, y los programas específicos para reducir las emisiones, siguen siendo el eje central de las CDN. Si bien en los cinco informes revisados se mencionan los esfuerzos de adaptación, en la mayoría de los casos se hace en términos más generales o abstractos que los relacionados con la mitigación, y no hay indicaciones claras de cómo se monitorearán y medirán estos esfuerzos. Estos hallazgos también fueron confirmados en el **Informe de síntesis de las CDN 2022 de la CMNUCC** que revisó 166 de las CDN, incluidas 142 CDN nuevas o actualizadas, así como por el Informe de actualización global de las CDN de 2023. Estos informes encontraron que, si bien había mejorado el componente de adaptación en las CDN actualizadas, aún se necesita más trabajo para introducir objetivos de adaptación cuantitativos con plazos determinados y con marcos de indicadores de medición en todos los informes. Uno de los desafíos para fomentar una mayor claridad sobre las estrategias y objetivos de adaptación es la falta de un marco de presentación de informes estandarizado para la adaptación en las CDN. Algunos países han definido claramente sus programas de adaptación y han comenzado a fijar objetivos en sus CDN (por ejemplo, Kenya), mientras que otros siguen siendo más abstractos.

El desarrollo y la ejecución de los Planes Nacionales de Adaptación es un instrumento importante para operacionalizar la implementación de los objetivos de adaptación incluidos en las CDN. La adaptación al cambio climático en los sectores agrícolas se encuentra entre las principales prioridades identificadas en los planes climáticos nacionales de los países en desarrollo. Más del 95 % de los países en desarrollo que especificaron prioridades o acciones de adaptación en sus CDN se refirieron a los sectores de la agricultura y uso de la tierra; y el 78 % se refirió a acciones específicas relacionadas con ecosistemas y recursos naturales (FAO, 2016, 2017a; Crumpler *et al.*, 2021). Sin embargo, estos planes suelen ser débiles en lo que respecta a los detalles sobre cómo se orientarán los esfuerzos para apoyar la adaptación en la agricultura. Tampoco cubren aspectos críticos de la planificación de la adaptación que son necesarios para apoyar tanto a la agricultura (incluida la producción agrícola y ganadera, la pesca y la silvicultura), como la seguridad alimentaria y la nutrición. Asimismo, también se necesita un enfoque sensible a las cuestiones de género en la integración de la agricultura en los Planes Nacionales de Adaptación (NAP-Ag por sus siglas en inglés) para reconocer los efectos desproporcionados del cambio climático en los medios de vida de las mujeres, las niñas y los jóvenes, y comenzar a abordar las desigualdades estructurales (por ejemplo, en políticas, leyes, normas, instituciones, etc.) que refuerzan muchos de los diferentes desafíos de adaptación que experimentan mujeres y hombres (FAO, 2018a).

Las CDN y los Planes Nacionales de Adaptación también reconocen la necesidad fundamental de involucrar a las empresas privadas en los sectores de la agricultura y uso de la tierra. Un análisis reciente de las CDN y los Planes Nacionales de Adaptación presentados hasta la fecha indica que, si bien el 60 % de los países participa en consultas con el sector privado durante el proceso de planificación de sus CDN, solo el 10 % mantiene una colaboración activa (Crumpler *et al.*, 2021). Esta tendencia se observa en todas las regiones, si bien la región de América Latina y el Caribe muestra una colaboración más activa entre los gobiernos y el sector privado en la planificación de las CDN (*ibid.*).

Los principales puntos de entrada para el diálogo sobre la acción por el clima en todas las regiones están vinculados al potencial de mitigación o de adaptación en los sistemas forestales (36 %) y las cadenas de valor agroalimentarias (21 %; **Figura 7**), ambos de gran relevancia para la industria de la piña que opera en los países seleccionados para el análisis de esta guía.

Figura 7. Puntos de entrada del sector privado en la planificación de las CDN relacionadas con los sectores agrícolas, por región y subsector



Fuente: **Crumpler, K., Abi Khalil, R., Tanganelli, E., Rai, N., Roffredi, L., Meybeck, A., Umulisa, V., Wolf, J. and Bernoux, M.** 2021. *2021 (Interim) Global update report – Agriculture, Forestry and Fisheries in the Nationally Determined Contributions* (Informe de actualización global 2021 (interino): *Agricultura, silvicultura y pesca en las contribuciones determinadas a nivel nacional*). Gestión del medio ambiente y los recursos naturales. Documento de trabajo N.o 91. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7442en>

Para abordar los desafíos antes mencionados, desde 2015, la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se han asociado con los países para trabajar en la integración de soluciones de adaptación específicas para el sector agrícola, como parte de los Planes Nacionales de Adaptación en sentido más amplio, desarrollados por los países. El programa titulado **Integración de la agricultura en los Planes Nacionales de Adaptación** ha trabajado con los 11 países para identificar e integrar medidas de adaptación climática para el sector agrícola en los procesos nacionales de planificación y presupuestación, en apoyo al logro de los ODS y el Acuerdo de París. Dos de los principales países productores de piña, **Filipinas** y **Tailandia** están incluidos en el programa NAP-



Ag. Si bien los planes elaborados no se centran en el sector de las frutas tropicales, merecen una mayor consideración dada la identificación de factores de riesgo climático para la agricultura en los planes y las medidas de adaptación propuestos, que también son relevantes para la producción de frutas tropicales (por ejemplo, manejo del agua, conservación, protección de la biodiversidad, agrosilvicultura y sistemas de alerta temprana). El **Cuadro 3** destaca algunos ejemplos del apoyo brindado por el programa NAP-Ag a estos países.

Cuadro 3. Resumen del apoyo brindado por el Programa NAP-Ag a los países para el desarrollo de sus Planes Nacionales de Adaptación

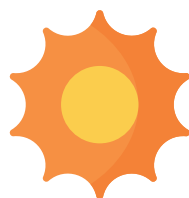
País	Apoyo del PNDA-Ag
Filipinas	Desde 2016, el apoyo del PNDA-Ag en Filipinas ha tenido como objetivo profundizar una serie de áreas prioritarias: una mayor integración de la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastres en los planes y operaciones del sector agrícola; una mejor comprensión de la planificación de la adaptación basadas en el paisaje; una mejor integración de la planificación de la adaptación nacional y local para los sectores agrícolas; mejores pronósticos para cultivos y pesquerías, y una mayor capacidad para priorizar, monitorear y evaluar opciones de adaptación sensibles a las cuestiones de género para los sectores agrícolas.
Tailandia	El PNDA-Ag apoyó la formulación del Plan estratégico agrícola sobre cambio climático (ASPCC, por sus siglas en inglés) de Tailandia (2017–2021). Este plan proporciona una síntesis de conocimientos sobre los efectos del cambio climático, observados y proyectados, en el sector agrícola del país y también describe estrategias de respuesta prioritarias. Prioridades de adaptación al cambio climático: • Prioridad 1. Manejo del agua: i) manejo integrado y participativo de los recursos hídricos; ii) aumento de la eficiencia en el uso del agua; iii) ampliación de las zonas de riego, y iv) aumento del número de estanques agrícolas para almacenamiento de agua. • Prioridad 2. Manejo sostenible del suelo: i) prevención de la degradación del suelo (como la plantación de cultivos de cobertura y la rotación de cultivos); ii) rehabilitación de suelos degradados (como análisis del estado del suelo y promoción de fertilizantes orgánicos), y iii) optimización del uso de la tierra agrícola a través de la zonificación agrícola (mediante el uso de herramientas de mapeo agrícola). • Prioridad 3. Fortalecer la resiliencia climática de los agricultores: i) mapeo de riesgos del cambio climático para todos los cultivos principales; ii) promoción de seguros contra riesgos climáticos (seguros basados en índices); iii) desarrollo del índice de resiliencia climática para el sector agrícola; iv) promoción de la agricultura integrada y la agricultura sostenible (agricultura orgánica y agricultura de nueva teoría); v) promoción de la transferencia de tecnología en la agricultura de precisión y la biotecnología; vi) desarrollo de sistemas de alerta temprana (SAT) para el sector agrícola, y vii) promoción de políticas basadas en el mercado e incentivos económicos para la acción por el clima. • Prioridad 4. Fortalecer las medidas para apoyar la capacidad de adaptación de los agricultores y las empresas: i) desarrollo de medidas para compensar y apoyar la adaptación y la resiliencia climática de los agricultores y las empresas, y ii) fortalecimiento de las medidas, los mecanismos y la estructura institucional, según corresponda.

Fuente: Adaptado desde **FAO**. 2023. Integración de la agricultura en los Planes Nacionales de Adaptación. [Consultado el 2 de mayo de 2023]. www.fao.org/in-action/naps/partner-countries

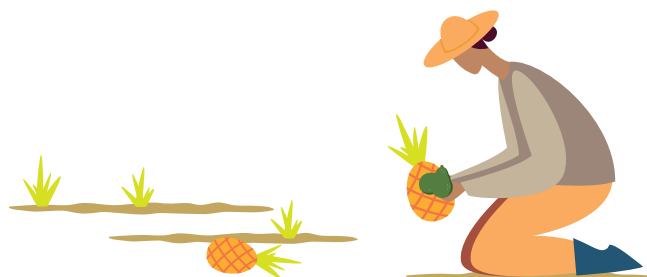
En los últimos años, el trabajo en el marco del programa NAP-Ag también ha avanzado para incluir el apoyo al diseño de sistemas de seguimiento y evaluación (SyE) para la adaptación en los sectores agrícolas, que se incorporarán a los Planes Nacionales de Adaptación (FAO y PNUD, 2023). Según la FAO y el PNUD (2023), los países enfrentan varios desafíos al realizar el SyE de la adaptación, incluidas las escalas de largo plazo en las que se desarrollan los efectos del cambio climático; la incertidumbre de los efectos climáticos; la especificidad del contexto y falta de indicadores comunes; la dificultad de atribuir el efecto a las intervenciones de adaptación o de desarrollo, y el acceso y disponibilidad de datos climáticos relevantes. Sin embargo, se está avanzando y se reconoce que es esencial vincular los sistemas de SyE a los procesos más amplios de planificación e implementación de la adaptación, incluidos los Planes Nacionales de Adaptación y las CDN.

En el contexto de la industria de frutas tropicales, es útil comprender cómo sectores específicos como, la producción y exportación de piña, pueden contribuir a lograr los objetivos de mitigación y adaptación establecidos en las CDN y los Planes Nacionales de Adaptación. Podría ser útil que la industria alinee sus esfuerzos con los esfuerzos nacionales y subregionales, donde estos existan, y demostrar a los responsables de las políticas que la industria está realizando esfuerzos colectivos para apoyar estos planes. Iniciativas específicas, como el monitoreo de las huellas de carbono y de agua con herramientas de *Open Source* (como la que actualmente está desarrollando el Proyecto de Frutas Responsables para la industria de la piña), podrían ayudar a las asociaciones de productores y exportadores a demostrar de manera concreta cómo la adaptación y la mitigación apoyan los esfuerzos en consonancia con las estrategias, planes y objetivos nacionales. Se deberían considerar enfoques similares para monitorear y evaluar las prácticas de adaptación identificadas en el **Capítulo 4** de la guía, de modo que las iniciativas lideradas por la industria y las alianzas público–privadas puedan destacar su contribución al logro de los objetivos nacionales de adaptación.

Capítulo 3.



Riesgos climáticos que enfrenta la producción de piña



Como se discutió en la **subsección 2.2.1** del Capítulo 2, se pronostica un aumento en las temperaturas promedio para finales de siglo en todos los países productores de piña identificados en la guía. Esto provocará fenómenos climáticos extremos más frecuentes e intensos, con efectos importantes en la calidad de la piña en las etapas pre- y poscosecha y, por tanto, en el potencial de mercado para las empresas y las asociaciones.

A diferencia de las tendencias en la temperatura, los patrones de precipitación futuros no muestran una tendencia consistente y varían según la región y el país productor (**subsección 2.2.2**). A excepción de Costa Rica, donde se proyecta una disminución de las precipitaciones, todos los demás países productores de piña incluidos en este estudio probablemente sufrirán un aumento de las precipitaciones para finales de siglo, y se prevé que Ecuador y Tailandia experimenten el mayor aumento promedio para 2100.

En virtud de estas tendencias futuras, este capítulo presenta un resumen de los riesgos climáticos identificados a través de una revisión de la literatura científica y consultas realizadas con productores y asociaciones de la industria de la piña. La comprensión estos riesgos puede ayudar a los productores, asociaciones y empresas piñeras a considerar los riesgos climáticos futuros en los procesos de toma de decisiones para manejar y mitigar los efectos potenciales en consecuencia. Cada uno de estos riesgos:

- identifica y describe los efectos del riesgo en la producción de piña;
- ilustra otros efectos potenciales que el cambio climático y los fenómenos meteorológicos extremos pueden tener en las dimensiones social y económica de la producción de piña; y
- destaca los riesgos climáticos experimentados en diferentes países productores de piña.

El **Cuadro 4** resume los principales riesgos climáticos y algunas repercusiones en la producción de piña.

Cuadro 4. Principales riesgos climáticos y otras repercusiones y amenazas conexos para la producción de piña

Variables climáticas	Riesgos e repercusiones identificados	
Temperatura	 Aumento de la temperatura	 Calor extremo
	 Heladas y bajas temperaturas	 Radiación solar
Precipitación	 Lluvias intensas	 Escasez de agua
	 Sequías	 Cambios en los patrones de lluvia
Mixtas y “otras”	 Floración temprana	 Propagación de plagas y enfermedades
	 Erosión del suelo	 Vientos fuertes

3.1 Temperatura

Se puede lograr una buena calidad de la fruta combinando temperaturas nocturnas relativamente frescas, días soleados y temperaturas diurnas que oscilen entre 21 y 29,5 °C, sin superar los 32 °C (Hossain, 2016). Sin embargo, dependiendo de la región productora, estos rangos pueden variar. Por ejemplo, las temperaturas en regiones productoras de piña en Ghana oscilan entre 20 y 36 °C (Williams, Crespo y Atkinson, 2017). Las temperaturas fuera de estos rangos pueden afectar gravemente el desarrollo de la planta y la calidad del fruto, como se explica a continuación.

Altas temperaturas

Por cada grado por encima de 32 °C, las tasas de crecimiento de las plantas disminuyen rápidamente; y por encima de 35 °C, también puede retrasarse el crecimiento de la piña (Gobierno de Australia, 2008). Las altas temperaturas también influyen en la calidad de la fruta. El **Cuadro 5** resume los principales efectos que las altas temperaturas tienen en el desarrollo y la calidad de la piña.

Cuadro 5. Efectos del aumento de las temperaturas en la producción de piña

Etapa de producción	efecto
Floración	Las temperaturas nocturnas superiores a 25 °C aceleran la floración, provocando una floración temprana y una producción desigual.
Desarrollo del fruto	Las temperaturas superiores a 32 °C provocan la producción de frutos de formas desiguales, especialmente de las coronas, que constituyen uno de los principales materiales de plantación.
Calidad	Las altas temperaturas (superiores a 35 °C), y la radiación solar conexas, afectan la piel de la piña y pueden propiciar las condiciones para la proliferación de enfermedades. Dependiendo del grado del daño, es posible que la fruta quemada por el sol no cumpla con los requisitos del mercado internacional.
Cosecha	Las altas diferencias de temperatura entre el día y la noche, de 8 a 14 °C, también reducen el rendimiento de los cultivos (Custódio <i>et al.</i> , 2016).

Como se puede observar en el **Cuadro 5**, el clima más cálido previsto tendrá un efecto diferenciado en la producción de piña, dependiendo de la fase de desarrollo en la que se experimenten temperaturas más altas.

Las altas temperaturas suelen ser una preocupación menor durante el crecimiento vegetativo de la piña, ya que las hojas tienden a tener buena tolerancia a las altas temperaturas (Bartholomew, Paull y Rohrbach, 2003; Williams *et al.*, 2017). Sin embargo, durante la fase de desarrollo de la planta, las altas temperaturas pueden provocar la formación de tejido corchoso en los frutos, ocasionando su deformación. Asimismo, temperaturas superiores a 32 °C pueden provocar la muerte de las plantas debido al cierre de los estomas y la disminución del proceso de transpiración (Céspedes *et al.*, 2018). Las temperaturas elevadas también producen una mayor evaporación del agua, disminuyendo la cantidad de agua disponible en el suelo y en el medio ambiente. Esto impacta negativamente en la absorción de nutrientes por parte de la planta y, por tanto, en su desarrollo fisiológico. Por ejemplo, pueden causar problemas en el desarrollo de los ojos del fruto (puntos negros de la piña), lo que se percibe como una pérdida de la calidad estética del fruto (Céspedes *et al.*, 2018).

Durante la fase de floración, las temperaturas más cálidas, acompañadas de otros factores de humedad, también aumentan la incidencia de las principales plagas de la piña, como el barrenador de la fruta (*Strymon basilides*) y las cochinillas arenosas (*Dysmicoccus brevipes*), que son atraídas por la coloración de las flores de la piña (más adelante se ofrecen más detalles sobre plagas y enfermedades).

Cambios en la radiación solar

La luminosidad óptima para el desarrollo de plantas y frutos ronda las 1 500 horas al año (Vargas *et al.*, 2018). La radiación solar superior o inferior a este nivel tendrá diferentes efectos en la producción y la calidad de la piña.

Temperaturas muy altas pueden provocar un aumento de la radiación solar, dañando la calidad del fruto y favoreciendo la propagación de plagas y enfermedades (Vargas *et al.*, 2018). Las quemaduras solares en los frutos, uno de los principales problemas del aumento de la radiación, se producen durante períodos de alta irradiancia y pueden provocar pérdidas importantes de frutos. Las quemaduras solares ocurren cuando un área localizada de la fruta se expone directamente a la luz solar, provocando una elevación de la temperatura de la pulpa. Las quemaduras solares pueden dañar plantas y frutos en diferentes niveles. Pueden tener efectos menores simplemente decolorando la cáscara o causar daños graves que hacen que las frutas no sean aptas para fines comerciales.

Las quemaduras solares durante el desarrollo de la inflorescencia pueden producir frutos muy deformes. El efecto directo de los rayos solares sobre las plantas de piña durante la fase de inducción floral provoca un aumento de frutos dañados por tejido de aspecto corchoso, afectando la calidad y la estética del fruto y disminuyendo el rendimiento comercializable (Céspedes *et al.*, 2018). Durante la fase de maduración, las quemaduras solares graves pueden hacer que la zona lesionada se vuelva traslúcida y se seque (Bartholomew, Paull y Rohrbach, 2003).

Por el contrario, la baja intensidad de la luz solar puede provocar retrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta, ya que esta no recibe la suficiente energía necesaria para realizar los procesos fotosintéticos. Asimismo, la planta sufre cambios internos en su morfología ya que pasa del estado vegetativo al reproductivo, acelerando la floración natural. Al no ser este proceso homogéneo dentro de toda la plantación de piña, provoca un aumento en los costos de producción y cosecha y reduce los rendimientos (Céspedes *et al.*, 2018). Asimismo, la baja radiación puede promover la formación de frutos opacos durante la fase de maduración, los cuales no son aptos para la exportación (Vargas *et al.*, 2018).

Las altas temperaturas y la radiación también tienen repercusiones en la salud y la seguridad de los trabajadores en las plantaciones de piña y las plantas de empaque. Una exposición mayor y persistente a la luz solar y al calor aumenta el riesgo de deshidratación, la prevalencia de enfermedades de la piel y otros síntomas de estrés térmico, al tiempo que reducen la productividad de los trabajadores. El estrés térmico en los trabajadores, y la consiguiente disminución de la productividad laboral, se han identificado como un desafío importante asociado con el cambio climático en el futuro en países como Costa Rica, Ecuador y Filipinas (Banco Mundial, 2022).

Bajas temperaturas

Las temperaturas extremadamente bajas son causadas principalmente por la entrada de frentes fríos, provocando en ocasiones caídas de temperatura de 30 °C a menos de 15 °C en tiempos muy cortos. Este fenómeno se ha observado en Costa Rica y la República Dominicana. Las caídas bruscas de temperatura provocan grandes problemas en el desarrollo de la planta de piña, que es muy susceptible a las bajas temperaturas. Un descenso repentino de la temperatura puede acelerar la floración natural, especialmente entre plantas que ya están en fase de floración o están morfológicamente preparadas para florecer (Céspedes *et al.*, 2018). Esto provoca desniveles en el tiempo de maduración y cosecha, provocando pérdidas económicas a los productores (Williams *et al.*, 2017).

Asimismo, las plantas de piña no toleran las heladas, y los períodos fríos prolongados a temperaturas inferiores a 0 °C afectan el crecimiento de las plantas destruyendo las coronas, retrasando la maduración y alterando la calidad del fruto, volviéndolo más ácido (OGTR, 2018).

Las bajas temperaturas también pueden provocar la proliferación de algunas enfermedades, por ejemplo, el desarrollo del hongo *Penicillium funiculosum* prospera en temperaturas que oscilan entre 16 y 20 °C (Manik *et al.*, 2019).

3.2 Precipitación

En general, la piña no tiene grandes requerimientos de agua ya que la planta es muy eficiente en el uso del agua disponible en el medio ambiente. Es suficiente una precipitación anual estimada de 1 000 a 1 500 mm con una distribución correcta a lo largo del año para su desarrollo (Azevedo *et al.*, 2007). Sin embargo, dependiendo de las propiedades del suelo, los niveles de humedad y las temperaturas de las regiones productoras, estos rangos pueden variar. Por ejemplo, en Ghana, la piña crece con precipitaciones anuales de 600 a 4 000 mm (Williams, Crespo y Atkinson, 2017). Esto da a las plantas de piña una capacidad inherente para resistir durante las estaciones secas y las condiciones áridas, aunque los períodos prolongados de sequía también afectarán la producción. Por otro lado, las plantas de piña son particularmente sensibles al aumento de las precipitaciones y la humedad en la atmósfera. La variabilidad de las precipitaciones afecta la producción de piña de manera diferente, dependiendo de la etapa de producción (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. Resumen de los efectos del déficit o exceso de agua en la producción de piña

Etapas de producción	Efecto
Floración	Los patrones de lluvia irregulares (lluvias prolongadas o días secos) hacen que la floración artificial sea ineficaz y da como resultado aplicaciones repetidas con mayores costos y una floración no homogénea que afecta la madurez y la comercialización.
Desarrollo del fruto	Las precipitaciones muy escasas provocan un desarrollo deficiente de la planta, mientras que las precipitaciones continuas provocan el fracaso total de la cosecha. Los períodos prolongados de sequía o humedad durante el desarrollo de los retoños provocan que estos no se desarrollen. La falta de lluvia después de la siembra afecta la brotación y el desarrollo de la planta. Sumado al aumento de las temperaturas, el déficit hídrico puede provocar una mayor evapotranspiración, lo que reduce la humedad del suelo y provoca estrés hídrico durante la producción.
Calidad	El agua abundante aumenta la presencia de enfermedades, como <i>Chalara paradoxa</i> . El exceso de agua estimula en gran medida el crecimiento del tallo y un núcleo grande, lo que resulta desventajoso para aquellas empresas que procesan frutas, principalmente para enlatar. Las precipitaciones elevadas también aumentan el contenido de agua en la fruta, elevando sus niveles de acidez y reducen el contenido de azúcar, alterando en última instancia el sabor y la textura de la fruta.

Etapa de producción	Efecto
Cosecha	El exceso de agua aumenta la susceptibilidad del cultivo a hongos que causan pudrición del corazón y otros defectos poscosecha que deterioran la calidad del fruto.

Fuentes: **Joy, P. y Sindhu, G.** 2012. *Enfermedades de la piña (Ananas comosus): Patógeno, síntomas, infección, propagación y manejo*. [Consultado el 15 de junio de 2023]. https://www.researchgate.net/publication/306017784_DISEASES_OF_PINEAPPLE_Ananas_comosus_Pathogen_symptoms_infection_spread_management; **Manik, T.K., Sanjaya, P., Pandu Pradana, O.C. y Arflan, D.** 2019. Investigación de los factores climáticos locales que afectaron la producción de piña en Lampung Indonesia. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(5): 1348-1355. <https://doi.org/10.22161/ijeab.45.8>; y **Williams, P.A., Crespo, O., Atkinson, C.J. y Essegbey, G.O.** 2017. Impacto de la variabilidad climática en la producción de piña en Ghana. *Agriculture & Food Security*, 6(1): 26. <https://agricultureandfoodsecurity.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40066-017-0104-x>

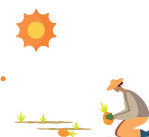
Condiciones de escasez de precipitaciones y sequía

A pesar de la alta resistencia de la piña a las condiciones áridas, la falta de agua en cualquier etapa del desarrollo de la planta puede resultar en una baja productividad. Se ha demostrado que el estrés por déficit hídrico afecta el tamaño y la calidad de las plantas y frutos de la piña (Abdullah *et al.*, 2011). El déficit hídrico puede provocar retrasos fisiológicos y pérdida de las plantas, ya que se reduce la disponibilidad y absorción de nutrientes necesarios para su desarrollo (Céspedes *et al.*, 2018). Por lo tanto, si las precipitaciones anuales son inferiores a 500 mm o si se proyectan sequías, es fundamental implementar sistemas de riego suplementarios para asegurar la viabilidad de la producción (Hossain, 2016).

Altas precipitaciones

El exceso de precipitaciones impacta directamente en la calidad y el desarrollo de los frutos, así como en la prevalencia de plagas y enfermedades. El exceso de agua producido por precipitaciones intensas puede provocar la saturación y menores niveles de oxígeno en el suelo. Estos fenómenos agravados, reducen el desarrollo de las raíces y el crecimiento vegetativo, provocan pérdida de color del fruto, menor contenido de azúcar (bajos grados Brix) y reducen el rendimiento (Céspedes *et al.*, 2018). En ausencia de buenos sistemas de drenaje y de una buena estructura del suelo, puede producirse encharcamiento. Cuando esto ocurre, el oxígeno alrededor de las raíces es deficiente a medida que se reduce la respiración aeróbica y aumenta la respiración anaeróbica. La tasa de fotosíntesis también disminuye, afectando el crecimiento de las plantas (Shu *et al.*, 2019). La toxicidad del hierro también puede ocurrir en suelos encharcados. La cantidad de hierro en la solución del suelo puede causar desequilibrios de nutrientes que afectan el crecimiento de las plantas (Chairani *et al.*, 2018). Al mismo tiempo, puede aumentar el etileno en los tejidos de la superficie como resultado del encharcamiento, favoreciendo una maduración más acelerada de la fruta.

En las regiones donde se pronostican lluvias intensas y crecientes, las plantas de piña serán más susceptibles a plagas y enfermedades. Por ejemplo, la saturación del suelo y la anoxia, combinadas con temperaturas más altas, permiten la incidencia de algunas de las principales enfermedades fúngicas de la piña, como *Phytophthora* y *Fusarium E. carotovora*. En algunos casos, el anegamiento puede provocar la muerte de las plantas en un plazo de 15 días debido a la pudrición de las raíces y las plantas (Gobierno de Australia, 2008).



Debido a que la piña es generalmente un cultivo de secano, es necesario garantizar buenas prácticas de manejo del agua para evitar el encharcamiento y la saturación del suelo cuando se producen lluvias intensas o constantes. No se debe permitir que las plantaciones se encharquen durante un período prolongado y se recomienda monitorear la humedad del suelo durante todo el período de crecimiento (Verma, 2018).

3.3 Salud del suelo

La piña requiere suelos con alta permeabilidad ya que un mal drenaje aumenta el riesgo de ataques de patógenos en las raíces. Para una producción óptima se requieren suelos sueltos, aireados y con buen drenaje (MAG, 1991). Un suelo franco arenoso, bien drenado y con un alto contenido de materia orgánica es el mejor para el cultivo de piña (Verma, 2018).

La mala salud del suelo, que provoca la erosión del suelo y la degradación de la tierra, puede ser causada por el viento; las corrientes de agua de los arroyos o las fuertes lluvias, los cambios de temperatura o el uso inadecuado del recurso (por ejemplo, la mala implementación de prácticas de manejo del suelo, el uso excesivo de agroquímicos, la labranza). Otras causas que contribuyen a la pérdida de la sanidad del suelo son la deforestación, el cambio de uso de la tierra (de bosques o pastizales a tierra agrícola) y el pastoreo excesivo (Leon *et al*, 2012).

Es probable que el cambio climático agudice los problemas relacionados con la salud del suelo, facilitando los procesos de erosión. Como se discutió en el **Capítulo 2**, se prevén aumentos en las precipitaciones en algunas de las principales regiones productoras de piña, como el Ecuador, Filipinas, Ghana, y Tailandia, lo que incrementará el riesgo de erosión del suelo debido a una mayor pérdida de la capa superior del suelo. Esto es particularmente preocupante en zonas de producción que no cuentan con buen drenaje, con pendientes pronunciadas, con cobertura vegetal mínima y suelos ya degradados (Martínez, Menjívar y Saavedra, 2022). A su vez, la erosión puede aumentar la frecuencia de encharcamientos producidos por lluvias intensas, creando condiciones para la proliferación de hongos patógenos y malezas, particularmente en lugares donde ya son problemáticos (Howden, Newett y Deuter, 2005). El clima más cálido puede resultar en temperaturas más altas del suelo y evaporación, afectando la humedad y la estructura general del suelo. Esto puede conducir a una mayor demanda de agua para riego (*ibid.*).

La labranza excesiva para la preparación del suelo, el uso de pesticidas y herbicidas sintéticos para controlar las plagas, enfermedades y malezas, y el uso de maquinaria pesada pueden aumentar los riesgos de erosión del suelo, incluida su contaminación, la disminución de la fertilidad y la salinización (Martínez, Menjívar y Saavedra, 2022). Algunos de estos problemas de degradación del suelo ya se han observado en zonas productoras de piña en Costa Rica, Malasia y la República Dominicana, según las empresas que participan en el proyecto.

En general, la degradación del suelo y de la tierra tiene repercusiones negativas en la producción, reduciendo la productividad y afectando negativamente los ecosistemas y la biodiversidad adyacentes a las zonas de producción agrícola (Comisión Europea, 2021).

3.4 Vientos fuertes

Los vientos fuertes pueden hacer que las hojas se froten entre sí y el daño físico proporciona puntos de entrada para los hongos patógenos. Los vientos excepcionalmente fuertes causados por huracanes, ciclones y tifones pueden dañar gravemente todas las partes de la planta o desarraigarlas, provocando pérdidas importantes de plantas y daños poscosecha en los frutos (Bartholomew, Paull y Rohrbach, 2003). Estos efectos provocan pérdidas en la producción y en los ingresos, mientras que los costos de replantación aumentan. Se prevé que fenómenos meteorológicos extremos como estos aumenten para finales de siglo en los países productores de piña, incluidos Costa Rica, Filipinas y Tailandia, en los diferentes escenarios de cambio climático (Banco Mundial, 2022).

Los vientos fuertes también pueden causar erosión del suelo, al provocar la pérdida de humedad del suelo y el estrés por daño físico. Al igual que las lluvias intensas, los vientos fuertes también pueden afectar negativamente la infraestructura de producción, incluidos los sistemas de riego y drenaje.

3.5 Plagas y enfermedades

Se prevé que el cambio climático agudice la frecuencia y la resistencia de las plagas y las enfermedades (Skendžić *et al.*, 2021). Las temperaturas más cálidas, y los cambios en los niveles de humedad en las principales regiones productoras de piña, provocarán cambios en la distribución geográfica de las plagas, cambios en la fenología estacional (por ejemplo, el momento del brote) y en la dinámica de la población (por ejemplo, la supervivencia) (IPCC, 2021).

El aumento previsto de plagas, combinado con requisitos fitosanitarios y regulaciones más estrictas de los mercados importadores sobre el uso de agroquímicos, plantean desafíos de sostenibilidad y resiliencia para el sector de la piña. Las principales plagas y enfermedades observadas en la producción de piña en Costa Rica se enumeran en el **Cuadro 7**. Muchas de estas plagas y enfermedades también son relevantes para otros países productores de piña.

Cuadro 7. Plagas y enfermedades más frecuentes en la producción de piña en Costa Rica

Plaga o enfermedad	
Pudrición acuosa (<i>Thielaviopsis sp.</i>)	<i>Chalara paradoxa</i>
Cochinilla de la piña (<i>Dysmicoccus brevipes</i>)	<i>Fusarium guttiforme</i>
Sinfílicos (<i>Hanseniella spp.</i>, <i>Scutigerella spp.</i>, <i>Symphylella spp.</i>)	<i>Penicillium funiculosum</i>
Picudo (<i>Metamasius dimidiatipennis</i>)	Nematodo del nudo (<i>Meloidogyne javanica</i>)
<i>Phytophthora cinnamomi</i> y <i>Phytophthora nicotianae</i>	Nematodo de las lesiones de las raíces (<i>Pratylenchus brachyurus</i>)
Escama (<i>Diaspis bromeliae</i>)	Escama gris (<i>Phyllophaga sp.</i>)
Tecla (<i>Strymon basilides</i>)	Gusano soldado (<i>Elaphria nucicolora</i>)

Fuente: Adaptado de Monge **Muñoz, A.** 2018. Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña. Costa Rica.

3.6 Floración temprana

La floración natural de la piña varía de año en año según las estaciones y regiones productoras, y su éxito aumenta en las zonas de mayor altitud y latitud. En las principales regiones productoras de Costa Rica, la ocurrencia natural de la floración varía del 20 al 80 % (González, 2010).

A medida que la industria de la piña se ha expandido a nivel mundial, se ha vuelto común forzar la floración de la piña (es decir, floración artificial) para garantizar la disponibilidad de la producción y el suministro de piña durante todo el año. Como resultado, la floración natural antes de la fecha prevista de forzamiento se ha convertido en un problema importante para la industria, porque afecta el manejo del cultivo, la cosecha y la venta de la fruta. En algunas zonas, particularmente en las regiones subtropicales, la floración temprana puede causar graves pérdidas de rendimiento, ya que da como resultado la producción de frutos demasiado pequeños o en pequeña cantidad en un momento dado para que valga la pena cosecharlos (Bartholomew, Paull y Rohrbach, 2003).

Como se analizó anteriormente en este capítulo, los efectos del cambio climático, incluido el aumento de las temperaturas nocturnas o una disminución brusca y repentina de la temperatura, pueden acelerar la floración natural, y los patrones irregulares de lluvia (lluvias prolongadas o días secos) también pueden volver ineficaz la floración artificial. Por lo tanto, la creciente incidencia de floración temprana en las plantaciones de piña debe considerarse un riesgo económico importante para los productores, asociado al cambio climático.

Capítulo 4.

Estrategia de adaptación al cambio climático para la piña



Siguiendo con el **Capítulo 3** y la discusión sobre los riesgos y los efectos climáticos en la producción de piña, este capítulo presenta varias prácticas de adaptación identificadas a través de consultas con actores de la industria y a través de una revisión de literatura científica. Las prácticas recomendadas están estrechamente vinculadas a diferentes enfoques que promueven tanto la adaptación climática como la sostenibilidad en sus múltiples dimensiones. Estos incluyen agricultura climáticamente inteligente, agroecología, agricultura regenerativa y agricultura digital.

Las prácticas seleccionadas también tienen contribuciones directas al fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas productivos ante eventos climáticos futuros. Cada práctica:

- identifica qué riesgos climáticos pueden minimizarse o, en algunos casos, prevenirse mediante la adopción de la práctica;
- ofrece una breve descripción de la práctica y de cómo se aplica;
- ilustra otros posibles beneficios adyacentes a nivel ambiental, económico o social; y
- destaca un ejemplo de aplicación en la práctica por parte de una asociación de productores o empresa, cuando está disponible.

El **Cuadro 8** resume las prácticas incluidas en este capítulo y proporciona una visión general de las amenazas climáticas y los y los efectos asociados que abordan. Como se observa en el cuadro, la implementación de una práctica de adaptación puede ayudar a abordar múltiples riesgos, y la combinación de varias prácticas puede fortalecer la resiliencia general del sistema productivo.

Los ejemplos incluidos en este capítulo se utilizan como ejemplos de los enfoques innovadores que los productores de piña, y las empresas y asociaciones piñeras están adoptando para adaptarse al cambio climático. Estas prácticas se destacan únicamente con fines ilustrativos y no han sido validadas en campo por la FAO ni avalados oficialmente.



Cuadro 8. Lista de prácticas de adaptación climática y peligros e impactos climáticos que abordan

Peligros e impactos climáticos	Lluvias intensas	Cambios en los patrones de lluvia	Calor extremo	Heladas y bajas temperaturas	Vientos fuertes	Granizadas	Incrementos de las temperaturas	Escasez de agua	Sequías	Erosión del suelo	Radiación solar	Incremento de plagas y enfermedades	Floración anticipada
Prácticas de adaptación													
<u>Agroforestería</u>	X		X	X	X				X	X	X	X	X
<u>Inducción floral artificial</u>	X	X					X						X
<u>Rotación de cultivos</u>	X						X		X	X	X	X	
<u>Sistemas de drenaje</u>	X	X								X		X	
<u>Sistemas de alerta temprana</u>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<u>Manejo integrado de plagas</u>		X					X			X	X	X	
<u>Cultivos intercalados</u>								X	X	X	X	X	
<u>Gestión integrada del agua agrícola</u>	X	X	X		X			X	X	X		X	X
<u>Acolchado y cultivos de cobertura</u>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
<u>Protectores solares</u>			X	X	X	X					X		X
<u>Gestión de residuos</u>										X		X	
<u>Cortinas rompevientos y cercas vivas</u>			X		X	X				X		X	X

Nota: Puede hacer clic en las diferentes prácticas para más detalles.



4.1 Agroforestería

Riesgos climáticos abordados: viento fuerte, calor extremo, lluvias intensas y erosión del suelo. El microclima generado por la presencia de árboles y cubierta vegetal también puede ayudar a minimizar los efectos de las **sequías** y las **heladas**. Los sistemas también pueden contribuir al **control de plagas**. Los beneficios adicionales incluyen la diversificación de la producción, lo que puede generar una fuente de ingresos adicional para los productores en caso de una reducción de la calidad y el rendimiento de la producción de piña. La agroforestería también puede ayudar a reducir el consumo de insumos, como fertilizantes y pesticidas.

La práctica:

La agroforestería es una técnica que combina especies de flora con el sistema de producción predominante, en este caso, la producción de piña⁹. Los sistemas agroforestales están diseñados para crear beneficios comunes que nacen de la interacción entre las diferentes especies, sin crear competencia entre ellas. La asociación de árboles y piñas optimiza la biodiversidad, los servicios ecosistémicos (ciclado de nutrientes y agua), mejora la calidad de los suelos, aumenta la disponibilidad de nutrientes, y contribuye al manejo de plagas y enfermedades (Lugo, 2018). Se recomienda la implementación de sistemas agroforestales en áreas degradadas aptas para la agricultura o forestería con el fin de recuperar áreas forestales sin necesidad de sacrificar la producción de piña. Un ejemplo de un sistema agroforestal se muestra en la **Figura 8**.

Figura 8. Plantación de piña cultivada en un sistema agroforestal en Ghana



© FAO/Giulio Napolitano.

⁹ Pequeños rumiantes o las aves de corral también pueden integrarse en los sistemas, pero la introducción de animales no se cubre en este documento debido a la naturaleza de los sistemas de producción analizados.

Las prácticas agroforestales bajo plantaciones de piña pueden ser más productivas y económicamente más rentables que los sistemas de monocultivo. Un estudio realizado en México encontró que el aumento de la presencia de especies leñosas puede ayudar a incrementar la producción y la densidad de la plantación piñera (Rosales-Adame *et al.*, 2014). Algunas especies leñosas recomendadas son *Arecaceae*, *Bignoniaceae*, *Anacardiaceae*, *Lauraceae*, *Malpighiaceae*, *Meliaceae*, *Moraceae*, *Rutacea* y *Salicaceae*. Otras especies de árboles frutales o no maderables con fines comerciales a considerar son el plátano (*Musa cavendishii*), la papaya (*Carica papaya*), la naranja (*Citrus sinensis*), la lima (*Citrus aurantifolia*), el limón (*Citrus limon*), el aguacate (*Persea americana* Mill.), café (*Coffea arabica* L.) y mango (*Mangifera indica* L.), entre otros. Consulte la sección sobre las cortinas rompevientos y cercas vivas para obtener una lista de otros árboles que pueden utilizarse en sistemas agroforestales (**Cuadro 4**).

Los beneficios ecosistémicos de la agroforestería también incluyen la reducción del riesgo de desastres asociados al clima. La presencia de árboles y arbustos promueve el anclaje (estabilización) del suelo y reduce los deslaves producidos por tormentas fuertes, lo que lleva a menores daños y pérdidas en infraestructura y cultivos. Esto también resulta en ahorros asociados con costosas inversiones en infraestructura, como zanjas de drenaje o alcantarillas pluviales (Schick *et al.*, 2018). Los estudios han demostrado que la incorporación de árboles y arbustos entre cultivos y alrededor de las parcelas puede ayudar a prevenir la erosión del suelo, restaurar la fertilidad y proporcionar sombra a la piña (ver **cortinas rompevientos y cercas vivas**). La incorporación de plantas perennes también contribuye a una mayor absorción de carbono, compensando y mitigando así algunos de los efectos del cambio climático (Oloo *et al.*, 2013).

Sin embargo, es importante destacar que la productividad ecológica de los sistemas agroforestales está estrechamente relacionada con la forma en la que el sistema está diseñado, es decir, los tipos de especies integradas en las plantaciones de piña y la densidad de plantas en el terreno. Asimismo, la selección de las especies a incorporar necesita atención dado que los niveles del dosel, la tolerancia a la sombra, y los requerimientos de nutrientes y agua varían entre la piña y otras plantas, con un efecto en el desarrollo y rendimiento de la planta de piña en diferentes etapas. Además, es importante tener en cuenta que los sistemas agroforestales pueden limitar la producción de cultivos individuales, ya que una porción de tierra también se dedica a otros productos. Sin embargo, la práctica puede aumentar la productividad general del sistema agroforestal (Do *et al.*, 2020).

Desde el punto de vista económico, deben tenerse en cuenta los costos relacionados con la plantación de otros cultivos comerciales y no comerciales (por ejemplo, mano de obra, maquinaria, equipo, semillas, insumos), así como los posibles ingresos suplementarios generados por éstos. Esto se debe llevar a cabo a fin de determinar la viabilidad económica del sistema.



La selección de las plantas a incorporar en los sistemas agroforestales requiere una consideración cuidadosa. Como en el caso de las **cortina rompevientos y las cercas vivas**, las especies no nativas utilizadas en la agroforestería podrían volverse invasoras si sus enemigos naturales no están presentes en el ambiente en el que se incorporan. Por lo tanto, es muy importante seleccionar especies complementarias que no compitan con las plantas de piña ni con la biodiversidad local.

4.2 Control de la floración natural mediante inducción artificial

Riesgos climáticos abordados: la práctica no responde a peligros climáticos específicos. En cambio, la inducción artificial de la floración tiene como objetivo reducir el potencial de floración natural temprana estimulada por **temperaturas y precipitaciones más altas**. La incidencia de la floración temprana ha impactado en la planificación de la cosecha al reducir la uniformidad en los tiempos de producción, lo cual afecta el comercio. La inducción de la floración de modo artificial ayuda a superar estos riesgos. Otros beneficios de la inducción artificial son la reducción de desperdicios y de los costos de producción.

La práctica:

El control de la floración es una práctica que puede ayudar a las empresas piñeras a sincronizar el florecimiento de la piña, evitando problemas de programación de la producción y la cosecha causados por los cambios en el clima. El momento de la floración natural varía entre países dependiendo de las condiciones climáticas, pero esta afecta a los países productores en todas las regiones. En México, la floración temprana puede conducir hasta el 20 % de la producción anticipada de piña, mientras que en Australia afecta del 50 % al 70 % de la producción, y en el Brasil influye hasta un 80 % de la producción (Cunha, 2005).

El control de la floración natural es importante para la industria piñera, ya que la floración temprana puede traducirse tanto en una reducción de los ingresos debido a la sobreproducción en una época del año determinada, lo que lleva a la saturación del mercado y caída de precios de exportación, así como al aumento del desperdicio en la producción. Por lo tanto, al controlar las condiciones de producción y cosecha, la industria de la piña puede favorecer las cosechas fuera de temporada cuando los precios de la fruta son más altos, así como administrar la producción para que esta sea continua durante todo el año.

El control natural de la floración se puede hacer a través de diferentes métodos (Cunha, 2005), incluyendo:

- **La plantación de retoños, espigones o coronas** que alcancen un tamaño y peso adecuados antes de la floración o al comienzo del período favorable para la diferenciación natural.

- **La utilización de material de siembra** que pueda pasar por el período de inducción natural sin haber alcanzado el vigor suficiente para responder a los estímulos ambientales.
- **La incorporación de un manejo adecuado del cultivo**, incluyendo prácticas de riego, para reducir la sensibilidad de las plantas a los estimulantes naturales de la floración.
- **La utilización de la inducción artificial** para evitar los efectos de los factores climáticos.
- **El uso de prácticas de fitomejoramiento** para seleccionar los rasgos deseados que puedan reducir la sensibilidad de las plantas de piña ante los estímulos naturales de la floración.

El forzamiento artificial de la floración de la piña (punto “d” en la lista anterior) es una práctica bien establecida en las plantaciones comerciales de piña (Espinosa *et al.*, 2016). Los principales objetivos de esta práctica son el acortamiento del ciclo vegetativo, la prevención de las floraciones naturales que causan heterogeneidad en el desarrollo de la fruta y, por tanto, una mejor planificación del momento de cosecha. Esto permite que los productores de piña tengan un flujo continuo de fruta durante todo el año o en una temporada específica (Pérez, 2019) y, de esta manera, proveer de cosechas de alta calidad y confiables a los mercados en el período deseado.

La inducción artificial se realiza mediante el uso de etileno y productos químicos liberadores de etileno, como el etefón y el carburo de calcio liberador de acetileno. El etileno actúa como una hormona para desencadenar la fase reproductiva en la planta de piña que estimula el desarrollo de la inflorescencia cuando la planta está madura fisiológicamente (Rojas *et al.*, 2019). La inducción de la floración tiene lugar aproximadamente de ocho a diez meses después de la siembra, una vez que la planta ha alcanzado el tamaño deseado para la producción de fruta. La inducción también se puede realizar utilizando ácido naftaleno acético, ethrel, biosíntesis de etileno e inhibidores de acción, como la aviglicina (Espinosa *et al.*, 2016; Robin *et al.*, 2011).



Es importante tener en cuenta que el uso de estos productos tiene implicaciones importantes para los países productores que venden a la Unión Europea, ya que existe una restricción sobre el uso de productos de etileno en la producción agrícola europea, donde el producto solo está permitido para usos en interiores. Para las importaciones procedentes de países extracomunitarios, el límite máximo de residuos para el etefón (que libera gas etileno) en las piñas es de 2 mg por kilogramo, y el producto químico no está permitido para su uso en la producción de piña orgánica. Para las pequeñas empresas o productores dirigidos a los mercados de exportación, estas regulaciones pueden dificultar la búsqueda de alternativas efectivas al etileno o al etefón, ya que deben asumir los costos de inversión para encontrar estas alternativas, y que pueden no estar disponibles.

Otras opciones para gestionar la floración natural se proporcionan en la lista al inicio de esta sección. Las fitohormonas auxina, giberelina y citoquinina tienen el potencial de servir como iniciadores de la inflorescencia, al tiempo que mejoran el tamaño y la calidad de la fruta de la piña, como se señaló



en un estudio realizado en las Filipinas (Valleser, 2022). Estas fitohormonas pueden considerarse como una alternativa para que las compañías comerciales de piña y los agricultores produzcan frutas comercializables a un costo menor en comparación con los productos a base de etileno. Los productores pueden consultar [la base de datos de residuos de plaguicidas de la Unión Europea](#) para acceder a información actualizada sobre los requisitos de los límites máximos de residuos.

4.3 Rotación de cultivos

Riesgos climáticos abordados: sequías, estrés por calor, cambios en los patrones de lluvia, inundaciones, escorrentía de la capa superficial del suelo, heladas, lluvias intensas. Otros beneficios incluyen la menor dependencia de insumos agrícolas externos para el manejo de nutrientes, con menores costos de producción asociados con estos.

La práctica:

La práctica consiste en producir diferentes cultivos en el mismo lugar (por ejemplo, parcela) alternándolos en cada ciclo de cultivo. El ciclo de rotación se puede hacer cada año, o cada dos o tres años dependiendo del número de cultivos integrados y del ciclo de crecimiento de cada uno. Como se menciona en la **sección sobre el manejo integrado de plagas**, al diversificar y secuenciar los cultivos utilizados en la rotación, se puede gestionar la incidencia de plagas y enfermedades en el sistema productivo. La rotación de cultivos también busca evitar el deterioro del suelo que puede ocurrir con la producción continua de un solo cultivo (o cultivos de una sola familia) (Chaddad, 2016), lo que la convierte en una práctica clave en la agricultura de conservación y agroecología.

La secuencia de rotación se diseña para que los requerimientos para el primer cultivo, en términos de nutrientes y agua, complementen los del siguiente cultivo y así sucesivamente, permitiendo mantener el equilibrio de nutrientes del suelo. Se recomienda que la duración de la rotación sea de al menos dos años para reducir las poblaciones de patógenos; no obstante, la presencia de malezas huésped puede impedir la eliminación completa de patógenos (Robin *et al.*, 2011). La práctica requiere que los productores pausen la producción de piña durante un ciclo de cultivo o más en una o más parcelas simultáneamente, lo que puede tener implicaciones económicas, dependiendo del tipo de cultivo utilizado en el sistema de rotación (por ejemplo, cultivos no comerciales).

Esta técnica es particularmente relevante para suelos que presentan síntomas de degradación y han perdido fertilidad debido al uso excesivo de fertilizantes sintéticos, la siembra repetida del mismo cultivo o el aumento de la intensidad de los eventos climáticos. Algunas de las consideraciones a tener con la rotación de cultivos son (FAO, s.f.):

- Siempre incluir **cultivos de cobertura** (también conocidos como abono verde) para priorizar la producción de biomasa que ayude a mejorar la cobertura y el contenido de materia orgánica del suelo. La introducción de plantas leguminosas debe hacerse al menos una vez cada dos años (InfoAgro, 2022).

- Sembrar una especie diferente en el mismo terreno en la temporada siguiente. Estas especies deben tener características diferentes a las de la piña, incluyendo el tipo de vegetación, sistema radicular o necesidades nutricionales, entre otras.
- Seleccionar cultivos de cobertura adaptados a las condiciones agroclimáticas y del suelo, así como al sistema de cultivo de la piña para que resulte en beneficios para la producción de piña.

García-De la Cruz *et al.* (2006), realizaron un estudio en México sobre el efecto del uso de diferentes leguminosas en una rotación de cultivos en plantaciones de piña. La siembra de leguminosas (2 a 3 semillas por golpe) se llevó a cabo al inicio de la temporada de lluvias, que fueron podadas con un machete cuatro meses después cuando se trasplantó la piña y sin recibir ningún tratamiento con pesticidas. Los resultados mostraron que los parámetros de vigor de las plantas de piña bajo el sistema de rotación con la leguminosa *Mucuna deeringiana* fueron mayores que los cultivados en monocultivo. También se encontró una mayor adherencia del suelo a las raíces de las plantas de piña, un indicador de una mejor calidad y estructura del suelo. Esto probablemente se atribuye a la actividad de las endomicorizas generadas a través de la introducción de leguminosas. La productividad de la piña también se benefició, con importantes implicaciones económicas para los agricultores.

Se encontraron resultados comparables en Indonesia, donde los sistemas de producción de piña se rotaron con el plátano Cavendish. El estudio señaló que en comparación con los sistemas de monocultivo o de la misma especie, la rotación con banano mejoró el pH del suelo y tuvo una mayor disponibilidad de nutrientes, como nitrógeno, contenido de carbono, fósforo y potasio (Ramadhani *et al.*, 2021).

En Costa Rica, se recomendó el uso de la leguminosa *Mucuna pruriens* para el manejo de malezas dada la capacidad competitiva de la planta y los bajos requerimientos de nutrientes (Cubero Fernández y Meza, 2014). Un estudio en México también señaló que el uso de cultivos de cobertura como *Vigna unguiculata* y *Mucuna pruriens* en un sistema de rotación y con un número controlado de herbicidas, tuvo un efecto positivo en la supresión de malezas del 95 % al 100 % (García y García-López, 2021). Además, el estudio encontró que el uso de estos cultivos redujo el uso de herbicidas en las plantaciones de piña en general, lo cual no solo minimiza los costos de producción, sino que también apoya la protección del medio ambiente, la sostenibilidad y la resiliencia del sistema de producción.



Es importante tener en cuenta que la rotación de cultivos podría necesitar el complementarse con otras técnicas de manejo de nutrientes para mantener la productividad del sistema a largo plazo. Del mismo modo, los productores deben evaluar los requisitos en términos de mano de obra, equipo y maquinaria, y semillas necesarias para la introducción y producción de los nuevos cultivos.



Se pueden lograr beneficios económicos a través de esta práctica, atribuidos a mayores rendimientos, ingresos adicionales mediante los cultivos adicionales y la distribución de pérdidas en caso de enfermedad o eventos climáticos (Sauca y Urabayen, 2005; Altieri y Nicholls, 2004). Otros beneficios incluyen la reducción en los costos de producción debido a la reducción del uso de pesticidas y fertilizantes.

4.4 Sistemas de drenaje

Riesgos climáticos abordados: lluvias intensas que producen inundaciones con efecto directo en la incidencia de enfermedades causadas por la alta humedad del suelo. Si se implementa bien, la medida también puede ayudar a prevenir la **erosión del suelo** al evitar la escorrentía de la capa superior del suelo propiciada por las fuertes lluvias.

La práctica:

La piña es intolerante a la humedad excesiva del suelo, por lo que es crucial diseñar sistemas de drenaje que eviten la acumulación de agua en el área de cultivo. Las áreas en riesgo de acumulación de agua no se recomiendan para el cultivo de piña como lo son las tierras planas y bajas. Asimismo, las áreas con pendientes profundas (más del -2 %) tampoco son recomendables ya que presentan riesgos de escorrentía de la capa superior del suelo. Si por alguna razón no se pueden cumplir estas condiciones, se requiere el uso de sistemas de drenaje, y se debe buscar la minimización de la pendiente para prevenir las inundaciones y la escorrentía (Esquivel, 2008).

En general, la pendiente determinará el o los tipos(s) de sistema(s) de drenaje utilizado(s), así como el número y la distribución de estos en el área de producción. En algunos casos, será necesario implementar diferentes sistemas en la misma área. En áreas con pendientes muy irregulares, es posible que se necesite un mayor número de canales de drenaje que estén cerca unos de otros para garantizar que el área se drene correctamente. En áreas con pendientes regulares, los canales de drenaje pueden estar más separados porque un solo sistema tendrá la capacidad de drenar un área más grande (Bonet-Pérez *et al.*, 2023).

Los sistemas de drenaje superficial se recomiendan para eliminar el exceso de agua que pueda saturar la capa superior del suelo debido a inundaciones o encharcamientos. Estos sistemas eliminan el exceso de agua “poco profunda” y la desvían a una corriente de agua natural (Espinosa *et al.*, 2016). Los trabajos de drenaje superficial, como las zanjias abiertas (**Figura 9**), son especialmente importantes en la cabecera de la pendiente para poder interceptar la escorrentía y reducir la cantidad de agua que fluye río abajo a lo largo de la pendiente en el área de cultivo.

Figura 9. Sistema de drenaje superficial por zanjas abiertas



Fuente: Espinosa, M.R., Carvajal, L.M., Reza García, S.d.I.C., Melo Zipacon, W.F., Bolaños Benavides, M.M., Martínez Reina, A.M., Rodríguez Borray, G., Ospina Parra, C.E. y Abril Castro, J.L. 2016. Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de piña (*Ananas comosus*): municipio de el Peñón departamento de Bolívar. *Boletines de divulgación*. Colombia.

Para las áreas donde el cultivo se lleva a cabo en pendientes profundas, **las zanjas de ladera** son un sistema de drenaje superficial recomendado. Estos consisten en pequeños canales que se utilizan en áreas con fuertes lluvias, y con pendientes entre 10 % y 50 %. También se construyen zanjas en laderas en lugares donde no es factible construir terrazas de un ancho adecuado para el cultivo (Cubero Fernández y Meza, 2014). Sin embargo, como las zanjas de ladera se implementan en pendientes profundas, deben combinarse con otras prácticas como la plantación de contornos¹⁰, el **acolchado (mulch)**, las **cercas vivas** y las **cortinas rompevientos** para controlar la erosión.

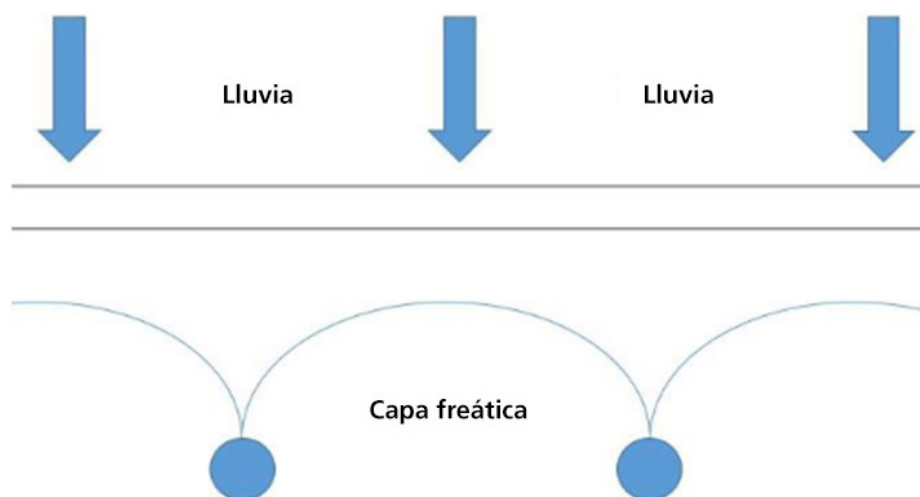
Para el tratamiento de terrenos altamente ondulados, el diseño del sistema de drenaje debe comenzar de arriba hacia abajo, a fin de evitar concentraciones excesivas de agua en canales diseñados para flujos más bajos (Obando, 2011). Otro factor a considerar al definir la sección del canal es la velocidad del flujo de agua, la cual debe ser lo suficientemente rápida como para promover la descarga de agua, pero también debe ser lo suficientemente lenta como para evitar acelerar la erosión del suelo. En cualquier caso, esto significa que no se recomienda seguir un plan único a la hora de determinar la profundidad del canal de drenaje (Bonet-Pérez *et al.*, 2023), sino un enfoque integrado que considere el uso de pequeños diques (también conocidos como “cajones” de agua), pendiente, caudal y velocidad del agua.

¹⁰ La plantación de contornos es la práctica de labrar y plantar siguiendo los contornos naturales en terrenos inclinados para conservar el agua de lluvia y reducir las pérdidas de suelo por deslizamientos de tierra. La práctica es una medida efectiva para minimizar los procesos de erosión del suelo (Cubero Fernández y Meza, 2014).



Los sistemas de drenaje subterráneo sirven para eliminar el exceso de agua en el área de cultivo donde el nivel freático está cerca de la superficie causando la saturación del perfil del suelo y un contenido de humedad muy alto en la zona de desarrollo radicular (ver la **Figura 10**). Un ejemplo de estos métodos son los drenajes poco profundos, que son tuberías de drenaje subterráneas (baldosas) instaladas a una profundidad de 0.5 a 1 m (2.5 a 3 pies). Esto permite bajar el nivel freático más rápidamente después de la lluvia en comparación con los drenajes profundos, al tiempo que retiene la humedad en el suelo y en la zona de las raíces. Los drenajes poco profundos también mejoran la calidad del agua al reducir la pérdida de nitratos y fósforo al reducir la descarga de drenaje (Ghane, 2022). Algunas herramientas, como la **herramienta de espaciado de drenaje** desarrollada por la Universidad Estatal de Michigan, pueden ayudar a calcular la profundidad necesaria en función de los requisitos de descarga de drenaje (solo disponible en inglés).

Figura 10. Sistema de drenaje subterráneo utilizando drenajes enterrados



Fuente: Espinosa, M.R., Carvajal, L.M., Reza García, S.d.I.C., Melo Zipacon, W.F., Bolaños Benavides, M.M., Martínez Reina, A.M., Rodríguez Borray, G., Ospina Parra, C.E. y Abril Castro, J.L. 2016. Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de piña (Ananas comosus): municipio de el Peñón departamento de Bolívar. Boletines de divulgación. Colombia.

Para las regiones donde la piña se cultiva en turberas (humedales), los sistemas de drenaje deben diseñarse cuidadosamente para controlar los niveles de agua subterránea. Esto se hará regulando la profundidad y el tamaño de los canales y las compuertas (Imanudin *et al.*, 2019). Se recomienda que el nivel del agua subterránea se mantenga entre 40 cm y 50 cm por debajo de la superficie para moderar la cantidad de agua necesaria para los cultivos y evitar que las turberas se sequen. Al mismo tiempo, esto asegurará que la tierra no esté demasiado húmeda para que crezca la piña (*ibid.*). La **Figura 11** muestra un sistema de drenaje para regular los niveles de agua en un sistema de producción piñera en Viet Nam.

Figura 11. El sistema de drenaje eficiente y el control del nivel del agua son cruciales en el cultivo de piña en el delta del Mekong en Viet Nam



© TFNet/Yacob Ahmad.

4.5 Sistemas de alerta temprana y sistemas de monitoreo

Riesgos climáticos abordados: los sistemas de alerta temprana se puede utilizar para pronosticar cualquier tipo de riesgos climáticos o bióticos, como las plagas.

La práctica:

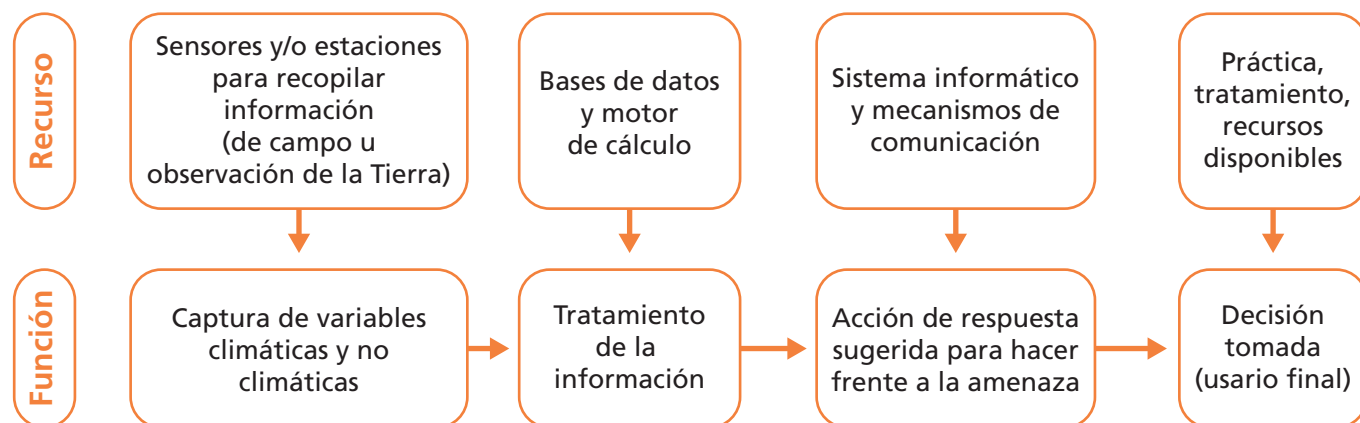
Los sistemas de alerta temprana (SAT) son una medida clave para la adaptación al cambio climático. Los SAT utilizan sistemas de comunicación integrados que pueden ayudar a los productores a prepararse para eventos esperados o inesperados de manera oportuna, para eventos relacionados con el clima o eventos no climáticos, como brotes de plagas y enfermedades. Un SAT exitoso permitirá a los productores proteger su producción a tiempo de posibles pérdidas, reducir los daños en la tierra y la infraestructura y, en algunos casos, salvar vidas. Los SAT también apoyan el fortalecimiento de la resiliencia y la sostenibilidad del sistema de producción a largo plazo. Para ser eficaz y completa, el SAT debe incluir cuatro elementos clave (UNDRR y OMM, 2022):



- **Conocimiento sobre los riesgos a los que se enfrentan los sistemas de producción de piña.** Esto se basa en la recopilación sistemática de información (por ejemplo, precipitación, temperatura y humedad relativa, condiciones del suelo) y la evaluación de los riesgos en la producción y las áreas cercanas, incluidas variables climáticas relevantes para la producción, como la predicción de lluvias intensas o cambios en las temperaturas, entre otras. Información sobre el comportamiento de los mercados también puede y debe ser monitoreada en sistemas enfocados a la venta nacional e internacional. Esta información puede incluir la evolución de los precios de los insumos, precios de exportación y tipo de cambio, entre otros.
- **Detección, seguimiento, análisis y previsión** de los peligros y sus posibles efectos en el sistema de producción (daños a los cultivos, infraestructura), incluidos sobre factores socioeconómicos; por ejemplo, pérdidas de ingresos, riesgos para la salud.
- **Difusión y comunicación efectivas** de la alerta de manera oportuna, precisa y accionable. Las alertas deben ir acompañadas de información sobre la probabilidad de que el evento se materialice y el efecto esperado.
- **Capacidad de respuesta** de los productores y otros actores comprometidos para responder a la alerta emitida

La **Figura 12** muestra cómo se genera y distribuye la información en un SAT.

Figura 12. Flujo de información en un sistema de alerta temprana



Fuente: Adaptado de **Pérez Galarce, F.** 2016. Sistemas de alerta temprana para el control de alternaria en tomate. *Villa Alegre*, 338.

El SAT puede obtener datos de diferentes fuentes, incluidas estaciones meteorológicas a nivel de campo, observación de la Tierra a través de información geoespacial o métodos de pronóstico tradicionales disponibles en diferentes regiones.

La evidencia sigue siendo limitada sobre el uso del SAT en la producción de piña; sin embargo, los estudios sobre otros cultivos han demostrado los beneficios potenciales de utilizar la detección y alerta temprana sobre peligros climáticos y no climáticos. Por ejemplo, en Malasia se elaboró un sistema de alerta temprana para detectar ataques de plagas de arroz *paddy* (también conocido como arroz vestido o cáscara). El sistema se basaba en una trampa de luz que contenía un rollo de cinta adhesiva, que se colocaba en lugares específicos de interés. La trampa de luz se encendía y apagaba por la noche en intervalos de diez minutos para atraer a los saltamontes marrones de los campos cercanos. La cinta adhesiva tenía como objetivo recolectar muestras sobre el número de insectos en el campo, y se activaría una advertencia a través de un mensaje telefónico si el número de saltamontes superaba un umbral establecido. La advertencia también proporcionaba consejos a los agricultores para que tomaran las medidas necesarias para controlar el ataque de plagas (Bakar *et al.*, 2020).

Otro ejemplo de uso de SAT es dado por un proyecto en Zimbabwe proporcionó mensajes de alerta temprana y pronóstico del tiempo a los agricultores dos veces por semana para coincidir con el período de pronóstico de tres días emitido por el Departamento de Servicios Meteorológicos (FAO, 2022). Los mensajes se entregaron a través de radio o mensajes de texto (SMS), proporcionando información sobre las condiciones climáticas para los siguientes tres días. Cuando se pronosticaron eventos climáticos extremos, se transmitieron mensajes especiales para permitir a los productores tomar medidas anticipatorias. Los resultados mostraron que el SAT ayudó a los agricultores a tomar decisiones agrícolas importantes, como posponer la aplicación de fertilizantes cuando recibieron la notificación de que se esperaban altas temperaturas y que no llovería en los días siguientes. Otros productores pudieron acelerar la cosecha de sus cultivos para evitar daños por humedad, después de recibir una advertencia de lluvias próximas.

En Colombia se realizó un estudio para detectar cómo se podrían utilizar un sistema de alerta temprana para identificar el riesgo del complejo de marchitez del aguacate. Se desarrolló una plataforma de vanguardia para recopilar datos diarios sobre precipitación, temperatura y humedad relativa en el ambiente, así como la humedad y la temperatura del suelo. La información recopilada se utilizó para predecir la probable incidencia de marchitez en función de estas variables y producir un mensaje de advertencia para los productores y asesores técnicos a través de teléfonos móviles. La advertencia no solo pretendía prevenir daños por la enfermedad, sino también mejorar el monitoreo en tiempo real y el diseño de las plantaciones. Los resultados indicaron que el sistema fue capaz de evaluar más del 70 % de la dinámica temporal de los factores causantes de la enfermedad, lo que permitió a los productores tomar medidas preventivas (Ramírez Gil, Giraldo Martínez y Morales Osorio, 2018). Sin embargo, aún se necesitan esfuerzos para mejorar la precisión de las predicciones para ayudar a los productores a prevenir y prepararse para riesgos futuros y minimizar las pérdidas en la producción y los ingresos.

A nivel comunitario, la alerta temprana también tiene importantes beneficios socioeconómicos; ya que permite una mejor gestión de las semillas, los insumos y la mano de obra, incluida la planificación de la migración estacional (Seydou *et al.*, 2023). Esto podría tener implicaciones particularmente



importantes en las zonas productoras de piña que dependen de la mano de obra migrante nacional o internacional en las temporadas de producción y cosecha.

La detección temprana de los posibles efectos adversos del estrés biótico y abiótico también se puede hacer a través de métodos relativamente más simples. Un estudio en Japón mostró que cultivar algunos cultivos o plantas que son particularmente sensibles al riesgo dado, en este caso la deficiencia de calcio en lechuga podría actuar como un sistema de alerta temprana para rescatar el cultivo principal donde se produciría la deficiencia unos días después. El estudio mencionó que gracias a los primeros signos de deficiencia de calcio en el cultivo “indicador”, se aplicó fertilización con calcio, lo que llevó a un aumento de los rendimientos en la lechuga un rango de 4 % a 70 % (Uno *et al.*, 2016).

Es importante tener en cuenta que para desarrollar y mantener un SAT se requiere una fuerte participación de una variedad de actores, incluidos el gobierno, las instituciones de investigación y las comunidades locales. La participación de los productores de piña en el desarrollo y diseño de estos sistemas es crucial para garantizar su relevancia. La colaboración con la investigación y otras instituciones públicas es fundamental, ya que la cantidad de datos generados por los sistemas debe analizarse y procesarse para producir información confiable para la toma de decisiones. Los mensajes de alerta temprana también deben evaluarse periódicamente y conjuntamente con los productores y asociaciones de piña, para garantizar que la información proporcionada esté dirigida a las necesidades de ellos y que se tomen medidas de respuesta efectivas después de la recepción de información.

4.6 Manejo integrado de plagas (MIP)

Riesgos climáticos abordados: la práctica no aborda riesgos climáticos de manera directa, sino más bien los efectos del **aumento de las temperaturas y la humedad** que en algunas regiones están creando las condiciones propicias para la incidencia de **plagas y enfermedades** nuevas o más persistentes. Los beneficios colaterales incluyen la reducción de productos químicos, especialmente plaguicidas altamente peligrosos y los riesgos negativos asociados para la salud humana y el medio ambiente.

La práctica:

El manejo integrado de plagas (MIP) es una práctica agroecológica que consiste en la combinación de varias prácticas agrícolas (rotación y asociación de cultivos, control mecánico y biológico) para manejar las plagas y enfermedades. Los patógenos que pueden manejarse a través del MIP incluyen los hongos (por ejemplo, *Phytophthora parasitica*, *P. Cinnamoni*, *P. Phythiui*, *Fusarium*, *Paccelomyces* sp.), insectos (por ejemplo, *Dysinicus brevipes*, *D. Neobrevipes*, *Homóptera-Pseudo coccidae*, *Melanoloma viatrix Hendel*), y malezas que dañan la planta y el fruto de la piña. Cada práctica para abordar algunos de los principales patógenos identificados en el **Capítulo 3** se explica a continuación.

Rotación y asociación de cultivos

La rotación de cultivos proporciona protección al sistema de producción contra plagas y enfermedades al eliminar las posibles fuentes de alimentos para los patógenos (Robin *et al.*, 2011), a través del cambio en los cultivos plantados cada temporada. En la sección dedicada a la **rotación de cultivos** se dan detalles acerca de la práctica, incluidos los beneficios y ejemplos de cultivos que pueden utilizarse para la rotación en sistemas de producción piñera.

Por ejemplo, el reemplazo de las piñas con otros cultivos puede ayudar a los productores a acabar con el patógeno fúngico *Phytophthora nicotianae* causante de enfermedades como la pudrición del corazón de la piña (también conocida como “pudrición cardíaca” o “pudrición del cogollo”), y reducir los niveles de patógenos en el suelo al eliminar el alimento disponible para ellos (Robin *et al.*, 2011). Se aconseja que la duración de la rotación sea de al menos dos años o más y que se acompañe con otras prácticas como el manejo de malezas y de nutrientes con el fin reducir la presencia del patógeno en el suelo de manera efectiva (Loekito *et al.*, 2022). Un estudio en Martinica mostró que al rotar la piña con cáñamo marrón o cáñamo sunn (*C. juncea*) y barbecho de hierba controlada, redujo de manera importante la presencia de *R. reniformis* y sínfidos en más del 80 % después de varias rotaciones (Soler *et al.*, 2021). En plantaciones de piña, el uso de cáñamo sunn se recomienda como cultivo rotacional en lugar de su uso en cultivo intercalado, ya que la sombra que produce podría afectar negativamente el crecimiento de la piña a largo plazo (Wang, Sipes y Schmitt, 2003).

En Indonesia se encontró que las rotaciones con banano fueron efectivas para suprimir la incidencia de la enfermedad de Panamá (*Fusarium oxysporum f. spp. cubense*), que afectan tanto al plátano como a la piña (Loekito *et al.*, 2022). La alternancia de piña con otros cultivos, como la yuca y los pastos, también puede reducir la población de *Pratylenchus*, un nematodo asociado con daños graves a la piña.

La asociación de cultivos también puede proporcionar protección contra plagas y enfermedades mediante la introducción de especies atrayentes de insectos beneficiosos y que, a su vez, actúan como depredadores naturales de los patógenos de la piña. Estas plantas podrían incluir *Casipatoria*, *Desmodum* sp., *Euphorbia hirta*, *Eclipta alba*, *Sida rhombifolia*, *Phyllanthus* sp., *Lanata camara*, *Scleria melaleuca*, *Senna stenocarpoides* y *Solanum* sp. para atraer fauna como *Euplectrus* sp, *Gaediopsis* sp., *Deopalpus* sp., *Colpotrochia* sp., *Brachymeria* sp. y *Cordura* sp. (Quesada-Jiménez, 2013). Asimismo, las plantas que contienen bacterias repelentes u otras características para ahuyentar a los patógenos podrían ser útiles para el manejo de plagas. Un ejemplo de estas plantas es la leguminosa *Crotalaria* spp., que contiene bacterias del tipo de *Rhizobium* y *pirrolizidinas* que ayudan a defender las plantas de piñas de los nematodos (Irmer *et al.*, 2015), mientras que ayudan a fijar nitrógeno en el suelo.



Métodos de control biológico

Estos métodos se refieren a las prácticas utilizadas para controlar las enfermedades de las plantas mediante la inhibición de patógenos, el mejoramiento de la inmunidad de las plantas o la modificación del medio ambiente a través de los efectos de microorganismos beneficiosos, compuestos derivados de hongos y bacterias o sistemas de cultivo saludables (He *et al.*, 2021). Además de su uso en el manejo de plagas y enfermedades, los microorganismos del suelo tienen un enorme potencial para su uso en la agricultura. Algunos de los beneficios incluyen la descomposición más acelerada de la materia orgánica, la transformación de nutrientes y la fijación de nitrógeno y otros nutrientes en el suelo. Los microorganismos del suelo también pueden aumentar la disponibilidad de enzimas y crear relaciones biológicas mutuamente beneficiosas en la rizosfera (*Micorrizas*, *Rhizobium* sp.), lo que lleva a la mejora de suelos contaminados y degradados.

Existen diferentes métodos, productos e insectos que pueden ayudar con el manejo de plagas y enfermedades en las plantaciones de piña de manera biológica, algunos de los cuales se describen en el **Cuadro 9**.



Es importante destacar que la introducción de ciertas especies o agentes para el control biológico puede tener efectos no deseados en el ecosistema, como amenazas a especies locales y nativas (Teem *et al.*, 2020). Por lo tanto, se debe tener cuidado al seleccionar el método de control biológico que se utilizará para evitar consecuencias no deseadas.

Cuadro 9. Métodos de control biológico identificados para patógenos de piña (no exhaustivos)

Patógeno o plaga	Método de control biológico	País de uso
<i>Phytophthora</i> spp.	Uso del hongo <i>Trichoderma</i> spp. es antagónico a otros hongos y nematodos fitopatógenos. El hongo también puede mejorar las condiciones de resistencia de la planta a plagas y enfermedades, y optimizar el desarrollo radicular.	Costa Rica
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Trichoderma</i> en combinación con <i>Streptomyces</i> se puede utilizar como un método preventivo y curativo para el manejo de <i>Fusarium</i> . Los agentes fúngicos se pueden usar en una dosis de 12 a 15 L/ha de una disolución para la protección o el tratamiento de la enfermedad. Esta combinación de hongos y bacterias también pueden facilitar la degradación y el sacrificio de las plantas infectadas.	Colombia
<i>Meloidogyne</i> spp. (nematodos)	<i>Paecilomyces lilacinus</i> es un hongo que habita en el suelo y ataca a varias especies de nematodos que afectan la salud de las raíces. Su efecto de control se basa en la producción de metabolitos tóxicos y parásitos que eliminan de huevos, larvas y nematodos adultos. Las formulaciones generalmente contienen concentrados secos de esporas de <i>Paecilomyces lilacinus</i> y se utilizan para tratar semilleros o suelos para la preparación de plántulas que se diluyen en agua y se rocían en el cultivo.	Kenya

**Estrategias de adaptación al cambio climático para la industria de las frutas tropicales:
una guía técnica para productores y exportadores de piña.**

Patógeno o plaga	Método de control biológico	País de uso
Barrenador de la fruta de la piña (<i>Strymon megarus</i>)	La aplicación de fungicidas biológicos como <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> se ha encontrado eficaz para proporcionar un nivel aceptable de control de <i>S. megarus</i> en plantaciones de piña.	Costa Rica
Cochinillas harinosas (<i>Dysmicoccus brevipes</i>)	<i>Rhino Leucophenga</i> fue introducido en el Brasil como depredador de cochinillas <i>Dysmicoccus</i> en la piña. Son depredadores larvales de insectos escamas y liberan huevos o larvas de primer estadio en aproximadamente 2-3 larvas por planta. El uso de estos se encontró efectivo para manejar las cochinillas.	Brasil
	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i> , comúnmente llamado el escarabajo mariquita pelirrojo o el destructor de cochinillas <i>Dysmicoccus</i> . El escarabajo adulto pone huevos entre las masas de huevos de chinches harinosas. Las larvas del escarabajo crecen hasta 1,3 cm. (aproximadamente 0,51 pulgadas) de longitud y se alimentan de los huevos de las cochinillas y cochinillas jóvenes.	India
	La pulverización foliar de <i>Verticillium lecanii</i> o <i>Beauveria bassiana</i> a 5 g/mL por litro de agua mostró ser efectiva durante los meses de alta humedad para reducir la población de cochinillas <i>Dysmicoccus</i> .	
	<i>Anagyrus kamali</i> es un parasitoide introducido en Karnataka (la India) desde China para controlar los insectos harinosos rosados (Joy y Ajana, 2016). Se alimenta de la cochinilla de dos maneras: la avispa hembra perfora el insecto y chupa la savia y pone un huevo dentro del insecto. Cuando el óvulo madura, sale del cuerpo del insecto. Todo el proceso toma solo la mitad de toda la vida de las cochinillas.	
	El uso de los hongos <i>Metarhizium</i> spp. sirve para combatir insectos. <i>Metarhizium anisopliae</i> tiene la capacidad de invadir tejidos, produciendo una amplia variedad de metabolitos tóxicos que dañan a insectos del orden <i>Coleoptera</i> , <i>Homoptera</i> y <i>Lepidoptera</i> .	Costa Rica
<i>Diaspis bromeliae</i>	<i>Aphytis chrysomphali</i> , <i>Aphytis diaspidis</i> , <i>Aspidiotiphagus citrinus</i> (avispa); <i>Rhyzobius lophanthae</i> , <i>Telsimis nitida</i> (mariquitas); <i>Dactylopius</i> sp. pueden actuar como enemigos naturales de la enfermedad.	India
Thecla , también conocido como gusano barrenador o broca del fruto de la piña (<i>Strymon basilides</i>)	Cepa <i>Kurstaki</i> de la bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i> puede usarse preventivamente antes del desarrollo de larvas. Las bacterias se aplican a través de soluciones acuosas, extendiendo las plantas donde se han identificado las larvas. Las bacterias actúan a través de la ingestión y el contacto con las larvas.	Costa Rica
Pudrición bacteriana (<i>Erwinia</i> spp.)	Los descomponedores de hongos o microorganismos <i>Trichoderma</i> pueden ayudar a controlar la pudrición de la raíz a través soluciones rociadas sobre el área afectada o como un mecanismo preventivo para reducir las bacterias.	Costa Rica
<i>Elaphria</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> funciona al estar en contacto directo con la larva. Las bacterias se pulverizan en una solución (hasta cuatro aplicaciones de 1kg/ha) directamente sobre las larvas para un manejo eficaz de la polilla.	Costa Rica
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	La bacteria endófito <i>Bacillus</i> sp. fue eficaz para reducir la multiplicación del patógeno del suelo.	Mauritania
<i>Dickeya zeae</i>	<i>Bacillus cereus</i> mostró la capacidad de inhibir el crecimiento del patógeno bacteriano de la pudrición del corazón en la variedad de piña MD2 en condiciones controladas. Se requieren pruebas a nivel de campo para evaluar la efectividad de las bacterias en las plantaciones de piña.	Malasia

Fuentes: Consulte la lista de referencias al final.



El **Recuadro 1** proporciona un ejemplo de una piña que utiliza métodos biológicos para manejar patógenos de piña en Costa Rica.

Recuadro 1. Ejemplo de Nicoverde, empresa productora de piña que utiliza métodos de control biológico en Costa Rica

Empresa o asociación: Nicoverde, S.A.

Región: Costa Rica

El aumento de las temperaturas y la humedad en el país ha incrementado la incidencia y persistencia de plagas y enfermedades en la producción de piña. Algunos ejemplos de estos son la cochinilla de la piña (*Dysmicoccus brevipes*) que afecta a todas las etapas del crecimiento de la piña y puede causar pérdida total de producción, y la mariposa techla (*Strymon megarus*) que produce una larva que se alimenta de la fruta. La presencia de estas plagas no solo afecta a la fruta en sí, sino que también puede promover la presencia de hongos y bacterias en la herida causada por plagas.

Por otra parte, las estrictas regulaciones sobre el uso de agroquímicos por parte de los mercados importadores, como la Unión Europea, han empujado a los productores a buscar alternativas más sostenibles para el manejo de plagas y enfermedades.

En respuesta a estos múltiples desafíos, desde 2019, Nicoverde ha invertido en investigación y desarrollo de métodos de control biológico y manejo de cultivos con el objetivo de reducir la carga de agroquímicos en los procesos de producción. La empresa ha introducido “plantas trampa” en los alrededores de la zona productiva, que atraen plagas a través de sus flores y las alejan de las plantaciones de piña. Se ha reportado que esta estrategia ha ayudado a reducir la presencia de plagas y enfermedades de las plantas en la principal zona productiva, reduciendo la pérdida de frutos y plantas.

Nicoverde, también ha estado trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías, como la producción y aplicación de microorganismos y hongos en suelos para el control de plagas y enfermedades. Asimismo, la empresa ha comenzado a probar el uso de ozono para desinfectar los suelos donde se cultiva la piña, con el fin de sustituir los agroquímicos. La compañía espera que la incorporación de bioproductos y mejores prácticas agronómicas puedan apoyar el manejo efectivo de patógenos vegetales de una manera más sostenible, mejorar la productividad de la piña y reducir los costos de producción asociados al uso de agroquímicos.

Métodos manuales

Los métodos se refieren a cualquier procedimiento de control físico o manual, como el deshierbe manual y la eliminación de frutas y hojas dañadas o la remoción de insectos (ver **Figura 13**). Un ejemplo de los métodos manuales es el **embolsado de frutas**, el cual puede ser un método útil para prevenir la presencia e infestación de ciertas plagas como las moscas de la fruta. El uso de bolsas azul claro en la etapa de floración puede evitar la oviposición por moscas de la fruta y reducir la infestación (Morales Granados y López González, 2001).

Para prevenir la presencia de *Rhyncophorus palmarum* L., métodos como la **eliminación de las frutas desechadas** del cultivo y evitar dejar frutas demasiado maduras en el campo pueden ayudar a reducir el riesgo del patógeno. Otras formas de proteger la fruta incluyen minimizar las lesiones al cultivo, eliminar manualmente los insectos y usar trampas y barreras como métodos de prevención mecánica simples y efectivos (García Reyes, 1991).

Otros métodos simples para prevenir y reducir la propagación de patógenos incluyen mantener **una buena higiene** en las áreas de producción y empaque. Esto se puede hacer limpiando la maquinaria y el equipo cuidadosamente, desinfectando herramientas, desinfectando las plántulas y las empacadoras y eliminando adecuadamente los residuos de los cultivos y plantas infectadas (García y Rodríguez, 2011).

Una característica clave del MIP es el monitoreo regular de las plantaciones de piña para detectar la presencia de plagas y enfermedades de manera temprana y monitorear los cambios en sus niveles. El monitoreo de patógenos debe tener lugar durante todo el desarrollo del ciclo de vida del crecimiento de la piña. El monitoreo debe ir acompañado del correcto conocimiento e identificación de plagas, enfermedades y malezas que puedan dañar las plantaciones de piña, así como las plantas e insectos beneficiosos que podrían ayudar a combatirlos. En esta etapa también es necesario comprender los ciclos de vida y la estacionalidad de las plagas, enfermedades y especies invasoras. El historial de las parcelas de plantación, incluidos los problemas de plagas y las condiciones del suelo, es una información decisiva para el MIP en la producción de piña, ya que permitirá a los productores anticipar posibles infestaciones. Este es un componente clave para mejorar la resiliencia del sistema de producción.



Figura 13. Eliminación mecánica de malezas en Kenia



© FAO/Luis Tato.



Es importante tener en cuenta que las prácticas de MIP pueden tolerar un bajo número de plagas en las plantaciones y la aplicación moderada de agroquímicos. Estos últimos deben usarse de una manera medida y específica y solo cuando sea necesario para abordar plagas, enfermedades o malezas específicas (Dreistadt *et al.*, 2007). Los requisitos del mercado de importación asociados con el uso de agroquímicos y los límites máximos de residuos (LMR) para el producto exportado también deben tenerse en cuenta antes de su utilización. En algunos casos, las prácticas de MIP pueden no ser adecuadas para el control de ciertos insectos y plagas, donde puede ser necesaria la “tolerancia cero” de estas especies en los huertos para cumplir con los requisitos fitosanitarios de importación en ciertos mercados.

4.7 Cultivos intercalados

Riesgos climáticos abordados: sequías, estrés por calor, erosión del suelo, control de malezas y manejo de plagas. La práctica también contribuye a evitar las pérdidas de suelo y la rápida tasa de descomposición o pérdida de materia orgánica en el suelo, que puede dar lugar a la disminución de la productividad del sistema de producción (Cruz *et al.*, 2006). Otros beneficios son el control de malas hierbas y enfermedades y el rendimiento económico de otros cultivos.

La práctica:

El cultivo intercalado es la práctica de sembrar diferentes productos simultáneamente en el mismo terreno. Esta práctica tiene varias ventajas, como lo son la reducción de la erosión del suelo, el aumento de la producción de biomasa y, por lo tanto, una mayor fijación de carbono por área cultivada, el mejor manejo de plagas, enfermedades y malezas (Mohamadu *et al.*, 2009; Ajema y Nigussie, 2021).

La piña es un cultivo que se adapta fácilmente a los sistemas de cultivos intercalados, dado el lento crecimiento inicial y el sistema de siembra de doble hilera que generalmente se usa en las plantaciones comerciales. La intercalación de la piña con cultivos de ciclo corto puede permitir a los agricultores, incluidos los pequeños productores, producir piña de manera sostenible (Siebeneichler *et al.*, 2019).

Un estudio realizado en Etiopía donde se utilizó café en un sistema de cultivo intercalado de hileras con piña en una proporción de uno a tres observó un aumento en la productividad total por unidad de área. El sistema también mostró beneficios en la mejora de la tierra y generó un rendimiento comercializable adicional (Ajema y Nigussie, 2021). Otro estudio en el mismo país encontró que el cultivo intercalado de frijol (*Phaseolus vulgaris*) entre hileras de piña tuvo efectos positivos en el aumento del rendimiento de la piña. Esto se observó especialmente que cuando el intercalado se hizo en combinación con otras prácticas como el deshierbe manual y el **acolchado (mulch)** durante el proceso de cultivo y manejo. Además, se encontró que el frijol era un cultivo útil para suprimir el crecimiento de malezas en el campo (Eshetu, Tefera y Kebede, 2007). La **Figura 14** ilustra una parcela donde el cultivo de la piña es intercalado con maíz.

Figura 14. Sistema de cultivo intercalado de piña y maíz en México



Fuente: **García de la Cruz, R., García Espinosa, R., Rodríguez Guzmán, M.d.P., González Hernández, H. y Palma López, D.J.** 2006. Efecto de la rotación con leguminosas sobre la productividad del cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) y cultivos intercalados en Tabasco, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 77. Costa Rica



En general, la piña es un buen cultivo intercalado durante los primeros dos o tres años de establecimiento de plantas perennes como la palma aceitera, caucho, café, coco y otros árboles frutales. La práctica ayuda a optimizar el uso de la tierra aprovechando el espacio disponible antes del desarrollo completo del dosel de los árboles. Una investigación en Malasia mostró que el cultivo intercalado de banano y piña con caucho inmaduro es más productivo que los sistemas de monocultivos, sobre en los primeros años cuando el sistema intercalado es implementado (Mohamadu *et al.*, 2009). Sin embargo, el estudio menciona que a medida que crece el caucho, la competencia por los recursos entre los cultivos, así como el aumento de la sombra que trae el dosel de este cultivo, podría disminuir la productividad del plátano y potencialmente la de la piña a largo plazo. Por lo tanto, se requiere atención en la selección cuidadosa de las especies que se utilizarán para intercalarse y en el diseño de los sistemas de plantación (por ejemplo, una fila de árboles de caucho y tres filas de piña o plátano) para abordar los posibles efectos negativos.

Un estudio en el Brasil mostró que el sistema de cultivos intercalados con piña y arroz es viable para la producción de piña a diferentes escalas (Siebeneichler *et al.*, 2019). El cultivo intercalado piña-arroz mostró un ligero aumento en los rendimientos de piña y no afectó el volumen de los frutos ni la calidad de la piña producida. Del mismo modo, no se observó competencia por la luz o los nutrientes del suelo en la fase inicial de desarrollo de la piña. El experimento también puso a prueba el cultivo intercalado de piña con dos hileras de caupí (*Vigna unguiculata*), el cual no proporcionó buenos resultados para la producción de piña, ya que redujo los rendimientos, explicado probablemente por un aumento en la competencia entre ambos cultivos. Para superar estos efectos, los investigadores sugieren usar una sola fila de caupí (en vez de dos) entre la doble fila de piña.

El cultivo intercalado también puede desempeñar un papel clave en la mejora de la resiliencia económica de los sistemas de producción de piña. La plantación de dos cultivos o más puede proporcionar fuentes de ingresos adicionales a los productores y amortiguar las posibles pérdidas de ingresos en caso de que se experimenten crisis climáticas o de mercado.

4.8 Gestión integrada del agua agrícola

Riesgos climáticos abordados: sequía, lluvias intensas, cambios en los patrones de lluvia y la erosión del suelo. Otros beneficios incluyen la reducción en el uso de insumos externos, como combustible en los sistemas de riego, agroquímicos. Los beneficios sociales incluyen la mejora de la disponibilidad de agua para uso doméstico y producción.

La práctica:

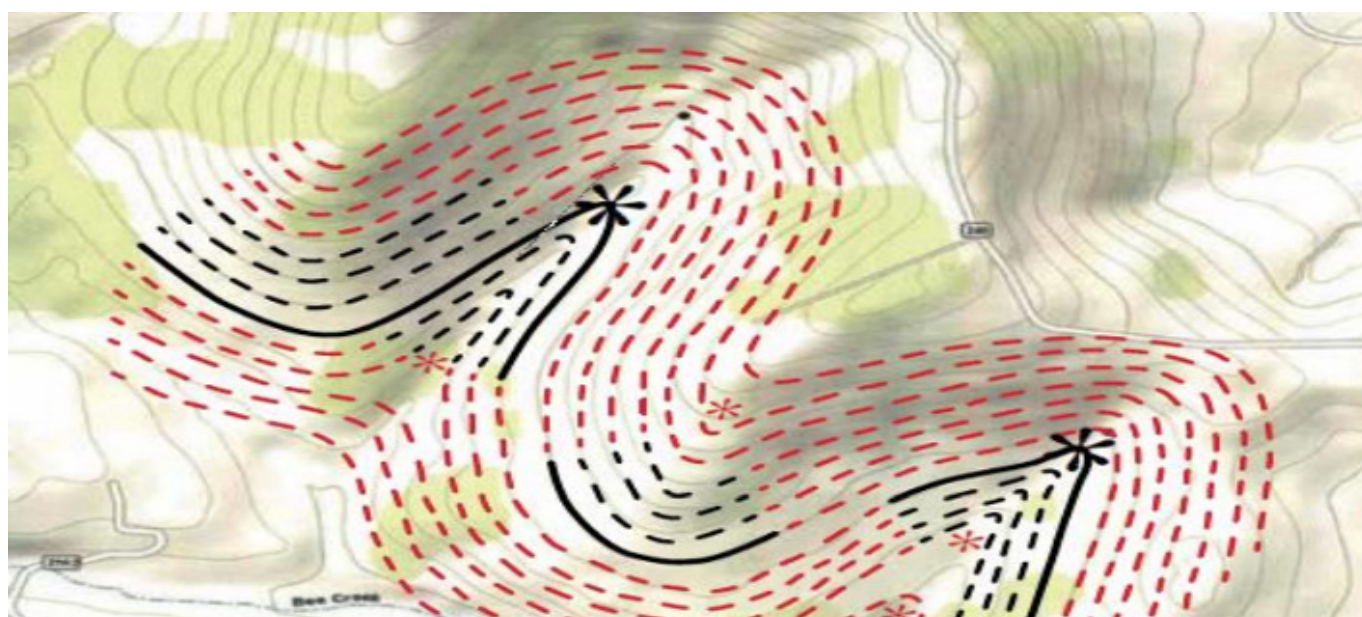
La gestión integrada del agua agrícola es un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos ligados a estos. La práctica busca maximizar la eficiencia en el consumo de agua y proteger los ecosistemas, así como ampliar el bienestar económico y social de manera equitativa. La práctica tiene un importante potencial de ahorro de agua agrícola al combinar

técnicas agronómicas, inversiones en infraestructura y prácticas para el menor consumo de agua (Zhang y Guo, 2016).

Un ejemplo de la gestión integrada del agua es la plantación en contorno, principalmente el **diseño de líneas clave Keyline** (ver la **Figura 15**) La práctica consiste en una combinación de métodos para la conservación del agua y la regeneración de suelos. Los sistemas están compuestos por la creación de líneas de plantación y canales creados en el suelo utilizando prácticas de labranza mínima, con el objetivo de mejorar la infiltración del agua, la aireación, reducir la erosión hídrica y estimular el crecimiento de las raíces (Bessert, 2022). El diseño *Keyline* se puede dividir en dos tipos; i) arado *Keyline* que crea líneas de cultivo paralelas que consideran las características geográficas especiales del terreno para guiar el flujo de agua hacia las elevaciones más altas en lugar de acumularse en los valles, y ii) la combinación de hileras de pastoreo y de árboles, o la cultivación de laderas por medio de terrazas (Johansson, Brogaard y Brodin, 2022).

La práctica busca establecer curvas de nivel de referencia que no resulten en un patrón de cultivo con demasiada pendiente y que, por lo tanto, pueda causar la erosión hídrica del terreno. Los objetivos de la siembra de líneas clave incluyen la protección de los suelos contra los efectos de la sequía o las lluvias intensas; la distribución del agua de manera uniforme; y la conversión de los suelos en grandes depósitos de agua y sumideros de carbono. La técnica es una de las prácticas de agricultura de conservación más efectivas que ayuda a retener el suelo, aumentar la infiltración de agua y mantener la uniformidad del agua en la tierra para recuperar o mantener su fertilidad (del Carmen Ponce-Rodríguez *et al.*, 2021). Es importante señalar que la práctica no solo ayuda a abordar los riesgos hídricos relacionados con el déficit, sino que también es eficaz para drenar el exceso de agua, el cual es un tema particularmente relevante para el sector de la piña en diferentes regiones productoras.

Figura 15. Diseño *Keyline* como ejemplo de gestión integrada del agua agrícola



Fuente: Bessert, L. 2022. *Keyline Design- gestión del agua en paisajes agrícolas: ¿Clave para la agricultura regenerativa?* Universidad de Kassel. https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2023/01/bessert-Keyline_angepasst.pdf



Los sistemas agroforestales son especialmente adecuados para la implementación del diseño *Keyline* (ver sección sobre **agroforestería** para la producción de piña). En estos sistemas, se plantan piñas y especies arbóreas a lo largo de las zanjas en el sitio descendente. De este modo, se mejora la disponibilidad de agua para las raíces de las plantas de piña, especialmente cuando las pendientes son más pronunciadas, al tiempo que se evita la erosión del suelo (Gerhardt, 2021). La práctica puede guiar el diseño de patrones de cultivo en sitios de producción específicos, así como rediseñar paisajes completos, haciéndolos más resilientes al cambio climático y sus efectos.

En general, la gestión integrada del agua agrícola incluye prácticas como (FAO, n.d.):

- Captación de agua de lluvia, **conservación de suelos** y aguas, uso de riego deficitario y suplementario, entre otros, con el fin de aumentar la disponibilidad de agua disponible para los cultivos.
- Manejo del agua en la finca para minimizar las pérdidas de agua por evaporación (por ejemplo, **uso de acolchado y cultivos de cobertura, cortinas rompevientos**).
- Uso de variedades de cultivos resistentes a sequías y alta humedad.
- Uso de sistemas de cultivo y prácticas agronómicas mejoradas, tales como la labranza mínima o el arado de línea clave.
- Uso de recursos hídricos no convencionales (por ejemplo, agua de lluvia recolectada o aguas residuales tratadas) en aplicaciones no agrícolas, como la limpieza de maquinaria y equipo.
- Evaluación de patrones de lluvia para determinar la cantidad y calidad disponible para uso agrícola y diseñar sistemas de cultivo, particularmente en sistemas de producción de piña que crecen en combinación con otras especies (**sistemas agroforestales, cultivos intercalados o cultivos de cobertura**).

Al adoptar un enfoque integrado para gestionar el agua agrícola, es importante conocer las propiedades del suelo y las necesidades de agua por parte de los cultivos, ya que esto determinará qué prácticas agronómicas y otras obras de infraestructura podrían ser necesarias.



Antes de la adopción de esta práctica, es importante identificar los efectos ambientales relacionados con el desarrollo de infraestructura, ya que podría generar riesgos para los ecosistemas locales. Por ejemplo, al recolectar y almacenar agua, se necesita considerar la cantidad de tiempo que se almacenará, el contenido de materia orgánica y otros fertilizantes transportados a través de la escorrentía. Asimismo, se debe tomar en cuenta la exposición del agua a la radiación solar, ya que conjuntamente estos factores podrían afectar las propiedades del agua y tener efectos negativos en el suelo y los ecosistemas cuando el agua sea utilizada para el riego u otras prácticas.

El **Recuadro 2** da un ejemplo sobre los sistemas de drenaje y otras prácticas de manejo del suelo implementadas por ASOPROPIMOPLA en la República Dominicana para hacer frente al aumento de las precipitaciones y los eventos de inundación asociados relacionados con el cambio climático.

Recuadro 2. Sistemas de drenaje y prácticas de manejo de suelos utilizados por ASOPROPIMOPLA en la República Dominicana

Empresa o asociación: Asociación de Productores de Piña de Monte Plata (ASOPROPIMOPLA)
Región: la República Dominicana

El aumento de las precipitaciones en la última década ha tenido un efecto negativo en la producción de piña en la República Dominicana. El aumento de la humedad, las inundaciones y la erosión del suelo asociados con los eventos climáticos, han reducido la viabilidad del cultivo de piña y la productividad.

En respuesta a estos efectos, la Asociación comenzó a implementar prácticas de modificación del suelo para mejorar el drenaje y evacuar rápidamente el exceso de agua generado por las lluvias dentro y fuera del área productiva. La Asociación también ha establecido cercas vivas y muros perimetrales para reducir la velocidad del agua que ingresa a la plantación y permitir una mejor infiltración de agua en el suelo, evitando al mismo tiempo la acumulación y estancamiento de agua en un solo punto.

La Asociación también ha tomado medidas para mejorar la preparación del suelo antes de la siembra y promover la estabilización del suelo. Por ejemplo, las plantas de piña se colocan en el medio del surco para garantizar la uniformidad en el cultivo y, por lo tanto, evitar los movimientos del suelo, especialmente cuando se producen fuertes lluvias. Junto con el uso de muros perimetrales, esta medida ha evitado la incidencia de drenajes obstruidos y la pérdida de plantas de piña colocadas fuera de los surcos después de fuertes lluvias.

Se ha reportado que la combinación de sistemas de drenaje y prácticas de manejo del suelo han contribuido positivamente a reducir la pérdida de plantas y cultivos, así como la incidencia de enfermedades en las plantaciones de piña debido al exceso de agua y humedad en las áreas de cultivo. La Asociación ha indicado que esto último le ha permitido mantener la calidad e inocuidad de las piñas producidas.

Desde que comenzó la implementación de estas prácticas de adaptación, la Asociación ha reportado que las pérdidas de fruta se han reducido y que ha mejorado la producción de piña con calidad de exportación.



4.9 Acolchado (mantillo o *mulch*) y cultivos de cobertura

Riesgos climáticos abordados: erosión del suelo por lluvias y vientos intensos, baja humedad, competencia con malezas para la absorción de nutrientes. La cobertura permanente del suelo también puede proteger las plántulas y las raíces de las **heladas, sequías, cambios en los patrones de lluvia y los cambios repentinos de temperatura**. Otros efectos beneficiosos incluyen la mejora en la estructura y fertilidad del suelo y la reducción de la incidencia de plagas al interrumpir su ciclo mediante la incorporación de otros cultivos. Ambos beneficios pueden reducir la necesidad de insumos agrícolas como fertilizantes y pesticidas.

La práctica:

El acolchado (también conocido como mantillo o *mulch*) y los cultivos de cobertura son técnicas que forman parte de la agricultura de conservación para regenerar y proteger la estructura y la salud del suelo (Oloo *et al.*, 2013).

Los **cultivos de cobertura**, también conocidos como “abono verde”, se consideran una buena práctica de conservación del suelo en la producción de piña y con potencial de aumentar la sostenibilidad del sistema. El uso de cultivos de cobertura reduce la erosión y mejora las propiedades físicas del suelo al aumentar la materia orgánica, los niveles de fertilidad y la retención de nutrientes en el suelo (Wutke *et al.*, 2009). Esto se debe a que estos cultivos normalmente se vuelven a incorporar al suelo, ya sea directamente cuando completan su ciclo de cultivo o después de retirarlos y convertirlos en abono. Se ha estimado que las plantas sembradas después de los cultivos de cobertura pueden utilizar hasta el 40 % del nitrógeno fijado por dichos cultivos (*ibid.*). Algunos cultivos de cobertura recomendados para ser utilizados en sistemas de piña incluyen frijol terciopelo (*Mucuna deeringiana*), ricino (*Ricinus communis*), frijol espada (*Cannavalia ensiformis*) y centeno Abruzzi (*Secale sereale*) (Wang *et al.*, 2003).



La selección de cultivos de cobertura para sembrar en combinación con la piña se debe llevar a cabo cuidadosamente para evitar la posible invasión de malezas o la atracción de enfermedades que podrían afectar la producción piñera. **Especies nativas y locales deben ser priorizadas para mitigar los posibles efectos ecológicos negativos.** Algunos cultivos de cobertura como las leguminosas podrían ser fuentes importantes de nutrientes para el suelo, ayudando con la fijación de nitrógeno y otros nutrientes por medio de las bacterias del género *Rhizobium* en el suelo que crea simbiosis con la raíz (Cubero Fernández and Meza, 2014). Al mejorar la fijación de nitrógeno y la estructura del suelo en general, se reducirá el uso de fertilizantes, contribuyendo a la mitigación del clima.

El **acolchado**, también conocido como **mantillo** o ***mulch*** es otra práctica que también ofrece protección a los suelos mediante el uso de material orgánico o inorgánico. La práctica ayuda a gestionar la humedad del suelo, ofrece cobertura contra el aumento de las temperaturas y la radiación.

El acolchado también reduce la erosión del suelo al prevenir la lixiviación y el lavado de nutrientes por fuertes lluvias o riego (Palencia Ortega, 2016) y puede ofrecer protección a los cultivos contra el daño causado por las aves (Prakash y Meherda, 2022).

El **acolchado orgánico** está compuesto por materia vegetal por ejemplo, restos de cultivos, incluidas las coronas, frutos y rastrojo, paja, hierba cortada u hojas (**Figura 16**) extendidos sobre la superficie del suelo como una capa suelta de material orgánico. El uso de desechos agrícolas para el acolchado orgánico puede mejorar el contenido orgánico del suelo, al tiempo que funge como motor importante para la mitigación del cambio climático al reducir los residuos y estimular el almacenamiento de carbono en el suelo.

Figura 16. Ejemplo de residuos agrícolas de plantas de piña



Fuente: Hernández-Chaverri, R. & Prado Barragán, L. 2018. Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (Ananas comosus) en Costa Rica. UNED Research Journal, 10: 455 - 468.

Las hojas secas son ampliamente utilizadas en áreas forestales y donde abundan los árboles y para las plantaciones de piña establecidas cerca de bosques o cuando se cultivan en sistemas agroforestales. Las hojas compostadas o las ramas pequeñas y cortezas de madera se pueden combinar con hojas secas para mejorar la calidad del acolchado y reducir la pérdida de hojas secas cuando hay viento (Ranjan *et al.*, 2017). La paja también es un buen material para el acolchado, ya que proporciona aislamiento y penetración de agua. El uso del acolchado orgánico mejora las propiedades físicas del suelo y reduce la erosión al agregarle contenido orgánico y aumentar la retención de nutrientes.

Los acolchados sintéticos o inorgánicos están compuestos por materiales, como láminas de plástico o rocas, que no pueden ser degradados por los organismos del suelo (ver **Figura 17**). El acolchado de plástico reduce la evaporación al regular el flujo de vapor entre la superficie del suelo y la atmósfera. El acolchado de polietileno negro o el plástico metálico plateado han demostrado mejorar el pH del suelo, reducir la lixiviación de nutrientes y preservar la humedad. Un estudio en Nagaland (la India), mostró que los campos de piña que estaban cubiertos con acolchado de plástico tenían una



mayor respiración basal, carbono de biomasa microbiana¹¹ en el suelo y humedad que los campos sin acolchado (Sangma *et al.*, 2019). Aunque estas son medidas más duraderas que el acolchado con compuestos orgánicos, las principales desventajas del acolchado de plástico son el costo del material, la falta de biodegradabilidad y las dificultades para recolectar y eliminar el plástico después de su uso. Este último punto podría tener repercusiones negativas en los ecosistemas relacionados con los desechos plásticos y la contaminación si no son gestionados cuidadosamente.

Figura 17. Uso de acolchado de plástico y cultivos de cobertura en una plantación de piña en Ghana



© FAO/Cristina Aldehuela.

Otro efecto importante del acolchado compuesto por plástico es la reducción de malezas en el campo, que constituye un problema importante en el cultivo de piña (Tivelli y Purquerio, 2012). Un estudio realizado en Etiopía mostró que al complementar el acolchado con medidas de control manual de malezas ayudó a eliminar completamente las malas hierbas y también duplicó los rendimientos de piña en comparación con las parcelas en las que solo se hizo deshierbe manual (Eshetu, Tefera y

¹¹ El carbono de la biomasa microbiana es una medida del carbono contenido en el componente vivo de la materia orgánica del suelo (es decir, bacterias y hongos).

Kebede, 2007). Se observaron resultados similares en la India, donde el acolchado de plástico eliminó la presencia de malezas en el campo (Sangma *et al.*, 2019). De este modo, el acolchado de plástico puede ser útil para el control de malezas en campos comerciales de piña porque es una medida más rentable que las operaciones manuales o con herbicidas. Sin embargo, el uso acolchado compuesto por materiales orgánicos, así como los cultivos de cobertura son una alternativa más sostenible para los sistemas de producción agrícola (Robin *et al.*, 2011).

Por último, el uso de acolchado, tanto orgánico como de plástico, puede promover la reducción del consumo total de agua y, así, la huella de agua de las plantaciones de piña. Un estudio en Costa Rica mostró que el acolchado podría reducir la huella de agua en un 18 % en comparación con la producción convencional de piña que no incorpora esta práctica (Sirika, 2011).

Figura 18. Tractor con equipo modificado utilizado para colocar mantillo de plástico metálico plateado para el cultivo de piña en Malasia



© TFNet/Yacob Ahmad.

Es importante tener en cuenta que otros problemas que causan el deterioro de la calidad del suelo también deben abordarse. Por ejemplo, la compactación del suelo puede ser causada por el uso de maquinaria pesada para la preparación del suelo; el aumento de la salinización puede ocurrir debido a la extracción de agua para el riego; y la contaminación del suelo puede atribuirse al uso intensivo de agroquímicos. La **Figura 18** da un ejemplo sobre el uso de maquinaria modificada para reducir la compactación del suelo cuando se extiende el acolchado plástico en las plantaciones de piña.



El **Recuadro 3** presenta un ejemplo de una empresa en Costa Rica que está adoptando un enfoque integrado para la gestión de los recursos naturales, incluido el uso de cultivos de cobertura, la gestión del agua y la reducción del uso de agroquímicos, para restaurar la salud del suelo y proteger los ecosistemas.

Recuadro 3. Ejemplo de un enfoque integrado de manejo de suelos y recursos naturales en Costa Rica

Empresa o asociación: Fyffes

Región: Costa Rica

La degradación de los suelos, la pérdida de biodiversidad y de ecosistemas suponen una gran amenaza para la resiliencia de la industria de la piña ante los cambios en el clima, como lluvias fuertes y aumentos en las temperaturas. En respuesta, Fyffes puso en marcha programas de conservación de suelos en Centroamérica para ayudar a mitigar los efectos de la pérdida de suelo y preservar los recursos naturales y la biodiversidad. Este programa usa un manejo integrado a través de la implementación de cubierta vegetal natural, así como el uso de zonas de contención cerca de las zanjas de drenaje en las fincas de piña en Costa Rica y de banano en Belice, Costa Rica y el Ecuador.

Del mismo modo, Fyffes ha adoptado un enfoque de manejo integrado de plagas, reduciendo el uso de herbicidas en la producción de piña y banano. Conjuntamente esto ha llevado a disminuir la escorrentía de los productos agroquímicos aplicados en las fincas, sobre todo después de fuertes lluvias.

Con el uso integrado de estas prácticas, Fyffes ha reportado un incremento de la eficiencia de la producción piñera y la reducción del uso de insumos. Asimismo, se indica que las actividades de la empresa también han permitido proteger, restaurar, mantener y mejorar la fertilidad natural del suelo y los ecosistemas, y la disminución en el uso de agroquímicos, lo que ha ayudado a reducir el riesgo para la salud de los trabajadores.

4.10 Protectores solares

Riesgos climáticos abordados: estrés por calor, radiación solar, granizo, heladas, estrés por frío y vientos fuertes. Otros beneficios incluyen la **protección contra plagas voladoras** (insectos, aves, murciélagos), el aumento de la producción de fruta de mayor calidad y los rendimientos comercializables. La reducción de los desechos posteriores a la cosecha también tiene un importante potencial de mitigación del cambio climático, y los beneficios generales de las mallas de sombreado pueden aumentar la resiliencia del sistema.

La práctica:

Las piñas son susceptibles al estrés por calor y al daño solar, lo que puede reducir significativamente el rendimiento y la calidad de la fruta como se discutió en el **Capítulo 3**. A pesar de ello, existen algunas medidas químicas (por ejemplo, aceites vegetales, productos a base de caolín, silicio y cera) o métodos físicos (como el uso de cubiertas, bolsas de plástico, sarán o papel) que se pueden utilizar para ofrecer protección contra las altas temperaturas y al aumento de la radiación solar (Peña, 2018).

Los aceites vegetales generalmente se rocían directamente en las frutas para formar una película protectora. Un estudio de Costa Rica mostró que el uso de aceite vegetal (4 L/ha en plantaciones y 60mm/L en manejo postcosecha) fue positivo para reducir la temperatura del dosel del cultivo y el estrés térmico, así como disminuir el alcance y la gravedad del daño por quemaduras solares en un 90 % (Peña, 2018). Otro estudio mostró resultados similares donde el uso de aceites vegetales proporcionó protección solar efectiva a más del 94 % de las piñas (Ramírez-Espinoza, 2007). La reducción de las lesiones por quemaduras solares también fue menor en comparación con los tratamientos comerciales compuestos por minerales como silicato de aluminio, caolinita y dimeteno utilizados en el sector. El uso de aceite vegetal también produjo efectos positivos para aumentar la tasa de emisión foliar antes de la inducción floral y se asoció con un mayor tamaño de la fruta¹² (*ibid.*). Sin embargo, en comparación con otros tratamientos comerciales, los niveles de acidez presentados en las frutas tratadas con aceite vegetal fueron ligeramente superiores, pero aún dentro de los umbrales requeridos por los mercados internacionales.

El uso de **sarán** (un material hecho de cloruro de polivinilo (PVC)) colocado alrededor de toda la planta y la fruta brinda una fuerte protección a la piña MD-2 en comparación con otros métodos. Un estudio mostró que el sarán negro en 30 % de transparencia logró reducir la tasa de frutas dañadas a solo 0.3 % de la producción total en comparación con otros métodos físicos o químicos (Ramírez-Espinoza, 2007). Este método también se consideró efectivo para mantener la temperatura interna de la fruta más cerca de la del medio ambiente, reduciendo así el daño interno asociado con el calor y preservando la calidad incluso después de la cosecha.

¹² Se refiere a una mayor producción de hojas por parte de la planta y, por lo tanto, una mejor absorción fotosintética y de nutrientes para la planta.



Las **redes de sombreo** también pueden proteger a las piñas del sol directo en la fase de producción y postcosecha. El uso de mallas de sombreo y sarán también puede ayudar a proteger las plantaciones de piña contra el estrés por frío y las heladas, especialmente durante el desarrollo temprano de las plantas. Sin embargo, es importante señalar que la piña que crece bajo una sombra presenta ligeras alteraciones en la calidad, ya que las frutas tienden a ser ligeramente más ácidas y jugosas (Gamboa, 2006). La **Figura 19** presenta ejemplos de diferentes redes de sombreo para proteger los frutos de la piña en campo y en fase de postcosecha.

Figura 19. Uso de diferentes redes de protección para la piña contra el sol directo



Nota: La imagen de la izquierda muestra una piña protegida por sarán negro. La imagen de la derecha muestra una red de sombra negra que protege la piña cosechada en Costa Rica.

Fuentes: Imagen izquierda: **Ramírez-Espinoza, F.** 2007. *Efectividad de siete métodos de protección de la fruta de piña contra los rayos solares (Ananas comosus)(L.) Merr. híbrido MD-2.* Right picture © FAO/Ezequiel Becerra.

El uso de **envolturas de plástico reutilizables** en la parte superior de la piña también puede proteger la producción de las quemaduras del sol a medida que aumenta la radiación solar (**Figura 20**). Esto también puede constituir una estrategia más sostenible en comparación con el uso de plásticos de un solo uso u otros materiales no reciclables.

Figura 20. La cubierta de plástico reutilizable se usa para prevenir las quemaduras solares en las piñas MD-2 en Malasia



© TFNet/Yacob Ahmad.

El embolsado de frutas consiste en el uso de bolsas de plástico o papel para prevenir las quemaduras solares, al tiempo que influye positivamente en el crecimiento y la calidad de la piña (por ejemplo, contenido nutricional y propiedades de textura). El uso de bolsas ha mostrado un buen desempeño en la protección de los cultivos, reduciendo el daño por quemaduras solares (hasta en un 7.9 % de frutas al cubrirse con bolsas de plástico y en un 8.3 % de las frutas cubiertas con bolsas de papel) en comparación con las frutas sin protección (cerca del 18 % de daño). El embolsado de la fruta también contribuyó a reducir la intensidad del daño (Ramírez-Espinoza, 2007). Un estudio realizado en China mostró que el uso de bolsas de polietileno expandido (EPE) mostró efectos positivos en la calidad de la fruta, mejorando la textura, el contenido nutricional y la protección de la piel (Zhang *et al.*, 2022). Una ventaja de las bolsas EPE y de papel es que son reciclables o pueden estar hechas de materiales biodegradables. Esto puede reducir potencialmente los residuos agrícolas y promover una producción de piña más sostenible, en comparación con las bolsas de plástico de un solo uso (Zhang *et al.*, 2022). Pero, es importante tener en cuenta que el uso de bolsas puede contribuir a aumentar la temperatura interna de la fruta (Omar, 2014) y, por lo tanto, su uso debe controlarse cuidadosamente para evitar que ocurran daños internos.

Una técnica ampliamente utilizada y de bajo costo para la protección contra las quemaduras solares es **atar las hojas de la piña** sobre las frutas jóvenes para evitar el impacto del sol directo. Sin embargo, al igual que con el sombreado, envolver las piñas podría conducir a una reducción en el tamaño de la fruta y el contenido de azúcar (Zhang *et al.*, 2022).



Los sistemas de producción de piña también pueden protegerse del sol y la radiación a través de la **sombra natural de los bosques o árboles circundantes, o bien por árboles cultivados en sistemas agroforestales** (ver sección correspondiente y la **Figura 21** que ofrece un ejemplo visual de estos sistemas). La piña que crece dentro de un agroecosistema heterogéneo con presencia de árboles y arbustos puede actuar como un “amortiguador” ante el aumento de las temperaturas y los cambios de radiación, así como para otros cambios en el medio ambiente (Espinosa *et al.*, 2016).

Figura 21. Sistema productivo de piña bajo sombra natural en el occidente de México



Fuente: Rosales Adame, J.J., Cuevas Guzmán, R., Gliessman, S.R. y Benz, B.F. 2014. Estructura y diversidad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17(1): 1-18.

Otros métodos agronómicos utilizados para proporcionar protección a la piña contra los rayos y la radiación incluyen el uso de **acolchado orgánico** mediante la aplicación de pasto seco en el suelo y en la piña, así como el mantener el follaje de la planta en posición vertical mediante el uso de cuerdas (Adabe, Hind y Maïga, 2016). Del mismo modo, los **cultivos intercalados** y el uso de **cultivos de cobertura** en las plantaciones piñeras pueden ayudar a proteger las frutas de las quemaduras solares y el estrés por calor, ya que los suelos secos y sin cobertura vegetal tienden a reflejar más luz solar en los frutos que aquellos suelos con vegetación (Lal y Sahu, 2017).

4.11 Gestión de residuos

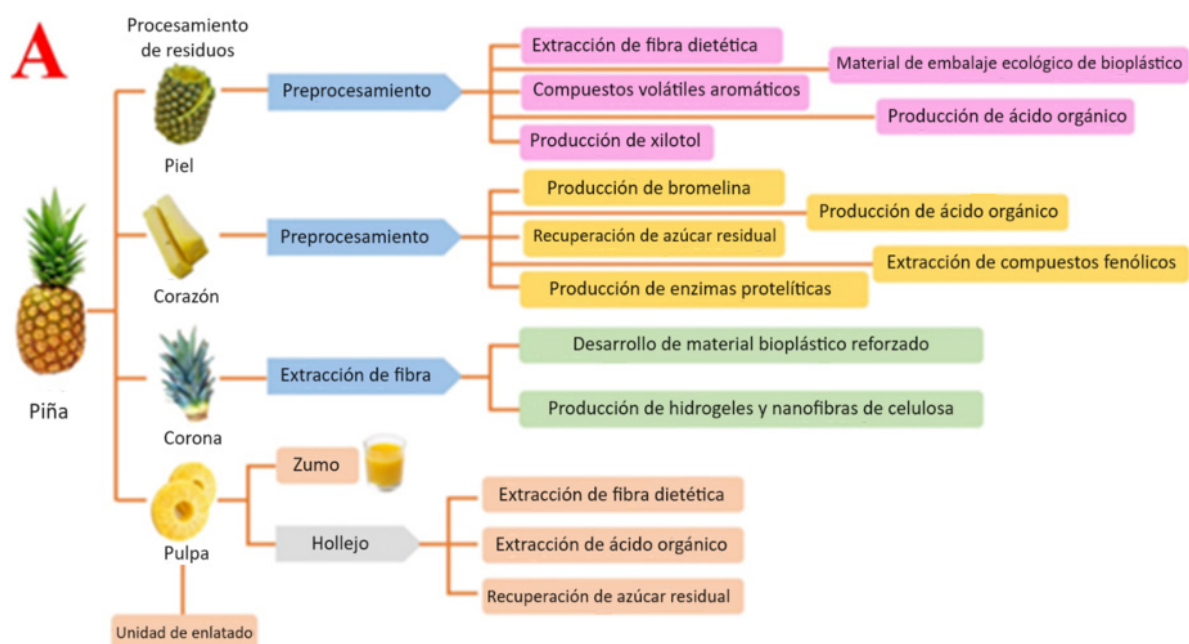
Riesgos climáticos abordados: la práctica no responde a riesgos climáticos específicos. En cambio, la práctica tiene como objetivo reducir el efecto generado por la industria con respecto a la producción de residuos y desperdicio. Esto tiene un potencial importante en materia de mitigación del cambio climático. Otros beneficios incluyen ganancias económicas a través de la comercialización de los subproductos generados (por ejemplo, biofertilizantes, artesanías y biocombustibles) y la reducción de los costos de producción.

La práctica:

Se ha encontrado que los residuos de producción industrial de piña tienen usos potenciales como materia prima para obtener productos de valor agregado a través del procesamiento. Esto se da gracias a que los residuos de piña contienen azúcares simples y complejos que pueden usarse en la fermentación para producir diferentes metabolitos como etanol, ácido cítrico o vinagre. Los residuos de piña también contienen la enzima proteolítica bromelina, comúnmente obtenida del tallo, que puede usarse en las industrias farmacéutica y alimentaria, así como en las industrias de cosméticos, textiles, cuero y detergentes (Gil y Maupoey, 2018).

La **Figura 22** describe los productos que se pueden extraer de las diferentes partes de la fruta y de los residuos agrícolas y el **Cuadro 10** lista algunos productos que pueden extraerse de los residuos de piña. La **Figura 23** ofrece un ejemplo de sandalias hechas con fibra de la planta de la piña realizadas en la República Dominicana.

Figura 22. Subproductos de la piña extraídos de diferentes partes de la fruta



Fuente: Van Tran, T., Nguyen, D., Nguyen, T., Nguyen, D., Alhassan, M., Jalil, A., et al. 2023. Una revisión crítica de los residuos de piña (*Ananas comosus*) para el tratamiento del agua, retos y perspectivas futuras hacia la economía circular. *Science of the total environment*. 856 (1). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158817>



Cuadro 10. Subproductos derivados de residuos de piña (no exhaustivos)

Subproductos	Observaciones
Compuestos de furano	Los compuestos de furano se consideraron una opción respetuosa con el medio ambiente para funcionar como aditivo oxigenado o como material disolvente tecnológico y una alternativa al éter metílico terciario-butílico (MTBE).
Bioetanol y bromelina	Se utilizó la sacarificación y fermentación simultáneas a través del uso de la enzima celulítica y levadura para la producción de bioetanol a partir de residuos de hojas de piña. La sacarificación y fermentación simultáneas también puede apoyar la extracción de bromelina, la cual se puede utilizar en la industria cosmética.
Biogas	El rastrojo de piña fresca se puede utilizar para producir biogás. Se estima que un kilogramo de rastrojo puede producir 25,7 litros de metano.
Papel	Las hojas de piña se pueden despulpar para crear fibra y transformarse en papel. Se ha encontrado que el papel a base de piña es altamente absorbente y resistente.
Bioestiércol	Los residuos de piña procesados utilizados en la producción de bioetanol pueden ser primero inoculados y luego enriquecidos con nitrógeno, fósforo y potasio usando <i>Fischerella muscicola</i> . Esto permitirá el uso de los residuos como biofertilizante.
Industria alimenticia	Almidón: Se extraen residuos de piña, especialmente de los tallos, mediante un proceso de molienda. El almidón aislado de alta pureza se puede utilizar como alternativa al almidón obtenido del arroz, el maíz y la yuca. Fibra dietética: La cáscara de piña contiene segmentos de fibra ricos en insolubles que se pueden usar para producir alimentos bajos en calorías y altos en fibra. Producción de vinagre: La fermentación simultánea con <i>Acetobacter</i> puede transformar la cáscara de piña en vinagre. Se encontró que el vinagre resultante tenía propiedades fitoquímicas y antioxidantes.
Industria textilera	El rastrojo al ser una fibra natural vegetal se adhiere a otro tipo de fibras ya sean naturales o incluso sintéticas para la generación de un textil.

Fuente: Adaptado de **Hernández-Chaverri, R. y Prado Barragán, L.** 2018. Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (*Ananas comosus*) en Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10: 455 - 468. Consulte las referencias al final.

Figura 23. Zapatos hechos de residuos de piña por ASOPROPIMOPLA en la República Dominicana



©ASOPROPIMOPLA, S.A.



Es importante considerar que muchos de estos procesos pueden requerir grandes inversiones para el procesamiento, así como la colaboración con otros actores como instituciones gubernamentales y de investigación, así como de otros actores (por ejemplo, industrias de biocombustibles o cosméticos). Asimismo, se debe evaluar el efecto ambiental y socioeconómico, huella de carbono y ciclo de vida de los subproductos generados para asegurar su sostenibilidad (Hernández-Chaverri y Prado-Barragán, 2018).

4.12 Cortinas rompevientos y cercas vivas

Riesgos climáticos abordados: vientos fuertes y frecuentes. Las prácticas tienen el potencial de reducir los efectos de la **sequía**, el **calor extremo** e incluso las **heladas**. Los rompevientos también evitan la **erosión eólica e hídrica**.

La práctica:

Las cortinas rompevientos y las cercas vivas son prácticas que consisten en sembrar de hileras con un alta densidad de árboles y arbustos de diferentes alturas (corta, media y alta) para proteger los cultivos del viento fuerte (Obando, 2011; ver **Figura 24**) y para reducir la velocidad del agua y forzar la sedimentación (Fernández *et al.*, 2013). Por lo tanto, estas prácticas contribuyen a limitar la erosión eólica e hídrica y son consideradas como una herramienta importante en la implementación de estrategias de agricultura climáticamente inteligente y agroecológicas. La reducción del viento fuerte también puede reflejarse en una mejor calidad de la fruta debido a la menor incidencia de cicatrices del viento y, por lo tanto, una reducción del potencial de patógenos que pueden ingresar a las frutas a través de estas cicatrices (Holmes y Farrell, 1993).



Figura 24. Diseño de cercas vivas o cortavientos combinando árboles y arbustos



Fuente: **Amaya Román, G. y Sánchez Rincón, J. S.** 2022. *Propuesta de implementación de herramientas de manejo del paisaje como aporte al desarrollo rural sostenible en una finca productora de piña (Ananas comosus) del municipio de Monterrey, Casanare.* Universidad El Bosque. Colombia.

Las cortinas rompevientos pueden actuar como cercas vivas y viceversa. Sin embargo, las cercas vivas generalmente se plantan a lo largo de la periferia exterior de la tierra, por ejemplo, en curvas de nivel y formando una barrera continua con el objetivo de controlar la erosión, mientras que las cortinas rompevientos también se pueden plantar en la parte interna.

Al plantar árboles y arbustos, se recomienda colocarlos en la parte superior de los canales de drenaje primarios y secundarios para reducir la erosión y evitar la escorrentía de pesticidas y fertilizantes en los canales de drenaje (FAO, 2011). Para habilitar estas funciones, se recomienda la implementación de plantas arbustivas en alta densidad y con raíces pequeñas.

Las cortinas rompevientos y las cercas vivas también ayudan a regular las condiciones climáticas en el área de producción (Singh, 2023). Estas son particularmente adecuadas en áreas con bajas precipitaciones y donde se experimentando altas temperaturas, ya que la presencia de árboles y arbustos ayuda a preservar la humedad y moderar la temperatura en las parcelas. Las prácticas también proporcionan otros servicios ecosistémicos como la mejora o restauración del paisaje y la protección de la biodiversidad ya que sirven como corredores biológicos para insectos y animales (Weninger *et al.*, 2021). La implementación de las medidas tiene potencial para apoyar los esfuerzos de mitigación del clima, ya que el aumento de la biomasa presente en el sistema de producción puede promover el secuestro y almacenamiento de carbono.

El establecimiento de cercas vivas adyacentes a un arroyo, lago o humedal, así como al área productiva, también puede actuar como **bosques de amortiguamiento**. Estos bosques proporcionan alimento y cobertura para la vida silvestre, mejoran la disponibilidad de agua, regulan las temperaturas del agua y del medio ambiente y disminuyen los flujos de inundación fuera de los causes. Por lo tanto,

actúan como refugios naturales para la biodiversidad local y como una línea de defensa contra los fenómenos meteorológicos extremos. La **Figura 25** ilustra el uso de pastos a lo largo de los canales de drenaje.

Figura 25. Uso de vetiver como valla viva en los canales de drenaje



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2019).

Las consideraciones para la implementación incluyen la selección de especies de árboles y arbustos que no impliquen una alta competencia con la producción de piña. Se recomienda que las especies seleccionadas sean de crecimiento rápido y erguido, con follaje perenne y que no sean huéspedes de plagas y enfermedades que afectan a la piña. Las especies de árboles y arbustos también deben ser flexibles y responder bien a la poda. Algunas plantas recomendadas se incluyen en el **Cuadro 4**.



Se aconseja incorporar especies nativas y locales como parte de las cortinas rompevientos para proteger la biodiversidad local y prevenir el riesgo de invasión de especies no nativas. El **compendio del CABI** (información disponible solamente en inglés) es un recurso de información científica sobre especies, enfermedades y lugares de importancia agrícola y ambiental.



Cuadro 11. Especies recomendadas para cercas vivas o rompevientos para plantaciones de piña (lista no exhaustiva)

Especies	Característica Principal	Otros usos
Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	Arbusto de rápido crecimiento	Medicinal
Hierba limón (<i>Cymbopogon citratus</i>)	Arbusto de rápido crecimiento	Alimentos para humanos, medicinal
Bucare / Coral (<i>Erythrina fusca</i>)	Árbol de crecimiento lento	Alimentos para animales, madera, ornamentales
El bototo, flechero, poro-poro o quinilla (<i>Cochlospermum orinocense</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (artesanía y ebanistería), medicinal, ornamental
Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)	Beneficios económicos adicionales	Madera, alimento para la vida silvestre, resina
Matarratón o cacahuananche (<i>Gliricidia sepium</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Alimentos para ganado y vida silvestre, manejo de plagas
Teca (<i>Tectona grandis</i>)	Beneficios económicos adicionales	Madera (artesanía)
Jobo (<i>Spondias mombin</i> L.)	Árbol de crecimiento lento	Alimentos (humanos, vida silvestre, ganado), madera (artesanía, construcción), medicinales, sombra
Higuera estranguladora / Amate hoja fina (<i>Ficus donell-smithii</i>)	Atrayente de los polinizadores	Alimentos (fauna), madera (construcción), medicinal, resina, sombra
Balaustre (<i>Ochroma pyramidale</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (artesanía, construcción y ebanistería)
Espino (<i>Crataegus</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (artesanía y de construcción)
Pochote (<i>Bombacopsis quinata</i> o <i>Bombacopsis quinata</i>)	Especies en peligro de extinción recomendadas con fines de conservación	Madera (artesanía y ebanistería)
Árbol de Guáimaro (<i>Brosimum alicastrum</i>)	Especies en peligro de extinción recomendadas con fines de conservación	Ganadería y fauna silvestre, madera artesanal y construcción, ornamental
Mora (<i>Rubus</i>)	Arbusto de rápido crecimiento	Alimentos para humanos y vida silvestre, material moribundo, medicinales
Pavito (<i>Jacaranda copaia</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (artesanía y ebanistería), ornamental
Poui rosa o árbol trompeta rosado (<i>Tabebuia rosea</i>)	Árbol de crecimiento lento	Sistemas agroforestales y silvopastoriles, ornamentales
Mamica de cadela, tambataru y fresno espinoso (<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (artesanía y ebanistería), material de teñido
Varasanta o árbol de las hormigas (<i>Triplaris americana</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (construcción), leña
Árbol trompeta o Yarumo (<i>Cecropia peltata</i>)	Árbol de rápido crecimiento	Madera (artesanía), ornamental

Fuente: Adaptado de **Amaya Román, G. y Sánchez Rincón, J. S.** 2022. *Propuesta de implementación de herramientas de manejo del paisaje como aporte al desarrollo rural sostenible en una finca productora de piña (Ananas comosus) del municipio de Monterrey, Casanare.* Universidad El Bosque. Colombia.

El **Recuadro 4** proporciona un ejemplo de una empresa en Costa Rica que ha incorporado cercas vivas para responder al aumento de las temperaturas y las lluvias que afectan el desempeño de la industria piñera. Las medidas adoptadas también han ayudado a abordar los efectos del clima más cálido en los trabajadores sobre el terreno.

Recuadro 4. Ejemplo del uso de cercas vivas y reforestación para hacer frente a un clima cambiante en Costa Rica

Empresa o asociación: Anónima

Región: Costa Rica

El aumento de las temperaturas, el cambio en patrones de lluvia, incluido el incremento en las precipitaciones, han impactado negativamente al sector productivo de la piña. Por ejemplo, las temperaturas más altas han ocasionado quemaduras y otros problemas internos en la fruta; mientras que las lluvias han causado problemas posteriores a la cosecha ya que el mayor contenido de agua en la fruta afecta su consistencia, haciéndola más difícil de transportar, reduciendo su vida útil y generando problemas de podredumbre por moho. Asimismo, el cambio climático ha incrementado los costos productivos con respecto a la preparación del suelo, y la protección de los cultivos y de los trabajadores, sobre todo en cuanto a la radiación solar.

Para responder a algunos de estos desafíos, la empresa ha tomado diferentes acciones con el fin de mitigar los efectos climáticos. Por una parte, la empresa ha comenzado programas de reforestación y de implementación de cercas vivas para preservar la salud del suelo y los ecosistemas locales, así como promover las áreas de conservación, al menos de 10 % de las tierras productivas según reportado, sobre todo en fincas que no son tan aptas para la producción. Estos proyectos también tienen como objetivo conectar corredores biológicos para mejorar la biodiversidad; y van acompañados de un mapeo especies vegetales, sobre todo frutales, que podrían ser asociados con la piña, y que prevengan la presencia de nuevas plagas y predadores.

El proyecto de cercas vivas ha incluido la plantación de maderas de valor comercial como la teca, las cuales no solo permitirán hacer frente a riesgos asociados con fuertes lluvias y temperaturas más altas, pero también para generar ingresos adicionales a los productores de piña.

Dado que el aumento de las temperaturas y de la radiación también impacta a los trabajadores en el campo, PROBIO ha instalado estaciones de hidratación en las plantaciones y ha ofrecido protección, con el fin de prevenir la deshidratación y otros riesgos asociados al estrés de calor entre los trabajadores, incluido el riesgo de cáncer de piel. Siguiendo estas medidas, los trabajadores han informado una disminución de problemas de salud y están solicitando menos días de incapacidad por problemas de salud asociados con la exposición de calor.

Es importante notar que algunas regulaciones en los mercados internacionales han prevenido la implementación de otras especies herbáceas en las plantaciones piñeras, sobre todo ligado con regulaciones fitosanitarias. Esto podría minimizar la capacidad de las fincas productoras de tomar enfoques más sostenibles para mejorar su capacidad de adaptación.

Capítulo 5.

Discusión y conclusiones



Se requiere una adaptación al cambio climático para garantizar la continuidad de la producción y el comercio mundial de piña. Con la adaptación al cambio climático, las empresas y asociaciones de productores podrán proteger sus sistemas de producción y cuidar del medio ambiente y de sus trabajadores, reduciendo al mismo tiempo la creación de nuevos riesgos ligados al aumento de las emisiones y el calentamiento global. Por tanto, la adaptación al clima contribuirá a la resiliencia y la sostenibilidad de las cadenas de valor agrícolas.

Si bien el cambio climático y sus repercusiones se experimentarán de manera diferente a través de las naciones y regiones productoras y dentro de ellas, los **fenómenos meteorológicos extremos aumentarán en frecuencia e intensidad**. Asimismo, se prevé la **aparición simultánea de múltiples factores de riesgo climático** en las mismas regiones, lo que, en combinación con otros factores ajenos al clima (como contracciones económicas o pandemias), aumentará el riesgo general para los sistemas de producción agrícola. Como tal, los productores de piña deben estar preparados para enfrentar de manera sincronizada múltiples riesgos, de modo que puedan maximizar los beneficios de las sinergias asociadas a la combinación de las prácticas de adaptación. Este enfoque también ayudará a minimizar el riesgo de que los sistemas naturales alcancen límites de adaptación, un factor de riesgo clave identificado en el informe del IPCC frente a los continuos aumentos del calentamiento mundial (IPCC, 2023).

Es importante destacar que se cuenta con conocimiento e información sobre cómo adaptarse al cambio climático en el sector de la piña; y muchas empresas y asociaciones de productores están trabajando activamente en la formulación de estrategias y están poniendo a prueba prácticas sobre el terreno para hacer frente al cambio climático y a los eventos climáticos extremos. El **Capítulo 4** de esta guía destaca algunas de las tecnologías, prácticas, técnicas y sistemas existentes que pueden ayudar a los productores a enfrentar los cambios en curso y a prepararse y prevenir futuros efectos climáticos. También se presentan ejemplos de buenas prácticas de adaptación de empresas y asociaciones.

Es probable que muchas de las prácticas de adaptación identificadas sean relevantes para todos los sistemas de producción de frutas tropicales (por ejemplo, sistemas de drenaje, sistemas de alerta temprana, manejo integrado de plagas, manejo integrado de aguas, acolchado o mantillo y cultivos de protección, manejo de residuos, cortinas rompevientos y cercas vivas), mientras que otras prácticas identificadas son específicas de las necesidades de adaptación de la piña (por ejemplo, inducción artificial de la floración, rotación de cultivos, cultivos intercalados y protectores solares). **Las prácticas de adaptación seleccionadas abordan simultáneamente múltiples riesgos climáticos y sus efectos.** Es importante resaltar esto, ya que las estrategias de adaptación discretas que abordan solo un factor de riesgo a la vez tienen menos probabilidades de lograr el efecto deseado en comparación a la combinación de muchas prácticas.

La adaptación al cambio climático es un proceso continuo que lleva tiempo y requiere inversiones en información y datos. Se necesitan datos e información actualizados periódicamente sobre los factores de producción y las tendencias climáticas para que las prácticas de adaptación sigan siendo relevantes. Las empresas y las asociaciones de productores pueden considerar el desarrollo de estrategias de adaptación que tengan en cuenta las tendencias climáticas proyectadas a corto, mediano y largo plazo. También deben tener en cuenta que algunas prácticas podrían volverse obsoletas a medida que cambian las temperaturas y los patrones de precipitación mundiales y locales. Esto puede requerir inversión, investigación y adopción continua de nuevos enfoques para transformar sus sistemas de producción y garantizar el suministro de fruta a largo plazo. Asimismo, podría ser necesaria una evaluación detallada de los riesgos y los efectos climáticos previstos en cada región y localidad productora para que la estrategia de adaptación sea lo más adecuada posible. Para apoyar este proceso es necesario recopilar datos climáticos tanto en las fincas como por parte de instituciones públicas en zonas localizadas. También se requiere apoyo para la capacitación de los productores sobre cómo interpretar estos datos e incorporar esta información en sus procesos de toma de decisiones.

Los esfuerzos de adaptación y mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero deben ir de la mano cuando sea posible. La adopción de prácticas de adaptación que tengan potencial de mitigación de los efectos del cambio climático ayudará no solo a reducir las emisiones de GEI, sino también a extender la vida útil de las prácticas de adaptación disponibles. Asimismo, se pueden formular estrategias de mitigación de manera que contribuyan a la adaptación y la refuercen. Algunas de las prácticas de adaptación identificadas para la producción de piña (como el manejo sostenible del suelo, la agroforestería, la gestión forestal sostenible y la reducción y el manejo de residuos) también tienen efectos positivos en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la producción. Estas prácticas también tienen implicaciones importantes en el almacenamiento de carbono, por ejemplo, mejorando la salud del suelo o aumentando la biomasa, volviendo más sostenible la producción de piña.



La adopción de tecnologías y prácticas de adaptación requiere algunas consideraciones clave:

- **Aceptar cierto margen de daños:** es posible que sea inevitable cierto nivel de pérdida o daño de la fruta durante la adaptación, especialmente durante las primeras etapas de la introducción de la práctica. Por ejemplo, al implementar prácticas integradas de manejo de plagas y malezas, es posible que los productores deban tolerar la presencia de un número mínimo de plagas, enfermedades y malezas para permitir un reequilibrio natural de los ecosistemas. Asimismo, la eliminación gradual de los fertilizantes sintéticos puede significar una reducción del rendimiento en las fases iniciales a medida que se restablecen las propiedades y estructuras del suelo. El nivel de daño que los agricultores y las empresas estén dispuestos a asumir dependerá de sus propios ingresos y necesidades de adaptación, y de la visión a largo o corto plazo que oriente la gestión de la operación.
- **Costos de inversión:** los productores, las asociaciones y las empresas deben evaluar las inversiones necesarias para integrar nuevas tecnologías o técnicas en el sistema de producción, así como los beneficios, incluidos los ambientales y sociales. Estos pueden incluir, entre otros, costos asociados con pérdidas y daños a la producción y la infraestructura, además de riesgos para la salud, si no se toman medidas. Podría ser necesario un análisis de costo-beneficio para evaluar las ventajas y los costos en que incurrirían las empresas en un escenario sin cambios vs. un escenario en el que se implementan las estrategias de adaptación.
- **Requisitos de tiempo:** el diseño de algunas prácticas de adaptación puede llevar más tiempo que otras, por lo que se requiere un horizonte temporal más largo y una mayor inversión para pasar de la teoría a la práctica. Algunas de estas soluciones de adaptación incluyen el desarrollo de semillas, plantas y material genético resilientes al clima, así como la configuración de sistemas de alerta temprana.

Todas las prácticas de adaptación deben considerar una perspectiva de sostenibilidad en sus tres dimensiones. Si bien la dimensión ambiental es el punto de entrada obvio para promover la adaptación en el sector de las frutas tropicales, también es fundamental abordar los riesgos sociales (por ejemplo, la salud de los trabajadores) y económicos (por ejemplo, mayores costos para mantener la infraestructura) ligados a los efectos del cambio climático con el fin de que las operaciones comerciales perduren en largo plazo.

Hasta la fecha, existe **evidencia limitada sobre el efecto social del cambio climático** en los medios de vida, la salud y la seguridad de los productores y los trabajadores que operan en la cadena de valor de la piña. Sin embargo, algunas investigaciones señalan la alta vulnerabilidad que enfrentan los trabajadores en las cadenas de valor agroalimentarias, particularmente los trabajadores del campo, debido a los eventos climáticos extremos. Esto está relacionado con la naturaleza extenuante del trabajo que se realiza principalmente al aire libre, generalmente en condiciones laborales inadecuadas (El Khayat *et al.*, 2022). Algunas empresas productoras de piña en Costa Rica ya han identificado

estos riesgos, especialmente los relacionados con el **estrés térmico y las enfermedades conexas** derivadas del aumento de las temperaturas y la radiación solar.

Los perfiles de riesgo de país desarrollados por el Banco Mundial indican que un aumento en la frecuencia de las olas de calor, y el estrés térmico resultante en los trabajadores, será más frecuente en los próximos años, particularmente en países productores como el Ecuador, Filipinas, Ghana y Tailandia, ocasionando pérdida de productividad laboral y riesgo para la vida humana (Banco Mundial, 2021). Se sabe que el estrés por calor aumenta la mortalidad y la morbilidad de las personas más vulnerables, especialmente grupos de riesgo como ancianos, niños, niñas y mujeres embarazadas. Asimismo, la capacidad de aprendizaje de los niños y las niñas disminuye significativamente con una mayor exposición al calor. Otros factores estresantes para la salud proyectados, asociados con el cambio climático e identificados en muchos de los países incluidos en la guía, incluyen un aumento de la contaminación del aire, el asma y las enfermedades transmitidas por vectores (es decir, malaria, dengue, esquistosomiasis y enfermedades transmitidas por garrapatas), enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos y enfermedades diarreicas. Se requieren mayores esfuerzos en todos los países y sectores para comprender mejor el efecto de la variabilidad climática en la salud humana e integrar estrategias para abordar los problemas de salud sensibles al clima en los programas y políticas de salud existentes. También será necesario aumentar la sensibilización y el diálogo entre diferentes ministerios para garantizar que estas cuestiones se reflejen adecuadamente en otras políticas sectoriales que se ocupan del cambio climático, incluidos los programas de integración de la agricultura en los planes nacionales de adaptación. Esto es importante, ya que las repercusiones del cambio climático en la salud humana afectará la productividad en el sector agrícola y otros sectores.

La magnitud de las repercusiones del cambio climático y las estrategias de respuesta disponibles para los distintos segmentos de la población dependen en gran medida de su condición socioeconómica, normas socioculturales, acceso a los recursos, pobreza y cuestiones de **género y edad** (FAO, 2018b; 2019b). **Las mujeres y la juventud se encuentran entre los grupos de mayor riesgo en lo que respecta a los efectos del cambio climático**, pero no se cuenta con investigación sobre las repercusiones específicas del cambio climático en estos grupos en relación con su participación en la cadena de valor mundial de la piña. Esto a pesar del importante papel que desempeñan las mujeres en la cosecha y empaque de ambos productos. Se necesita urgentemente una investigación en temas de género para comprender mejor los factores clave que explican las diferencias en la vulnerabilidad a los riesgos del cambio climático entre mujeres y hombres, y cómo formular estrategias de adaptación adecuadas para abordarlos.

Otros estudios han demostrado que la violencia (incluida la violencia física, psicológica y reproductiva) contra las mujeres es más acentuada después de los desastres ocasionados por amenazas naturales, con ulteriores consecuencias para el bienestar de las mujeres (Sloand *et al.*, 2015). Las mujeres y las niñas enfrentan mayores riesgos de sufrir violencia de género después de un evento climático u otras crisis inesperadas (p. ej. el brote de la COVID-19) (Sloand *et al.*, 2015). Por ejemplo, las crisis tienden a intensificar las tensiones domésticas y sociales debido al aumento del desempleo, la mayor



dependencia económica de las mujeres de su pareja que sustenta la familia y la escasez de servicios básicos (p. ej. alimentos, agua, carreteras). La violencia de género ha sido un problema ampliamente señalado en otras cadenas de valor agroalimentarias orientadas a la exportación, incluidas las del banano, la uva y las hortalizas (BERD y CDC, 2019), lo que sugiere que también podría ser una preocupación en el sector de la piña.

Como se analiza a lo largo de la guía, el cambio climático influirá en la producción de alimentos a través de efectos directos e indirectos en los procesos de crecimiento de los cultivos, lo que tiene **implicaciones para la seguridad alimentaria y la nutrición**. El colapso de los sistemas alimentarios debido al aumento de las temperaturas, la escasez de tierra y agua, las inundaciones, las sequías y los desplazamientos, afectará negativamente la producción agrícola y afectará desproporcionadamente a las personas más vulnerables, que ya se enfrentan al hambre y la inseguridad alimentaria. Los grupos vulnerables corren el riesgo de un mayor deterioro en la disponibilidad de alimentos y en la nutrición cuando se exponen a fenómenos climáticos extremos. La piña forma parte de una dieta saludable y es una fuente importante de vitaminas y nutrientes para los consumidores tanto de los países productores como de los importadores. Sobre esta base, las empresas de piña podrían considerar cómo podrían apoyar a las poblaciones vulnerables en sus comunidades locales a través de programas específicos de enlace social que tengan como objetivo mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, como la contratación pública (por ejemplo, programas de alimentación escolar, servicios de comedores comunitarios) o los bancos de alimentos.

El Proyecto de Frutas Responsables reconoce que la **mejora de la capacidad de adaptación y la resiliencia climática de la cadena de valor de la piña no se puede lograr enfocándose en un único actor**. Los complejos desafíos asociados con los efectos del cambio climático se resuelven mejor mediante la cooperación entre grupos de actores diversos, incluidos gobiernos, empresas, organizaciones de productores, institutos de investigación y formación, sindicatos de trabajadores y otras organizaciones de la sociedad civil. Establecer mecanismos para la colaboración de múltiples actores puede ser el enfoque más eficaz para abordar los efectos del calentamiento global en la industria de la piña en el futuro. Las soluciones de adaptación actuales, destacadas en esta guía, y las brechas de conocimiento existentes (por ejemplo, fitomejoramiento y sistemas de alerta temprana) demuestran que se necesitan esfuerzos en todas las industrias de todos los países productores para colaborar con otros actores. Estas incluyen instituciones de investigación y ministerios relevantes para aumentar la disponibilidad de soluciones sostenibles de adaptación al clima identificadas a través de la investigación y desarrollo, y para promover una adopción generalizada a través de incentivos gubernamentales y diálogo sobre políticas. La adopción de prácticas de adaptación no solo requiere el desarrollo de nuevas tecnologías, sino también asistencia técnica (por ejemplo, a través de servicios de extensión y programas específicos de capacitación), intercambio de información (por ejemplo, datos y alertas climáticas, información sobre patógenos emergentes, etc.) y financiación o incentivos disponibles para la adopción de tecnologías y prácticas nuevas y potencialmente riesgosas.

A nivel institucional y normativo, el trabajo de la FAO es un paso esencial para ayudar a los países a integrar soluciones de adaptación específicamente para el sector agrícola como parte de los planes nacionales de adaptación más amplios desarrollados por los países, en línea con sus compromisos de contribuciones determinadas a nivel nacional. Si bien los programas de integración de la agricultura en los planes nacionales de adaptación, desarrollados para dos de los países incluidos en esta guía (Filipinas y Tailandia) no se centran específicamente en el sector de las frutas tropicales, muchas de las medidas de adaptación propuestas son relevantes para la producción de frutas tropicales y han sido discutidas en el Capítulo 4 de la guía (por ejemplo, manejo del agua, conservación del suelo, protección de la biodiversidad, agrosilvicultura, sistemas de alerta temprana). **Es útil comprender cómo sectores específicos de productos, como la producción y exportación de piña, pueden contribuir al logro de los objetivos de mitigación y adaptación establecidos en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional y los Planes Nacionales de Adaptación.** Una mejor comprensión puede ayudar a la industria a alinear sus esfuerzos con aquellos a nivel nacional y subregional y demostrar a los responsables de las políticas que la industria está realizando esfuerzos colectivos para apoyar estos planes. Se necesitan también esfuerzos para generar evidencia sobre los efectos de la implementación de prácticas de adaptación mediante un mejor seguimiento y evaluación para avanzar en este contexto.

El Proyecto de Frutas Responsables se ha comprometido a apoyar a los productores y exportadores de piña a nivel mundial, a través de la preparación de herramientas prácticas para enfrentar el cambio climático y otros riesgos de sostenibilidad identificados. El proyecto está preparando diversos materiales y herramientas técnicas adaptados a las industrias de la piña, algunos de los cuales también son aplicables al sector de las frutas tropicales en general. Estos productos se describen a continuación.

La Guía técnica *Análisis de brechas para apoyar la debida diligencia en los sectores del aguacate y la piña* ayuda a las empresas a comparar los estándares y políticas que utilizan con los de la *Guía OCDE-FAO para las cadenas de suministro responsable en el sector agrícola*, que es el punto de referencia mundial en materia de debida diligencia y conducta empresarial responsable para el sector agrícola. Al utilizar la herramienta de análisis de brechas, las empresas pueden evaluar e identificar cómo sus operaciones están impactando en los ecosistemas en los que operan e identificar cualquier influencia negativa que puedan estar teniendo en el medio ambiente y el clima (entre otros factores). Al identificar estos riesgos y aprender a manejarlos, las empresas pueden mejorar su desempeño empresarial, aumentar la sostenibilidad y fortalecer la resiliencia a las crisis externas, incluidos los riesgos climáticos. En muchos países, las leyes recientemente aprobadas o propuestas exigen que las empresas lleven a cabo una debida diligencia basada en el riesgo para identificar, evaluar, mitigar, prevenir y dar cuenta de cómo abordan las repercusiones adversas reales y potenciales de sus actividades y las de sus proveedores y socios comerciales. Estas incluyen áreas relacionadas con el uso de agroquímicos y el manejo de recursos naturales, ambos con efectos directos en la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos.



El trabajo en curso del proyecto para desarrollar una herramienta de medición de la huella de carbono y de agua para la industria de la piña también contribuye a este objetivo. Esta herramienta tiene como objetivo apoyar a productores, empresas y asociaciones a comprender mejor cómo pueden reducir sus emisiones de carbono y prevenir la degradación de los recursos hídricos a través de sus operaciones. Al aumentar este conocimiento, la herramienta también pretende fomentar la adopción de prácticas climáticamente inteligentes y un manejo eficiente del agua en la cadena de valor de la piña como parte de la estrategia ambiental de las empresas. El proyecto también espera que la herramienta cubra un vacío en los costos de desarrollo para la industria, especialmente para las empresas y productores en pequeña escala, así como en las lagunas de conocimiento de los agricultores que pueden carecer de herramientas fáciles de usar para medir de manera eficiente la huella de carbono y de agua. La herramienta estará disponible para su uso a finales de 2023.

El proyecto también ha llevado a cabo una serie de seminarios web técnicos que abordan algunos de los desafíos climáticos más apremiantes para el sector de la piña. Entre otros, se incluyen **prevención de la deforestación**, uso de **agroquímicos y límites máximos de residuos**, **monitoreo y uso del agua**, **adaptación al cambio climático**, **protección de la biodiversidad**, reducción de pérdidas y desperdicios y **salud del suelo y degradación de la tierra**.

Asimismo, el proyecto llevó a cabo un estudio detallado para comprender los **desafíos de resiliencia que enfrenta el sector de la piña**. El cambio y la variabilidad del clima ocupan un lugar destacado como desafío clave de resiliencia que enfrenta la industria. Sobre la base de los resultados de este estudio, el proyecto elaborará una guía técnica, resúmenes técnicos y actividades de desarrollo de capacidades para abordar áreas que apoyan directa e indirectamente los esfuerzos de las empresas para adaptarse y transformarse frente a futuros eventos climáticos extremos y un clima cambiante. La guía técnica se centrará en apoyar a las empresas y asociaciones de la industria piñera para realizar un mejor seguimiento e informar sobre su progreso hacia la resiliencia y la sostenibilidad.

En conclusión, esta guía fue producida por el Proyecto de Frutas Responsables para aquellos productores y exportadores de piña que estén interesados en aprender más sobre el cambio climático y cómo se pueden adaptar a sus repercusiones en el contexto de sus propios sistemas comerciales. Se espera que esta publicación sea el punto de partida para la discusión sobre los efectos nacionales, regionales y locales del cambio climático en la producción de piña, y estimule la planificación conjunta para la investigación de soluciones de adaptación a fin de apoyar la sostenibilidad a largo plazo de la industria de exportación. Las limitaciones de la guía se abordaron en el Capítulo 1, dada la falta de tiempo y recursos para realizar una investigación científica longitudinal sobre el terreno, necesaria para responder a interrogantes específicas relacionadas con los efectos del cambio climático en la piña en el tiempo y en condiciones de producción diversas. De hecho, se necesita más investigación longitudinal específica de cada producto y zona para comprender mejor los riesgos climáticos y sus efectos a largo plazo en los cultivos de frutas tropicales e identificar soluciones de adaptación innovadoras.

Anexo 1

Recursos sugeridos



Las listas a continuación proporcionan material de referencia adicional, como sitios web, publicaciones técnicas y materiales de orientación, resúmenes de políticas, entre otros, que pueden ayudar a los productores, asociaciones y empresas a aprender más sobre el cambio climático, sus repercusiones en el sector de las frutas tropicales y las opciones de adaptación disponibles. También se sugieren algunas herramientas que pueden ayudar a los actores de la industria piñera a definir sus objetivos de adaptación y realizar un seguimiento del progreso hacia ellos.

Publicaciones y artículos técnicos y de orientación

Piña

Alla, M.J.M. 2021. Agricultural productivity of selected Philippine Crops: Effect of climate change in Cotabato Province. *International Journal Innovative Science and Research Technology*, 6(12). 1127-1131 p. (Solamente disponible en inglés). www.ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT21DEC732.pdf

CANAPEP. 2022. Manual técnico para la producción sostenible de piña. Disponible en: <https://canapep.com/wp-content/uploads/2022/05/MANUAL-TECNICO-PARA-LA-PRODUCCION-SOSTENIBLE-DE-LA-PIN%CC%83A-V08.pdf>

Díaz Ramírez, L., Jäger, M. & Hurtado, J. 2021. *Plan de investigación y desarrollo de la cadena productiva de la piña del Valle del Cauca a partir de sus principales brechas tecnológicas*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80897>

Díaz Ramírez, L., Hurtado, J. & Jäger, M. 2022. *Brechas tecnológicas de la cadena productiva de la piña en el Valle del Cauca y descripción del estado del arte*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82689>

GIZ. 2023. *Manual de agricultura sostenible con énfasis en biodiversidad y cambio climático in "Del Campo al Plato"*. Consultado el 12 de junio de 2023. www.delcampoalplato.com/es/publicacion/iki-cp-publicaciones/

Jinés León, A. and Eitzinger, A. 2021. *Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de piña md2 en el territorio del Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80911>

IFPRI (International Food Policy Research Institute). 2019. Climate change, agriculture and adaptation options for Costa Rica. *IFPRI Discussion Paper*. 01825. Washington, D.C. (Únicamente disponible en inglés). <https://ebrary.ifpri.org/digital/api/collection/p15738coll2/id/133209/download>

Ministerio de Agricultura y Ganadería Servicio Fitosanitario del Estado. 2010. *Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de piña (Ananas Comosus L.)*. Servicio de Extensión Agropecuaria Costa Rica. www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9646.PDF

Phrommarat, B. & Oonkasem, P. 2021. Sustainable pineapple farm planning based on eco-efficiency and income risk: a comparison of conventional and integrated farming systems. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(4): 2701-2717 p. (Únicamente disponible en inglés).
www.aloki.hu/pdf/1904_27012717.pdf

Pulhin, F.B., Lasco, R.D., Espaldon, M.V.O. & Gevana, D. 2009. Mainstreaming climate change adaptation in watershed management and upland farming in the Philippines. *Forestry Development Center, College of Forestry and Natural Resources, University of the Philippines Los Banos, Los Banos*, 1-65 p. (Únicamente disponible en inglés). <https://agris.fao.org/search/en/providers/122430/records/6472489c2c1d629bc979a748>

Rafanan, K. F. A. 2016. Effects of climate variability on the business performance of pineapple growers in Calauan, Laguna, Philippines. *Undergraduate Theses*. 4577. University of the Philippines Los Baños (UPLB). (Únicamente disponible en inglés). www.ukdr.uplb.edu.ph/etd-undergrad/4577

Reinhardt, D.H., Uriza, D., Soler, A., Sanewski, G. & Rabie, E.C. 2019. Limitations for pineapple production and commercialization and international research towards solutions. *Acta Horticulturae*. 1239. 51-64 p. (Únicamente disponible en inglés).
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.7>

Whitney, C., Fernandez, E., Do, H., Luu, T.T.G., Heuschkel, Z. & Luedeling, E. 2020. *Decision Support for determining effective climate measures in banana production*. University of Bonn. (Únicamente disponible en inglés). www.nachhaltige-agrarlieferketten.org/fileadmin/user_upload/Banana_adaptation_measures_report_UniBonn.pdf



Sector productivo en general

FAO. 2023. *SEPAL (Sistema de observación de la Tierra, acceso a los datos, procesamiento y análisis para la vigilancia de la tierra)*. Roma. www.fao.org/3/cb2876en/cb2876en.pdf

Global Nature Fund. 2023. Biodiversity check agrícola. Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ). Alemania. https://www.delcampoalplato.com/es/home_esp/biodiversity-check-agricola-esp/

Miles, L., Agra, R., Sengupta, S., Vidal, A. y Dickson, B. 2021. Nature-based solutions for climate change mitigation. IUCN y ONU Medio Ambiente. (Únicamente disponible en inglés). www.unep.org/resources/report/nature-based-solutions-climate-change-mitigation

Pronaturaleza – Fundación Peruana por la Conservación de la Naturaleza. 2021. *Hotspot de biodiversidad de los Andes tropicales*. Perú, Critical Ecosystem Partnership Fund. www.cepf.net/sites/default/files/tropical-andes-ecosystem-profile-2021-spanish.pdf

ONU Medio Ambiente. 2015. Microfinance for ecosystem-based adaptation measures – Options, costs and benefits. Panamá. (Únicamente disponible en inglés). www.unep.org/resources/publication/microfinance-ecosystem-based-adaptation-options-costs-and-benefits

Herramientas y sitios web

Banco Mundial. 2022. Climate Change Knowledge Portal for development practitioners and policymakers. En: Grupo del Banco Mundial [en línea]. Washington. [Consultado el 7 de octubre de 2022]. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>

PMA (Programa Mundial de Alimentos). 2023. WFP Dataviz - Monitoreo de evaluación de vulnerabilidad (VAM). <https://dataviz.vam.wfp.org>

WeADAPT. 2023. Planificación, investigación y práctica de la adaptación al cambio climático: una plataforma colaborativa sobre cuestiones de adaptación al cambio climático. [Consultado el 18 de Agosto de 2023]. www.weadapt.org/

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2023. Plataforma Contribuciones a la Naturaleza. [Consultado el 19 June 2023]. <https://www.iucn.org/es/resources/herramienta-de-conservacion/plataforma-contribuciones-la-naturaleza>

ONU Medio Ambiente. 2023. Lista de proyectos de adaptación al cambio climático. En: ONU Medio Ambiente, Adaptación climática. <https://www.unep.org/es/explore-topics/cambio-climatico/lo-que-hacemos/adaptacion-al-cambio-climatico/lista-de-proyectos-de>

Open Foris. 2023. Soluciones gratuitas de código abierto para el monitoreo ambiental. <https://openforis.org/>

Red Internacional de Bosques Modelo. 2019. *Caja de herramientas para los Bosques Modelo - Manual de instrucciones*. Ottawa, Canadá. <https://ribm.net/resources/herramientas-y-guias/>

GreenFacts. 2022. Temas. En: GreenFacts, Facts on Health and the Environment. [Consultado el 16 de junio de 2023]. www.greenfacts.org/es/dosieres/temasindex.htm

GreenFacts. 2022. Biodiversidad – Perspectiva mundial. En: GreenFacts, Facts on Health and the Environment. [Consultado el 16 de junio de 2023]. www.greenfacts.org/es/biodiversidad-perspectiva-mundial/enlaces/index.htm

GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2023. Free and open access to biodiversity data. Copenhagen, Secretariado GBIF. [Consultado el 16 de junio de 2023]. www.gbif.org/es/

FAO. 2023. SEPAL Monitoreo de Bosques y Tierras para la Acción Climática. En: FAO. Roma. [Consultado el 19 de junio de 2023]. www.fao.org/in-action/sepal/overview/es

FAO. 2023. Alianza Mundial por los Suelos. en: FAO. Roma. [Consultado el 16 de junio de 2023]. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/es/>

FAO. 2023. Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe. En: FAO. Roma. [Consultado el 16 de junio de 2023]. <https://www.fao.org/in-action/capacitacion-politicas-publicas/cursos/ver/en/c/1439273/>

FAO. 2023. Centro de conocimiento sobre cambio climático En: FAO Cambio climático. www.fao.org/climate-change/knowledge-hub/es

FAO. 2023. Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Cambio Climático en el Sector Agropecuario . Colombia. En: FAO Colombia. [Consultado el 16 de junio de 2023]. <https://cambioclimatico.fao.org.co>

FAO 2023. Caja de herramientas para el riesgo climático. En: FAO. [Consultado el 19 de junio de 2023]. <https://data.apps.fao.org/crtb/>

CEPF (Critical Ecosystem Partnership Fund). 2023. Explore los hotspots de biodiversidad. En: Critical Ecosystem Partnership Fund, Proteger la biodiversidad empoderando a las personas . [Consultado el 16 de junio de 2023]. <https://es.cepf.net/node/1996>

CABI. 2023. CABI Biblioteca digital – Investigación y aprendizaje en agricultura, medio ambiente y ciencias de la vida aplicadas . [Consultado el 15 de marzo de 2023]. www.cabidigitallibrary.org



Notas de orientación y publicaciones completas

Banco Mundial. 2022. Informes de perfil de riesgo país. Roma. [Consultado el 3 de febrero de 2023]. <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0041074>

Parker, L., Bourgoin, C., Martinez-Valle, A. & Läderach, P. 2019. *Vulnerability of the agricultural sector to climate change: The development of a pan-tropical Climate Risk Vulnerability Assessment to inform sub-national decision making*. PLoS ONE 14(3): e0213641. Australia, Universidad del sur de Queensland. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213641>

Hallegatte, S., Rentschler, J. & Rozenberg, J. 2020. Principios de adaptación: una guía para diseñar estrategias de adaptación y resiliencia al cambio climático. Banco Mundial, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/34780>

GIZ. 2021. *El cambio climático y sus efectos en la producción de banano en Colombia, Costa Rica, República Dominicana y Ecuador*. https://www.nachhaltige-agrarlieferketten.org/fileadmin/user_upload/Climate_change_and_its_effects_on_banana_production_Spanish.pdf

FAO y PNUD. 2023. *Mapeo, divulgación y participación del sector privado en sistemas agroalimentarios sensibles al clima - Serie de guías de participación del sector privado de SCALA*. Marzo 2023. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc4689en>

Referencias

- Abdullah, N.S., Abdul Aziz, N., Mohammed, A. & Shah Yusop, M.A.** 2011. Drought stress tolerance in pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) varieties. Malaysia, Universiti Teknologi MARA (UiTM). <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/38993/1/38993.PDF>
- Adabe, K.E., Hind, S. & Maïga, A.** 2016. *Production et transformation de l'ananas*. Cameroon, CTA. https://www.researchgate.net/publication/354446875_Production_and_processing_of_pineapple_Production_et_transformation_de_l%27ananas
- Ajema, L. & Nigussie, A.** 2021. Yield and yield advantage of the component crops as affected by strip intercropping of coffee (*Coffea arabica* L.) with pineapple (*Ananas comosus* L.). *American Journal of Bioscience*, 9(4): 116-121.
- Altieri, M., Fonseca, J., Caballero, J. & Hernandez, J.** 2006. Manejo del agua y restauración productiva en la región indígena Mixteca de Puebla y Oaxaca.
- Altieri, M.A. & Nicholls, C.I.** 2004. An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics. *Journal of Crop Improvement*, 11(1-2): 81-103. https://doi.org/10.1300/J411v11n01_05
- Amaya Román, G. & Sánchez Rincón, J. S.** 2022. *Propuesta de implementación de herramientas de manejo del paisaje como aporte al desarrollo rural sostenible en una finca productora de piña (Ananas comosus) del municipio de Monterrey, Casanare*. Universidad El Bosque. Colombia.
- Arce, A., Hernández, C. & Amador, R.** 2014. Determinación de la cantidad y composición de biogás a partir del rastrojo de piña (*Ananas comosus*) por medio de un sistema continuo de laboratorio. San José: ICE.
- Armenta-Bojórquez, A.D., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J.R., Apodaca-Sánchez, M.Á., Gerardo-Montoya, L. & Nava-Pérez, E.** 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1): 51-56. [Biofertilizers in the Mexican agriculture development].
- Bakar, B.A., Baharom, S.N.A., Rani, R.A., Ahmad, M.T., Zubir, M.N., Sayuti, A.F.A., Nordin, M.N., Bookeri, M.A.M. & Muslimin, J.** 2020. A review of mechanization and automation in malaysia's pineapple production. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*.
- Banco Mundial.** 2021. *Informes de perfil de riesgo país*. Roma. [Consultado el 3 de febrero de 2023]. <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0041074>
- Banco Mundial.** 2022. *Portal de conocimientos sobre el cambio climático para profesionales del desarrollo y formuladores de políticas*. En: Banco Mundial [online]. Washington. [Consultado el 7 de octubre de 2022]. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org>

- Bessert, L.** 2022. Keyline Design- water management of agricultural landscapes: Key for Regenerative agriculture? University of Kassel. https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2023/01/bessert-Keyline_angepasst.pdf
- Bhattacharjee, P., Warang, O., Das, Sh. & Das, S.** 2022. Impact of climate change on fruit crops- A review. *Current World Environment*. 17 (2). India. 319-330 p. <http://dx.doi.org/10.12944/CWE.17.2.4>
- Bonet-Pérez, C.C., Guerrero-Posada, M.P., Hernández-Llanes, M.J., Rodríguez-Correa, D. y La Rosa-Fernández, Y.** 2023. Irrigation and drainage in pineapple crop (cultivar MD-2) in Ciego de Ávila province. Agricultural Engineering Research Institute, Camaguey Subsidiary, Cuba. <https://doi.org/10.32629/rwc.v6i1.1126>
- Brookes, G.** 2022. Genetically Modified (GM) Crop Use 1996–2020: Impacts on carbon emissions. *GM Crops and Food*, 13(1): 242–261.
- CANAPEP (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña).** 2023. CANAPEP. Costa Rica. [Cited 19 June]. <https://canapep.com>
- Çetin, Ö. y Akalp, E.** 2019. Efficient use of water and fertilizers in irrigated agriculture: drip irrigation and fertigation. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 22(2): 97-102.
- Chaddad, F.** 2016. Capítulo 2 - Enabling Conditions. In: F. Chaddad, ed. *The Economics and Organization of Brazilian Agriculture*, pp. 19-44. San Diego, Academic Press.
- Chairani, S., Megawati, S., Novpriansyah, H., Banuwa, I.S. y Buchari, H.** 2018. Tracking the fate of organic matter residue using soil dispersion ratio under intensive farming in red acid soil of Lampung, Indonesia.
- Chawla, R., Sheokand, A., Rai, M. R. y Kumar, R.** 2021. Impact of climate change on fruit production and various approaches to mitigate these impacts. *The Pharma Innovation Journal*. 10(3): 564-571.
- Chintagunta, A.D., Ray, S. y Banerjee, R.** 2017. An integrated bioprocess for bioethanol and biomanure production from pineapple leaf waste. *Journal of Cleaner Production*, 165: 1508-1516. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.179>
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).** 2023. El Acuerdo de París – ¿Cómo funciona el Acuerdo de París? [Consultado el 2 de mayo de 2023] <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- CMNUCC.** 2024. *Objetivo global sobre adaptación*. ONU Cambio climático. [Consultado el 23 de enero de 2024]. <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/workstreams/glasgow-sharm-el-sheikh-WP-GGGA#:~:text=The%20Paris%20Agreement%20of%202015,the%20goal%20of%20holding%20global>

Crumpler, K., Abi Khalil, R., Tanganelli, E., Rai, N., Roffredi, L., Meybeck, A., Umulisa, V., Wolf, J. y Bernoux, M. 2021. (Interim) *Global update report – Agriculture, Forestry and Fisheries in the Nationally Determined Contributions*. Environment and Natural Resources Management Working Paper No. 91. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7442en>

Cubero Fernández, D. y Sandí Meza, V. 2014. *Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de la piña*. (No. 634.774 C962t). Ministerio de Agricultura de Costa Rica.

Culik, M. P. y Ventura, J. A. 2009. New species of *Rhinoleucophenga*, a potential predator of pineapple mealybugs. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 44, 417-420.

de Azevedo, P.V., de Souza, C.B., da Silva, B.B. y da Silva, V.P. 2007. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment, Brazil. *Agricultural water management*, 88(1-3): 201-208.

del Carmen Ponce-Rodríguez, M., Carrete-Carreón, F.O., Núñez-Fernández, G.A., de Jesús Muñoz-Ramos, J. y Pérez-López, M. 2021. Keyline in bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) for soil and water conservation. *Sustainability*, 13(17): 9982.

Díaz Grisales, V., Caicedo Vallejo, A.M. y Carabalí Muñoz, A. 2017. Ciclo de vida y descripción morfológica de *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: *Curculionidae*) en Colombia. *Acta zoológica mexicana*, 33(2): 231-242. [Life cycle and morphological description of *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: *Curculionidae*) in Colombia]

Dufour, R. 2015. *Tipsheet: Crop rotation in organic farming systems*. United States of America. National Center for Appropriate Technology (NCAT). In: ATTRA Sustainable Agriculture. <https://attra.ncat.org/publication/tipsheet-crop-rotation-in-organic-farming-systems/>

El Khayat, M., Halwani, D.A., Hneiny, L., Alameddine, I., Haidar, M.A. y Habib, R.R. 2022. Impacts of climate change and heat stress on farmworkers' health: A scoping review. *Frontiers in public health*, 10: 71.

Erazo-Mesa, E., Ramírez-Gil, J.G. y Sánchez, A. 2021. Hass needs water irrigation in tropical precipitation regime: evidence from Colombia. *Water*.

Eshetu, T., Tefera, W. y Kebede, T. 2007. Effect of weed management on pineapple growth and yield. *Ethiopian Journal of weed management*, 1(1): 29-40.

Espinosa, M.E.Á., Moreira, R.O., Lima, A.A., Ságio, S.A., Barreto, H.G., Luiz, S.L.P., Abreu, C.E.A., Yanes-Paz, E., Ruíz, Y.C. y González-Olmedo, J.L. 2017. Early histological, hormonal, and molecular changes during pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) artificial flowering induction. *Journal of plant physiology*, 209: 11-19.

Espinosa, M.R., Carvajal, L.M., Reza García, S.d.I.C., Melo Zipacon, W.F., Bolaños Benavides, M.M., Martínez Reina, A.M., Rodríguez Borray, G., Ospina Parra, C.E. y Abril Castro, J.L. 2016. Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de piña (*Ananas comosus*): municipio de el Peñón departamento de Bolívar. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27610.44480>

- Espinoza, F.R.** 2007. Efectividad de siete métodos de protección de la fruta de piña contra los rayos solares durante la etapa de maduración (*Ananas comosus*) (L.) Merr híbrido MD-2. [Consulted 15 June 2023]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5869>
- European Commission.** 1998. Pan-European Criteria, indicators and operational level guidelines for sustainable forest management. Third Ministerial Conference on the protection of forests in Europe, Lisbon, Portugal.
- Fan, J., Lu, X., Gu, S. y Xinyu, G.** 2020a. Improving nutrient and water use efficiencies using water-drip irrigation and fertilization technology in Northeast China. *Agricultural Water Management*, 241: 106352. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106352>
- FAO y PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo).** 2020a. *Toolkit for value chain analysis and market development integrating climate resilience and gender responsiveness*. Roma. www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1333257
- FAO y PNUD.** 2020b. *Using climate services in adaptation planning for the agriculture sectors*. Roma. www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1371846/
- FAO y PNUD.** 2023. *Progress in developing a national monitoring and evaluation system for adaptation in the agriculture sector: multi-country case study - January 2023*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3916en>
- FAO y WUR (Universidad de Investigación de Wageningen).** 2021. *Applying blockchain for climate action in agriculture: state of play and outlook*. The Hague and Roma. www.fao.org/3/cb3495en/cb3495en.pdf
- FAO.** 2011. FAO-ADAPT Framework program on climate change adaptation. Rome. www.fao.org/3/i2317e/i2317e.pdf
- FAO.** 2016. *Adapting agriculture to climate change*. Rome. www.fao.org/3/au030e/au030e.pdf
- FAO.** 2017a. Abordar la agricultura, la silvicultura y la pesca en los Planes Nacionales de Adaptación. Roma. www.fao.org/publications/card/fr/c/I6714ES
- FAO.** 2017b. *La estrategia de la FAO sobre el cambio climático*. Roma. www.fao.org/documents/card/fr/c/7be11b93-8e8f-48a8-949b-083a2c5d434f
- FAO.** 2017c. Technologies and Practices for Small Agricultural Producers (TECA). In: *Crop rotation in conservation agriculture*. Rome. [Cited 21 February 2023]. <https://teca.apps.fao.org/teca/en/technologies/7415>
- FAO.** 2018a. *Addressing sustainable crop production priorities in National Adaptation Plans*. Rome. www.fao.org/3/CA2930EN/ca2930en.pdf
- FAO.** 2018b. *Promoting gender-responsive adaptation in the agriculture sectors: Entry points within National Adaptation Plans*. Rome. www.fao.org/in-action/naps/resources/detail/ar/c/1114148/
- FAO.** 2019a. *Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets*. Rome. www.fao.org/3/ca4526en/ca4526en.pdf

- FAO.** 2019b. *Gender in adaptation planning for the agriculture sector – Guide for trainers*. Rome. www.fao.org/in-action/naps/resources/detail/en/c/1253017
- FAO.** 2020. *Análisis del Mercado de las Principales Frutas Tropicales 2019*. Roma. www.fao.org/3/cb0834es/CB0834ES.pdf
- FAO.** 2021a. *Public expenditure analysis for climate change adaptation and mitigation in the agriculture sector – A case study of Uganda*. Rome. [Cited 13 June 2023]
- FAO.** 2021b. *Climate change, biodiversity and nutrition nexus – Evidence and emerging policy and programming opportunities*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb6701en>
- FAO.** 2021c. *Supporting developing countries to integrate their agricultural sectors into national adaptation plans*. Rome. www.fao.org/3/cb5060en/cb5060en.pdf
- FAO.** 2021d. *Climate smart agriculture case studies – projects from around the world*. Rome. www.fao.org/3/cb5359en/cb5359en.pdf
- FAO.** 2021e. *Principales frutas tropicales - Análisis del mercado 2021*. Roma. www.fao.org/documents/card/en/c/CC1900ES
- FAO.** 2022a. *Análisis de resiliencia climática y de riesgo de desastres para cadenas de valor sensibles al género – Nota de orientación*. Roma. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/CC0051ES>
- FAO.** 2022b. *Gender, agrifood value chains and climate resilient agriculture*. Rome. www.fao.org/3/cb9989en/cb9989en.pdf
- FAO.** 2022c. *Council Paper June 13-17th. FAO strategy on climate change 2022-2031*. Rome. www.fao.org/3/cc2274en/cc2274en.pdf
- FAO.** 2022d. *Major Tropical Fruits - Statistical Compendium 2021*. Rome. www.fao.org/3/cc2399en/cc2399en.pdf
- FAO.** 2022e. *Principales frutas tropicales - Análisis del mercado 2021*. Roma. www.fao.org/documents/card/en/c/CC1900ES
- FAO.** 2022f. *Greenhouse gas emissions from agrifood systems: Global, regional and country trends, 2000–2020*. Serie de resúmenes analíticos de FAOSTAT No. 50. Roma. www.fao.org/3/cc2672en/cc2672en.pdf
- FAO.** 2023a. *Principales Frutas Tropicales. Análisis de Mercado 2022*. Roma. www.fao.org/3/cc7108es/cc7108es.pdf
- FAO.** 2023b. FAOSTAT: Cultivos. En: FAO. Roma. [Consultado el 21 de marzo de 2023]. www.fao.org/faostat/es/#data/QCL
- Fausey, N.R.** 2005b. Drainage, surface and subsurface. In: D. Hillel, ed. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, pp. 409-413. Oxford, Elsevier.

- Fischer, G., Alejandro Cleves-Leguizamo, J. y Enrique Balaguera-López, H.** 2022. Impacto de la temperatura del suelo sobre los frutales en escenarios de cambio climático. *Revista Colombiana de ciencias Hortícolas*, 16(1): 1-13. <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i1.12769>
- Frankowska, A., Jeswani, H.K. y Azapagic, A.** 2019. Life cycle environmental impacts of fruits consumption in the UK. *Journal of Environmental Management*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.012>
- Gamboa-Barboza, A.** 2006. *Efecto del peso de la planta al forzamiento sobre el rendimiento y calidad de la fruta en piña (Ananas comosus) (L.) Merr Híbrido MD-2.*
- García, R. y García-López, E.** 2021. Combined effects of cover crops and herbicide rotation as proactive weed management in pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) in Huimanguillo Tabasco, Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i9.2038>
- García, A. y Rodríguez, M.** 2011. *Guía de identificación y MIP en el cultivo de piña*. Región de Administración y Planificación del Caribe (RAP Caribe).
- García de la Cruz, R., García Espinosa, R., Rodríguez Guzmán, M.d.P., González Hernández, H. y Palma López, D.J.** 2006. Efecto de la rotación con leguminosas sobre la productividad del cultivo de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) y cultivos intercalados en Tabasco, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología Número 77* (Abril 2006).
- García-Herrero, L., Brenes-Peralta, L., Leschi, F. y Vittuari, M.** 2022. Integrating life cycle thinking in a policy decision tool: Its application in the pineapple production in Dominican Republic. *Journal of Cleaner Production*, 360. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132094>
- García-Martínez, Y.G., Ballesteros, C., Bernal, H., Villarreal, O., Jiménez-García, L. y Jiménez-García, D.** 2016. Traditional agroecosystems and global change implications in Mexico. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(4): 548-565. <https://www.agrojournal.org/>
- García Reyes, A.** 1991. *Manejo integrado del cultivo de piña en Santander* (Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Ghane, E. Feyereisen, G., Rosen, C. y Tschirner, U.** 2018. Agricultural drainage. Transactions of the ASABE. 61(3): 995-1000. <https://doi.org/10.13031/trans.12642>
- Girkin, N.T., Dhandapani, S., Evers, S., Ostle, N., Turner, B.L. y Sjögersten, S.** 2020. Interactions between labile carbon, temperature and land use regulate carbon dioxide and methane production in tropical peat. *Biogeochemistry*, 147(1): 87-97. <https://doi.org/10.1007/s10533-019-00632-y>
- Glenn, G.M., Orts, W., Imam, S., Chiou, B.-S. y Wood, D.F.** 2014. Capítulo 15 - Starch plastic packaging and agriculture applications. In: P.J. Halley & L. Avérous, eds. *Starch Polymers*, pp. 421-452. Amsterdam.
- Goettsch, B., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Acevedo Gasman, F., Aguilar-Meléndez, A., Alavez, V., Alejandre-Iturbide, G. et al.** 2021. Extinction risk of mesoamerican crop wild relatives. *Plants, People, Planet*, 3(6): 775-795. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10225>

- Gobierno de Australia.** 2008. *The biology of ananas comosus var. Comosus (pineapple)*.
<https://www.ogtr.gov.au/resources/publications/biology-ananas-comosus-var-comosus-pineapple>
- Graefe, S., Tapasco, J. y Gonzalez, A.** 2013. Resource use and GHG emissions of eight tropical fruit species cultivated in Colombia. *Fruits (Paris)*, 68(4): 303-314. 10.1051/fruits/2013075.
<https://www.cambridge.org/core/journals/fruits/article/resource-use-and-ghg-emissions-of-eight-tropical-fruit-species-cultivated-in-colombia/0BCDC1AB503CA1165EB955CCFF795891>
- Gutiérrez, D. Y. M., Guerra, M. V. T. y Pinzón, M. E. T.** 2015. Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la piña Golden y Mayanés utilizada para la indumentaria en Bogotá. *Teoría y praxis investigativa*, 8(2), 32-43.
- Haque, S., Akbar, D. y Kinnear, S.** 2020. The variable impacts of extreme weather events on fruit production in subtropical Australia. *Scientia Horticulturae*, 262: 109050. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109050>
- He, D.A., He, M.H., Amalin, D.M., Liu, W., Alvindia, D.G. y Zhan, J.A.** 2021. *Biological control of plant diseases: an evolutionary and eco-economic consideration*. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101311>
- Hernández-Chaverri, R. y Prado Barragán, L.** 2018. Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (*Ananas comosus*) en Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10: 455 - 468. [Impact and opportunities for biorefinery of agricultural waste from pineapple (*Ananas comosus*) cultivation in Costa Rica].
- Hunter.** 2023. *Drip irrigation design and installation guide*. Cited 18 February 2023.
chwd.org/wp-content/uploads/Hunter-Drip-Irrigation-Design-Guide.pdf
- Husin, N. y Sapak, Z.** 2022. *Bacillus cereus* for controlling bacterial heart rot in pineapple var. MD2. *Tropical Life Sciences Research*, 33(1): 77.
- InfoAgro.** 2022. *Beneficios de la rotación de cultivos*. In: Infoagro, Mexico. [Cited 3 March 2023].
<https://mexico.infoagro.com/beneficios-de-la-rotacion-de-cultivos/> [Benefits from crop rotation].
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático).** 2021. *Cambio climático 2021: La base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- IPCC.** 2022. *Climate change 2022. Impacts, adaptation and vulnerability*. In: IPCC.
www.ipcc.ch/report/ar6/wg2
- IPCC.** 2023. Resumen para responsables de políticas. En: *Cambio climático 2023: Informe de síntesis del Sexto Informe de Evaluación. Contribución de los grupos de trabajo I, II and III al Sexto Informe de Evaluación del IPCC* [eEquipo de redacción, H. Lee and J. Romero (eds.)]. Ginebra, Suiza, 36 p.

- Irmer, S., Podzun, N., Langel, D., Heidemann, F., Kaltenegger, E., Schemmerling, B., Geilfus, C.-M., Zörb, C. y Ober, D.** 2015. New aspect of plant–rhizobia interaction: alkaloid biosynthesis in *Crotalaria* depends on nodulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(13): 4164-4169.
- Irías-Mata, A.P. y Lutz, G.** 2014. Pineapple-stover derived furan compounds as gasoline oxygenate additive. *UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación UNED*, 5(2): 279-282.
- Johansson, E.L., Brogaard, S. y Brodin, L.** 2022. Envisioning sustainable carbon sequestration in Swedish farmland. *Environmental Science & Policy*, 135: 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.04.005>.
- Joy, P., Anjana, R. y Soumya, K.** 2013. *Pests of pineapple and their management*. Estación de Investigación de Piña. Universidad Agrícola de Kerala. India.
- Joy, P. y Sindhu, G.** 2012. *Diseases of pineapple (Ananas comosus): Pathogen, symptoms, infection, spread and management*. [Consultado el 15 de junio de 2023]. www.researchgate.net/publication/306017784_DISEASES_OF_PINEAPPLE_Ananas_comosus_Pathogen_symptoms_infection_spread_management
- Katzir, R.** 2014. Advance farming in the desert - the Israeli experience. In A. El-Beltagy, W. Tao & M.C. Saxena, eds. pp. 535-541. Cairo, Egypt, International Dryland Development Commission (IDDC).
- Lagumbay, V.F.K., Cabillar, D.M.A., Jumoc, R.M.A., Quiling, R.M.W. y Canencia, O.P.** 2017. Food security and sustainability in the changing climate: the case of developing country. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 5(11): 1577-1586. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.11227>
- Lahlali, R., Ezrari, S., Radouane, N., Kenfaoui, J., Esmaeel, Q., El Hamss, H., Belabess, Z. y Barka, E.A.** 2022. Biological control of plant pathogens: A global perspective. *Microorganisms*, 10(3): 596.
- Lal, N. y Sahu, N.** 2017. Management strategies of sun burn in fruit crops-A Review. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.131>
- Lang, T.D., S. y Lentini, R.** 2023. *Water management for florida sugarcane Production 1*. University of Florida. IFAS Extension.
- Liu, P.** 2017. Socio-economic impacts of climate change on the tropical fruit industry. How can the industry address them? Conference presentation at Symposium on Tropical Fruits, 23-25 October 2017. Fiji, International Tropical Fruit Network. <http://itfnet.org/Download/ISTF2017/KEYNOTE.pdf>
- Lobell, D.B., Field, C.B., Cahill, K.N. y Bonfils, C.** 2006. Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2): 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.10.006>

López, R., González-Fernández, J., Galea, Z., Álvarez, J.M. y Iñaki, J. 2015. Evaluation of composition and performance of composts derived from guacamole production residues. *Journal of Environmental Management*, 147: 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.016>

López Silva, A.A. y Vega Norori, I. 2004. *Cultivos de cobertura para sistemas de cultivos perennes. Guía Técnica*. Nicaragua, Universidad Nacional Agraria.

Lugo, A. 2018. Prácticas agroforestales en san Vicente del Caguán, una forma de conservar el medio ambiente. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Luta, W., Ahmed, O.H., Latifah, O., Heng, K., Choo, L., Jalloh, M.B., Adiza Alhassan, M. y Arifin, A. 2021. Water Cuadro fluctuation and methane emission in pineapples (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cultivated on a tropical peatland. *Agronomy*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy11081448>

Maes, M.J.A. 2022. *Monitoring exposure to climate-related hazards: Indicator methodology and key results*. OECD Environment Working Papers (OECD): no. 201. OECD. Paris.

Manik, T.K., Sanjaya, P., Pandu Pradana, O.C. y Arflan, D. 2019. Investigating local climatic factors that affected pineapple production in Lampung Indonesia. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(5): 1348-1355. <https://doi.org/10.22161/ijeab.45.8>

Martínez, C., Carlos Menjívar, J. y Saavedra, R. 2022. Soils erosion in pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) producing areas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 39(1): 142-154.

Mendes, L.R.D. 2021. Nitrogen removal from agricultural subsurface drainage by surface-flow wetlands: variability. *Processes*, 9(1): 156.

Méndez-González, G. 2010. Evaluación preliminar de la floración natural del cultivo de piña (*Ananas comosus*) híbrido MD-2, de acuerdo a cuatro zonas altitudinales en la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Michel, K., Weninger, T., Scheper, S., Lackóová, L., Kitzler, K., Gartner, K., King, N.W., Cornelis, W. y Strauss, P. 2021. Ecosystem services of tree windbreaks in rural landscapes - a systematic review. *Environmental Research Letters*, 16(10). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac1d0d/meta>

Mitra, S.K. 2016. Climate change: impact, and mitigation strategies for tropical and subtropical fruits. *VI International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits 1216*. p. 1-12. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1216.1>.

Mohamadu, B.J., Wan, S., Jamal, T., Mohd, F.R., Rajan, A., Sung, T. y Osumanu, H.A. 2009. A simulation model estimates of the intercropping advantage of an immature-rubber, banana and pineapple system. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(3): 249-254.

Morales, F., Viñales, E.E.F. y Calzadilla, E. 1992. La asociación pino-piña, nueva alternativa en los sistemas agroforestales. *Revista Forestal Baracoa*.

- Morales Granados, J. y López González, J.** 2001. Manejo integrado de la mosca de la piña en Santander (*Melanoloma viatrix* Hendel). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).
- Nath, V., Kumar, G., Pandey, S.D. y Pandey, S.** 2019. *Impact of Climate Change on Tropical Fruit Production Systems and its Mitigation Strategies*. Climate Change and Agriculture in India: Impact and Adaptation pp 129–146. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90086-5_11
- Obando, J.Z.** 2011. *Diseño de obras de conservación de suelos para el manejo de aguas superficiales y control de cárcavas en el cultivo de piña*. Argentina. Instituto de Investigación de Costa Rica.
- Oberschelp, J., Harrand, L., Mastrandrea, C., Salto, C. y Florez, M.** 2020. *Cortinas forestales: rompevientos y amortiguadoras de deriva de agroquímicos*. EEA Concordia. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ediciones INTA. Buenos Aires.
- Oloo, J., Makenzi, P., Mwangi, J. y Abdulrazack, A.** 2013. Dominant tree species for increasing ground cover and their distribution in Siaya County, Kenya. *IJJAIR*, 2(3): 373-377.
- Omar, A.E.-D.** 2014. Bagging of bunches with different materials influences yield and quality of Rothana date palm fruit. *Journal of Food Agriculture and Environment*, Volume 2: 520-522.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial).** 2022. *Global status of multi-hazard early warning systems: Target G*. Ginebra, Suiza, Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11333
- ONU Medio Ambiente.** 2015. Microfinance for ecosystem-based adaptation measures – Options, costs and benefits. Panamá.
- Organización de las Naciones Unidas.** 2023. Base de datos ONU Comtrade. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. [Consultado del 6 de marzo de 2023]. <https://comtradeplus.un.org>
- Palencia Ortega, A.E.** 2016. *Respuestas del cultivo de piña (Ananas comosus Mer) a la aplicación de tecnologías asociadas al uso eficiente del agua en el municipio del Carmen de Bolívar*. Colombia. Universidad La Salle.
- Parker, L., Pathak, T. y Ostoja, S.** 2021. Climate change reduces frost exposure for high-value California orchard crops. *Science of the Total Environment*, 762. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143971>
- Peña, N.G.C.** 2018. *Efectos de un bloqueador solar a base de aceite vegetal sobre variables morfofisiológicas del cultivo de la piña*. Universidad de Costa Rica.
- Pérez Galarce, F.** 2016. Sistemas de alerta temprana para el control de alternaria en tomate. *Villa Alegre*, 338.

Phrommarat, B. y Oonkasem, P. 2021. Sustainable pineapple farm planning based on eco-efficiency and income risk: a comparison of conventional and integrated farming systems. *Applied Ecology & Environmental Research*, 19(4): 2701-2717. https://doi.org/10.15666/aeer/1904_27012717

Polón, R., Ruiz, M., Dell'Amico, J., Morales, D., Jerez, E., Ramírez, M. y Maqueira, L. 2011. *Principales beneficios que se alcanzan con la práctica adecuada del drenaje agrícola*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Puno, G.R., Puno, R.C. y Maghuyop, I.V. 2021. Two-dimensional flood model for risk exposure analysis of land use/land cover in a watershed. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(2): 225-238. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.02.06>

Quesada-Jiménez, J. 2013. Desarrollo de procedimientos estandarizados de operación (PEO) para el manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de piña *Ananas comosus* (L.) Merr. en la Región Huertar Norte de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ramadhani, W., Rahmat, A., Widyastuti, R., Iresha, F. y Cahyono, P. 2021. Improvement of Ultisol soil fertility under pineapple plantation using banana cavendish rotation in Central Lampung, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, p. 012008. IOP Publishing.

Ramírez-Espinoza, F. 2007. Efectividad de siete métodos de protección de la fruta de piña contra los rayos solares (*Ananas comosus*) (L.) Merr. híbrido MD2.

Ranjan, P., Patle, G.T., Prem, M. y Solanke, K.R. 2017b. Organic Mulching- A Water Saving Technique to Increase the Production of Fruits and VegeCuadros. *Current Agriculture Research Journal*, 5(3). <https://doi.org/10.12944/CARJ.5.3.17>.

Red Internacional de Bosques Modelo. 2019. *Caja de herramientas para los Bosques Modelo - Manual de instrucciones*. Ottawa, Canadá. <https://ribm.net/resources/herramientas-y-guias>

Remy, S., Carvalho, L.J., Jakopic, J., et al. 2019. *Protecting fruit production from frost damage minipaper 01: Frost protection by above crown sprinkling*. EIP-AGRI Focus Group. https://eu-cap-network.ec.europa.eu/sites/default/files/publication/2023-05/eip-agri_fg_renewable_energy_on_the_farm_final_report_2019_en.pdf

Robin, G., Pilgrim, R., Jones, S. y Etienne, D. 2011. *Caribbean Pineapple Production and Post Harvest Manual*. Caribbean Agricultural Research and Development Institute, 1-60.

Rohrbach, K.G. y Johnson, M.W. 2003. Pests, diseases and weeds. In: *The pineapple: botany, production and uses*, pp. 203-251. CABI publishing Wallingford UK.

Rosales Adame, J.J., Cuevas Guzmán, R., Gliessman, S.R. y Benz, B.F. 2014. Estructura y diversidad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(1): 1-18.

- Rubina Sherpa, R.D., Sadashiv Narayan Bolbhat, Tukaram Dayaram Nikam y Suprasanna Penna** 2022. Gamma radiation induced in-vitro mutagenesis and isolation of mutants for early flowering and phytomorphological variations in dendrobium 'Emma White'. <https://doi.org/10.3390/plants11223168>
- Sarminah, S., Karyati, Hartono T. y Afandi, F.** 2021. Implementation of land rehabilitation to reduce soil erosion and surface runoff by sengon (*Falcataria moluccana*) and jabon (*Antocephalus cadamba*) plantation. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220102.037>
- Sarminah, S., Sinaga, D.S.P., Crisdayanti, R. y Syafrudin, M.** 2021. Effect of organic mulch on runoff and erosion rates in abandoned land. proceedings of the joint symposium on tropical studies (JSTS-19), pp. 308-314. Atlantis Press.
- Sauca, E. y Urabayen, D.** 2005. Rotaciones y asociaciones de cultivos. *Monográficos Ekonekazaritza*, (7).
- Saucedo Martínez, N. y Chávez Larios, J. A.** 2020. Sistema contra heladas, un recurso para aumentar la productividad en cultivos con entornos cerrados en el Occidente de México. [Frost protection system, a resource to increase productivity in crops with closed environments in Western Mexico].
- Scheelbeek, P.F.D., Moss, C., Kastner, T. et al.** 2020. United Kingdom's fruit and vegetable supply is increasingly dependent on imports from climate-vulnerable producing countries. *Nat Food* 1, 705–712 p. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00179-4>
- Scherr, S.J. y Sthapit S.** 2009. *Mitigating climate change through food and land use*. Informe Worldwatch No. 179. Worldwatch Institute y EcoAgriculture Partners. Washington DC, Estados Unidos de América.
- Schick, A., Wieners, E., Schwab, N. y Schickhoff, U.** 2018. Sustainable disaster risk reduction in mountain agriculture: Agroforestry experiences in Kaule, mid-hills of Nepal. *Climate Change, Extreme Events and Disaster Risk Reduction: Towards Sustainable Development Goals*: 249-264.
- Seed Change.** 2018. *Agroforestry: diversifying farms for increased resilience in Central America*. Seed Change, Canada. https://weseedchange.org/wp-content/uploads/2019/09/SeedChange_program-highlight_agroforestry-Central-America.pdf
- Seguí Gil, L. y Fito Maupoey, P.** 2018. An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues. *Journal of Cleaner Production*, 172: 1224-1231. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.284>.
- Seydou, T.H., Agali, A., Aissatou, S., Seydou, T.B., Issaka, L. y Ibrahim, B.M.** 2023. Evaluation of the impact of seasonal agroclimatic information used for early warning and farmer communities' vulnerability reduction in Southwestern Niger. *Climate*, 11(31). <https://doi.org/10.3390/cli11020031>.

- Sibaly, S. y Jeetah, P.** 2017. Production of paper from pineapple leaves. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(6): 5978-5986. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.026>
- Siebeneichler, S., Santos, E., Veloso, R., Pereira, M., Brito, R., Souza, C., Oliveira, F., Barilli, J. y Ribeiro, M.** 2019. Intercropping pineapple with rice or cowpea: An alternative for family farming in the State of Tocantins, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 11(4).
- Sikirica, N.** 2011. Water footprint assessment bananas and pineapples. *Dole Food Company, Soil & More International*. Tinbergen. Kingdom of the Netherlands.
- Singh, R.** 2023. Wind Erosion. In: R. Singh, ed. *Soil and Water Conservation Structures Design*, pp. 297-322. Singapore, Springer Nature Singapore.
- Sloand, E., Killion, C., Gary, F., Dennis, B., Glass, N., Hassan, M., Campbell, D. y Callwood, G.** 2015. Barriers and facilitators to engaging communities in gender-based violence prevention following a natural disaster. *J Health Care Poor Underserved*, 26(4). <https://doi.org/10.1353/hpu.2015.0133>.
- Soler, A., Marie-Alphonsine, P., Quénéhervé, Q., Prin, Y., Sanguin, H., Tisseyre, P., Daumur, R. et al.** 2021b. Field management of *Rotylenchulus reniformis* on pineapple combining crop rotation, chemical-mediated induced resistance and endophytic bacterial inoculation. *Crop Protection*, 141: 105446. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105446>.
- Soler A., N.T., Masson J., Hoarau I., Tisserand G., Thuriès L., Rostislavleva, K., Zhang, L. et al.,** 2020. Livret technique ANANABIO: Innovations techniques pour la culture de l'ananas en agriculture biologique à la Réunion. [Cited 15 June 2023]. https://www.researchgate.net/publication/349502240_Livret_technique_ANANABIO_Innovations_techniques_pour_la_culture_de_l'ananas_en_agriculture_biologique_a_la_Reunion
- Sthapit, B.R.; Ramanatha Rao, V. y Sthapit, S.R.** 2012. *Tropical fruit tree species and climate change*. Bioversity International. Nueva Delhi, India. 142 p. ISBN: 978-92-9043909-7. <https://cgspace.cgiar.org/items/d7230c3b-5777-4734-a4f3-d35f2a37a7b7>
- Tamayo-Ramos, D.I., Salazar-González, J.A., Casson, S.A. y Urrea-López, R.** 2022. Old and new horizons on *Persea americana* transformation techniques and applications. *Plant Cell, Tissue & Organ Culture*, 150(2): 253-266. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02268-7>.
- Teem, J.L., Alphey, L., Descamps, S., Edgington, M.P., Edwards, O., Gemmell, N., Harvey-Samuel, T. et al.** 2020. Genetic biocontrol for invasive species. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00452>
- Unidad de Ingeniería Pecuaria y Unidad de Prácticas Ambientales.** 2005. Manure composting manual. Alberta – Agriculture, food and rural development. Canada. [www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex8875/\\$file/400_27-1.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex8875/$file/400_27-1.pdf?OpenElement)
- Uno, Y., Okubo, H., Itoh, H. y Koyama, R.** 2016. Reduction of leaf lettuce tip burn using an indicator cultivar. *Scientia Horticulturae*, 210: 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.001>

- Usubharatana, P. y Phunggrassami, H.** 2017. Evaluation of opportunities to reduce the carbon footprint of fresh and canned pineapple processing in central Thailand. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(4): 1725-1735. <https://doi.org/10.15244/pjoes/69442>
- Valleser, V.C.** 2023. Applications and effects of phytohormones on the flower and fruit development of pineapple (*Ananas comosus* L.). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(1): 77-86.
- Verma, V.M.** 2018. Pineapple cultivation guide, Micronesia plant propagation Research Centre Kosrae agricultural experiment station cooperative research and extension college of micronesia-fsm. www.discover-suriname.com/downloads/pineapple-cultivation-guide.pdf
- Vásquez, R., Ballesteros, H., Castañeda, S., Riveros, L., Ortega, C. y Calvo, N.** 2011. Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*: Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Bogotá: Corpoica.
- Verma, V.M.** 2018. Pineapple cultivation guide, Micronesia plant propagation Research Centre Kosrae agricultural experiment station cooperative research and extension college of micronesia-fsm. www.discover-suriname.com/downloads/pineapple-cultivation-guide.pdf
- Wang, K., Sipes, B. y Schmitt, D.** 2003. Intercropping cover crops with pineapple for the management of *Rotylenchulus reniformis*. *The Journal of Nematology*, 35(1): 39-47.
- Williams, P.A., Crespo, O., Atkinson, C.J. y Essegbey, G.O.** 2017. Impact of climate variability on pineapple production in Ghana. *Agriculture & Food Security*, 6(1): 26. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0104-x>
- Williams, P.A., Larbi, R.T., Yeboah, I. y Frempong, G.K.** 2018. Smallholder farmers' experiences of climate variability and change on pineapple production in Ghana: examining adaptation strategies for improved production. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 10(2): 35-43. <https://doi.org/10.5897/jaerd2017.0919>
- Zhang, D. y Guo, P.** 2016. Integrated agriculture water management optimization model for water saving potential analysis. *Agricultural Water Management*, 170: 5-19. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.11.004>
- Zhang, Y., Wenxiu, Y., Zhao, W. y Yang, X.** 2022. Expandable polyethylene bag can improve fruit quality of pineapple cv. 'MD-2'. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210665>

Table 9.

- Carillo, E.V.** 2011 Guide for integrated pest identification and management in pineapple. 6.8 p.;
- Cubero Fernández, D. y Sandí Meza, V.** 2014. *Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de la piña*. (No. 634.774 C962t). Ministerio de Agricultura de Costa Rica.
- Culik, M. P. y Ventura, J. A.** 2009. New species of *Rhinoleucophenga*, a potential predator of pineapple mealybugs. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 44, 417-420.
- Espinosa, M.R., Carvajal, L.M., Reza García, S.d.I.C., Melo Zipacon, W.F., Bolaños Benavides, M.M., Martínez Reina, A.M., Rodríguez Borray, G., Ospina Parra, C.E. y Abril Castro, J.L.** 2016. Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de piña (*Ananas comosus*): municipio de el Peñón departamento de Bolívar. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27610.44480>
- Husin, N. y Sapak, Z.** 2022. *Bacillus cereus* for controlling bacterial heart rot in pineapple var. MD2. *Tropical Life Sciences Research*, 33(1): 77.
- Joy, P. y Sindhu, G.** 2012. *Diseases of pineapple (Ananas comosus): Pathogen, symptoms, infection, spread and management*. [Cited 15 June 2023]. https://kau.in/sites/default/files/documents/diseases_of_pineapple.pdf
- Joy, P., Anjana, R. y Soumya, K.** 2013. Pests of pineapple and their management. *Pineapple Research Station*. Kerala Agricultural University. India.
- Quesada-Jiménez, J.** 2013. Desarrollo de procedimientos estandarizados de operación (PEO) para el manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de piña *Ananas comosus* (L.) Merr. en la Región Huertar Norte de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Rohrbach, K.G. y Johnson, M.W.** 2003. Pests, diseases and weeds. In: *The pineapple: botany, production and uses*, pp. 203-251. CABI publishing Wallingford UK.
- Soler, A., Marie-Alphonsine, P., Quénéhervé, Q., Prin, Y., Sanguin, H., Tisseyre, P., Daumur, R. et al.** 2021b. Field management of *Rotylenchulus reniformis* on pineapple combining crop rotation, chemical-mediated induced resistance and endophytic bacterial inoculation. *Crop Protection*, 141: 105446. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105446>.
- Vásquez Ayala, O.** 2000. *Manejo de cochinilla (Dysmicoccus brevipes) en el cultivo de piña orgánica en la zona del Lago de Yojoa, Honduras* (Management of cochineal (*Dysmicoccus brevipes*) in organic pineapple cultivation in the Lake Yojoa area, Honduras). Doctoral dissertation. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras

Table 10.

- Arce, A., Hernández, C. y Amador, R.** 2014. Determinación de la cantidad y composición de biogás a partir del rastrojo de piña (*Ananas comosus*) por medio de un sistema continuo de laboratorio. San José: ICE.
- Chintagunta, A.D., Ray, S. y Banerjee, R.** 2017. An integrated bioprocess for bioethanol and biomanure production from pineapple leaf waste. *Journal of Cleaner Production*, 165: 1508-1516. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.179>
- Gutiérrez, D. Y. M., Guerra, M. V. T. y Pinzón, M. E. T.** 2015. *Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la piña Golden y Mayanés utilizada para la indumentaria en Bogotá* (Physical, chemical and mechanical properties of the Golden and Mayanés pineapple used for clothing in Bogotá). *Teoría y praxis investigativa*, 8(2), 32-43.
- Irías-Mata, A.P. y Lutz, G.** 2014. Pineapple-stover derived furan compounds as gasoline oxygenate additive. *Cuadernos de Investigación UNED*, 5(2): 279-282.
- Kumar, P., Tanwar, R., Gupta, V., Upadhyay, A., Kumar, A., y Gaikwad, K. K.** 2021. Pineapple peel extract incorporated poly (vinyl alcohol)-corn starch film for active food packaging: Preparation, characterization and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 223-231.
- Seguí Gil, L. y Fito Maupoey, P.** 2018. An integrated approach for pineapple waste valorisation. Bioethanol production and bromelain extraction from pineapple residues. *Journal of Cleaner Production*, 172: 1224-1231. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.284>
- Sibaly, S. y Jeetah, P.** 2017. Production of paper from pineapple leaves. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(6): 5978-5986. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.026>

CONTÁCTENOS

Proyecto Frutas Responsables

Responsible-Fruits@fao.org

<https://bit.ly/responsible-fruits>

División de Mercados y Comercio - línea de trabajo sobre
Desarrollo económico y social

www.fao.org/markets-and-trade

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Roma, Italia

Con el apoyo de:



Ministerio Federal
de Alimentación
y Agricultura