

ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO en sistemas de producción agrícola

Un enfoque desde la agricultura protegida y técnicas de biotecnología para el manejo del cultivo



ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO **en sistemas de producción agrícola**

Un enfoque desde la agricultura protegida y técnicas
de biotecnología para el manejo del cultivo

Edwin Andrés Villagrán Munar
Stephanie Johana Numa-Vergel
Editores

Estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático en sistemas de producción agrícola: un enfoque desde la agricultura protegida y técnicas de biotecnología para el manejo del cultivo. / Edwin Andrés Villagrán Munar [y otros veintisiete] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2023.

259 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN e-Book: 978-958-740-641-2

1. Sistemas de producción 2. Biotecnología vegetal 3. Adaptación al cambio climático 4. Cultivos de invernadero 5. Experimentación in vitro 6. Déficit hídrico 7. Mitigación del cambio climático.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación - Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es el resultado del proyecto "Fortalecimiento de las capacidades de I+D+i del centro de investigación Tibaitatá para la generación, apropiación y divulgación de nuevo conocimiento como estrategia de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola ubicados en las zonas agroclimáticas del trópico alto colombiano", desarrollado mediante el convenio 1994 entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias).

Autores

Edwin Andrés Villagrán Munar
Linda Gómez Arias
Douglas Andrés Gómez Latorre
Yeni Rodríguez Giraldo
Iván Edilberto Chacón Garzón
Stephanie Johana Numa Vergel
Fabián Andrés Velásquez Ayala
John Javier Espitia González
Diego Alejandro Salinas Velandia
Julio Ricardo Galindo Pacheco
Adriana Marcela Santos Díaz
Sandra Valbuena Aguilar
Tatiana Miranda Salas
Gabriela Toro Tobón
Carolina Pachón Venegas
Daniel Torres Cuesta
Germán Estrada Bonilla
Fagua Álvarez Flórez
Valerin Alison Aguirre Franco
Juan Sebastián Garcerá Riaño

Jonathan Alberto Mendoza Labrador
Paola Jimena Criollo Campos
Sergio Pardo Díaz
Daniel Fernando Rojas Tapias
Andrés Eduardo Moreno Galván
Mauricio Camelo Rusinque
Lady Rocío Molano Chávez
Ruth Rebeca Bonilla Buitrago

Equipo técnico Minciencias

Yesenia Olaya Requerme
Ministra de Ciencia, Tecnología e Innovación
Viceministerio de Conocimiento, Innovación y Productividad
Viceministerio de Talento y Apropiación Social del Conocimiento
Dirección de Gestión de Recursos para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTel).
Diana Paola Saavedra
Supervisora del convenio
Luisa Fernanda Flores Vargas
Apoyo a la supervisión del convenio

Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Libro de análisis, prácticas, experiencias y reflexiones

Fecha de entrega: 3 de junio de 2022

Fecha de evaluación:

25 de agosto de 2022

Fecha de aceptación:

15 de septiembre de 2022

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Dirección editorial:

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Corrección de estilo:

Sebastián Montero Vallejo

Diseño y diagramación:

Mónica Cabiativa Daza

Fotografía: Edwin Villagrán, Julio Galindo, Sthephanie Numa, Cristian Rodríguez, Sandra Valbuena, Mónica Páramo

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406412>

Primera edición: agosto de 2023

Publicado en Mosquera, Cundinamarca

Citación sugerida: Villagrán Munar, E. A., Gómez Arias, L., Gómez Latorre, D. A., Rodríguez Giraldo, Y., Chacón Garzón, I. E., Numa Vergel, S. J., Velásquez Ayala, F. A., Espitia González, J. J., Salinas Velandia, D. A., Galindo Pacheco, J. R., Santos-Díaz, A. M., Valbuena Aguilar, S., Miranda Salas, T., Toro-Tobón, G., Pachón-Venegas, C., Torres-Cuesta, D., Estrada-Bonilla, G., Álvarez-Flórez, F., Aguirre-Franco, V. A., ... Bonilla-Buitrago, R. R. (2023). *Estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático en sistemas de producción agrícola: un enfoque desde la agricultura protegida y técnicas de biotecnología para el manejo del cultivo*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno con relación a los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente:
018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co



Contenido

Agradecimientos	9
Introducción	10

Capítulo I. Generalidades de la relación entre agricultura y cambio climático 15

Edwin Andrés Villagrán Munar, Linda Gómez Arias, Douglas Andrés Gómez-Latorre, Yeni Rodríguez Giraldo

Introducción	16
Clima y agricultura	17
Cambio climático	18
Emisiones de gases de efecto invernadero producidas en actividades agrícolas	19
Impacto del cambio climático en la agricultura	20
Mitigación del cambio climático en la agricultura	22
Adaptación al cambio climático en la agricultura	24
Conclusiones	26
Referencias	27

Capítulo II. Generalidades de los invernaderos colombianos usados en el trópico altoandino 30

Edwin Andrés Villagrán Munar

Introducción	31
Características estructurales	31
Tipologías de invernaderos usados en el trópico alto colombiano	32
Control de clima pasivo (ventilación natural)	42

Conclusiones	45
Referencias	45

Capítulo III. Criterios para la selección de la ubicación adecuada para la construcción de una estructura de invernadero

48

Edwin Andrés Villagrán Munar, Iván Edilberto Chacón Garzón, Linda Gómez Arias

Introducción	49
Estrategias de producción en invernaderos	49
Microclima generado	50
Ubicación del invernadero	52
Conclusiones	60
Referencias	60

Capítulo IV. Materiales de cubierta y cerramiento para la construcción de invernaderos: criterios técnicos para su selección

63

Edwin Andrés Villagrán Munar, Stephanie Johana Numa-Vergel, Yeni Rodríguez Giraldo

Introducción	64
Tipologías de materiales para cubierta de invernaderos	65
Materiales de cerramiento	77
Selección de una malla antiinsecto	81
Conclusiones	83
Referencias	83

Capítulo V. Estrategias de climatización activa para uso en invernaderos del trópico altoandino colombiano. . .

64

Edwin Andrés Villagrán Munar, John Javier Espitia González, Iván Edilberto Chacón Garzón, Stephanie Johana Numa-Vergel

Introducción	87
Variables de microclima relacionadas con la producción agrícola bajo invernadero	88

Estrategias de control de clima activo	92
Tendencias en climatización de invernaderos	104
Conclusiones	105
Referencias	105

Capítulo VI. Sistemas de climatización pasiva para invernaderos de cubierta plástica 110

*Fabián Andrés Velásquez Ayala, John Javier Espitia González,
Edwin Andrés Villagrán Munar*

Introducción	111
Tecnologías de climatización pasiva para uso en invernaderos	112
Invernadero cerrado o semicerrado	119
Conclusiones	121
Referencias	121

Capítulo VII. Avances de un modelo de producción hidropónico en agricultura vertical para hortalizas de hoja bajo ambiente protegido en la Sabana del occidente de Bogotá 124

*Diego Alejandro Salinas Velandia, Julio Ricardo Galindo Pacheco,
Edwin Andrés Villagrán Munar*

Introducción	125
Agricultura vertical como sistema de producción de alimentos .	128
Técnicas de cultivo vertical	129
Tipologías de granja vertical	129
Experiencia con un modelo de producción de lechuga en agricultura vertical	132
Balance del sistema	146
Reflexiones y perspectivas	147
Referencias	148



Capítulo VIII. Uso de invernaderos en la ejecución de investigaciones aplicadas a la evaluación de artrópodos plaga en Colombia. 151

Stephanie Johana Numa-Vergel, Adriana Marcela Santos-Díaz

Introducción	151
Requerimientos básicos para el diseño de invernaderos útiles en la ejecución de bioensayos con artrópodos	151
Buenas prácticas en la ejecución de investigaciones bajo invernaderos	158
Diseño de experimentos biológicos en invernadero	159
Experiencias en el mantenimiento de crías de artrópodos bajo invernadero	163
Experiencias en el desarrollo de bioensayos para la evaluación de microorganismos entomopatógenos	164
Conclusiones	170
Referencias	170

Capítulo IX. Proceso de aclimatación y acondicionamiento de material vegetal con potencial productivo en condiciones protegidas semicontroladas . . . 175

Linda Gómez Arias, Sandra Valbuena Aguilar, Tatiana Miranda Salas, Edwin Andrés Villagrán Munar

Introducción	176
Aclimatación de plantas producidas mediante la técnica <i>in vitro</i>	176
Condiciones de adaptación <i>ex vitro</i>	177
Adaptación de plantas <i>in vitro</i> a condiciones de invernadero . . .	179
Criterios de calidad de los inventarios entregados al cliente final . .	182
Conclusiones	186
Referencias	186

Capítulo X. Respuestas fisiológicas, bioquímicas y moleculares al estrés por déficit hídrico en especies forrajeras 188

Gabriela Toro-Tobón, Carolina Pachón-Venegas, Daniel Torres-Cuesta, Germán Estrada-Bonilla, Fagua Álvarez-Flórez

Introducción	189
Respuestas al estrés por déficit hídrico	190
Respuestas bioquímicas	196
Respuestas moleculares.	198
Estrategias para la mitigación del estrés por déficit hídrico en forrajes	200
Referencias	203

Capítulo XI. Bacterias endófitas de plantas: establecimiento de la interacción 212

Valerin A. Aguirre-Franco, Juan S. Garcerá-Riaño, Jonathan A. Mendoza-Labrador, Paola J. Criollo-Campos, Sergio Pardo-Díaz, Daniel F. Rojas-Tapias

Introducción	213
Motilidad bacteriana: desplazamiento espacial hacia la raíz	214
Quimiotaxis: respuesta a gradientes químicos.	218
Adherencia: formación de un contacto estrecho entre la bacteria y la planta	220
Invasión de la endosfera: colonización del tejido vegetal	223
Evasión de la respuesta inmune: consolidación de la interacción	224
Referencias	227

Capítulo XII. Bacterias endófitas de plantas: mecanismos de mitigación del déficit hídrico en planta . . . 232

Andrés E. Moreno-Galván, Daniel F. Rojas-Tapias, Mauricio Camelo-Rusínque, Lady R. Molano-Chávez, Ruth R. Bonilla-Buitrago, Germán A. Estrada-Bonilla

Introducción	235
Producción de exopolisacáridos (EPS).	235

Modulación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal.....	236
Modulación bacteriana de la actividad enzimática antioxidante ..	240
Biosíntesis de solutos compatibles: prolina, trehalosa y glicina betaína.....	241
Referencias	242
 Los autores	 249



Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), por la financiación del proyecto desarrollado mediante el convenio 1994, denominado “Fortalecimiento de las capacidades de I+D+i del Centro de Investigación Tibaitatá para la generación, apropiación y divulgación de nuevo conocimiento como estrategia de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola ubicados en las zonas agroclimáticas del trópico alto colombiano”. A todo el equipo técnico del proyecto, y a la jefe del Departamento de Laboratorios de Investigación y Servicios, María Angélica Pichimata. A los directores de Investigación y Desarrollo, Rodrigo Alfredo Martínez; de Planeación, Tatiana Rivero Espitia, y del Centro de Investigación Tibaitatá, Juan Diego Palacio.



Introducción

En un sistema económico mundial dinámico, caracterizado por la aparición de nuevos productos y servicios, el comercio mundial de alimentos representa uno de los desafíos más relevantes de la sociedad actual y de la futura. En este contexto, los países en desarrollo deben enfocarse en aumentar sus capacidades técnicas y su nivel tecnológico como estrategia para producir alimentos de calidad. También es importante mencionar que la agricultura moderna tiene el desafío de desarrollarse mediante prácticas sostenibles que permitan conservar los recursos naturales y limitar los efectos adversos generados por los fenómenos de variabilidad y cambio climático.

En este aspecto, se debe mencionar que en el territorio nacional los fenómenos de El Niño y La Niña han afectado la agricultura colombiana y que se proyectan para los próximos años condiciones de alta variabilidad climática, con predominancia de altas temperaturas y eventos de precipitación errática. Lo anterior puede generar que algunas regiones productivas presenten condiciones de sequía, inundación, salinización y pérdida de fertilidad de los suelos. Asimismo, habría una mayor prevalencia de plagas y enfermedades, lo que generaría grandes pérdidas económicas por el aumento de los costos de producción en las principales áreas de cultivo. También es posible que se generen restricciones de productividad que, sin duda, pondrían en riesgo la seguridad alimentaria de algunas regiones. Por lo tanto, con el desarrollo del presente libro, este grupo de investigadores de AGROSAVIA tiene como particular objetivo brindar información relevante sobre prácticas de mitigación y adaptación al cambio climático, como lo son la agricultura protegida y las estrategias sostenibles para el manejo del recurso hídrico en plantas cultivadas bajo condiciones de estrés abiótico.

En el primer capítulo, titulado “Generalidades de la relación existente entre agricultura y cambio climático”, Edwin Villagrán, Linda Gómez, Douglas Gómez y Yeni Rodríguez cuentan brevemente las relaciones históricas que hay entre la agricultura, el clima y la variabilidad climática natural, y cómo estas

han impulsado en cierta medida la evolución técnica de la agricultura. También se mencionan y se dan algunos valores de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas directamente de las actividades agrícolas y pecuarias, y se relacionan estas emisiones con el aumento del efecto invernadero y, por ende, del calentamiento global generalizado. Adicionalmente, se describen algunas alteraciones que sobre el desarrollo de los cultivos pueden ocasionar el aumento de temperatura, el cambio en los patrones de precipitación y el aumento de la concentración de CO_2 . Para finalizar, se indican y recomiendan algunas estrategias de mitigación y adaptación de la agricultura al cambio climático. Dentro de estas se encuentra la potencialidad de la agricultura protegida y de las actividades enfocadas en el mejoramiento del manejo del recurso agua y suelo bajo condiciones de estrés.

En el capítulo II, “Generalidades de los invernaderos colombianos usados en el trópico altoandino”, Edwin Villagrán hace una descripción generalizada de las principales tipologías de invernaderos usadas en la región del trópico alto, asociada a la Sabana de Bogotá. Se menciona el origen de estos invernaderos de tipo pasivo, y se realiza una descripción de las características principales, ventajas y desventajas de siete de los modelos de invernaderos usados a nivel local. Dentro de la información consignada en este capítulo se pueden encontrar los diseños arquitectónicos de cada uno de los invernaderos descritos, se hace énfasis en la limitada gestión microclimática que poseen estas estructuras y se recomienda establecer estrategias para maximizar las tasas de ventilación —estas estrategias deben partir de la concepción del diseño arquitectónico del invernadero—. Lo anterior es relevante, ya que la optimización del microclima permitirá aumentar la viabilidad y sostenibilidad de los cultivos bajo ambientes protegidos.

En el tercer capítulo, titulado “Criterios para la selección de la ubicación adecuada para la construcción de una estructura de invernadero”, Edwin Villagrán, Iván Chacón y Linda Gómez presentan una serie de recomendaciones técnicas para la selección del sitio adecuado donde se construirá el invernadero. Se describen en este texto factores climáticos, topográficos, de disponibilidad y de calidad de los recursos de agua y suelo. Se hace énfasis en la polución y en la contaminación de las cubiertas, o el sombreado de estas, puesto que la calidad de la luz es un factor clave para la producción de alimentos bajo cubierta. Para facilitar la comprensión, los autores acompañaron con material gráfico cada una de las recomendaciones técnicas.

En el capítulo IV, “Materiales de cubierta y cerramiento para la construcción de invernaderos: criterios técnicos para su selección”, Edwin Villagrán, Stephanie Numa y Yeni Rodríguez hacen una descripción técnica de los materiales

disponibles para cubierta y cerramiento usados en la fabricación de invernaderos. Los autores señalan las ventajas y desventajas de cada uno, e incluyen la información de las características físicas, mecánicas, ópticas y térmicas de materiales rígidos, como el vidrio, y flexibles, como el plástico. En cuanto a los materiales plásticos que son usualmente utilizados en Colombia, se hace una descripción técnica de todas las películas plásticas disponibles comercialmente a nivel local y se dan criterios para su selección en función de las condiciones climáticas y de los cultivos a establecer. Por último, respecto a los materiales de cerramiento, se realiza una descripción detallada de las mallas antiinsecto y de su eficacia para la exclusión física de insectos plaga de interés, por la afectación que generan sobre los principales cultivos hortofrutícolas.

En el quinto capítulo, “Estrategias de climatización activa para uso en invernaderos del trópico altoandino colombiano”, Edwin Villagrán, John Espitia, Iván Chacón y Stephanie Numa realizan una descripción de las principales variables microclimáticas que inciden en el crecimiento y desarrollo de los cultivos en el interior de un invernadero o estructura de agricultura protegida. En este aspecto, se mencionan rangos óptimos de temperatura, humedad, luminosidad y concentración de CO₂ para cultivos hortícolas y ornamentales. En este capítulo, también se incluye información relevante sobre tipología de sistemas de climatización activa para labores de enfriamiento, humidificación y calefacción que pueden ser implementados bajo las condiciones climáticas de la Sabana de Bogotá.

En el capítulo VI, “Sistemas de climatización pasiva para invernaderos de cubierta plástica”, Fabián Velásquez, John Espitia y Edwin Villagrán realizaron un análisis de los sistemas de climatización pasivos disponibles a nivel mundial y que, de acuerdo con su funcionamiento, pueden implementarse en los invernaderos de la Sabana de Bogotá, con la finalidad de optimizar las condiciones microclimáticas tanto en el periodo diurno como en el nocturno. A diferencia de los sistemas de climatización activa, los de climatización pasiva basan su funcionamiento en energías renovables —como la energía solar— y en la captura y almacenamiento de energía térmica. Por lo tanto, los autores aportan información con la que se demuestra que este tipo de sistemas es técnica y ambientalmente una de las mejores alternativas de climatización en invernaderos de cubierta plástica.

El séptimo capítulo, “Avances de un modelo de producción hidropónico en agricultura vertical para hortalizas de hoja bajo ambiente protegido en la Sabana del occidente de Bogotá”, Diego Salinas, Ricardo Galindo y Edwin Villagrán muestran los resultados de investigación obtenidos en un nuevo modelo de producción de hortalizas para la Sabana de Bogotá basado en agricultura vertical bajo ambientes protegidos. En este capítulo, se menciona la relevancia que han cobrado las nuevas prácticas de producción de alimentos en sistemas intensificados que buscan

generar un mayor aprovechamiento del área de suelo disponible y un mejor uso del recurso hídrico a partir de los beneficios microclimáticos que puede ofrecer un invernadero diseñado para las condiciones climáticas locales de la Sabana de Bogotá. Los autores incluyen, asimismo, información sobre el comportamiento fisiológico de la lechuga cressa verde, su relación con la intensidad lumínica, sus tasas de absorción de nutrientes, su gasto de agua y su rendimiento productivo.

En el capítulo VIII, “Uso de invernaderos en la ejecución de investigaciones aplicadas a la evaluación de artrópodos plaga en Colombia”, Stephanie Numa y Adriana Santos incluyen información importante para el desarrollo de bioensayos con artrópodos en invernaderos. Las autoras mencionan las características mínimas de infraestructura que debe tener el invernadero, tanto en su exterior como en su interior. También se incluyen recomendaciones de buenas prácticas experimentales en el interior del invernadero, la importancia de la planificación del diseño experimental y, por último, se mencionan y describen algunas experiencias de AGROSAVIA en la cría de artrópodos y en el desarrollo de bioensayos para la evaluación de microorganismos entomopatógenos en condiciones de invernadero. Esta información es relevante, puesto que una de las estrategias de mitigación del cambio climático es la implementación de técnicas de agricultura climáticamente inteligente, como lo son el control biológico y la generación de biofertilizantes.

En el noveno capítulo, “Proceso de aclimatación y acondicionamiento de material vegetal con potencial productivo en condiciones protegidas semicontroladas”, Linda Gómez, Sandra Valbuena, Tatiana Miranda y Edwin Villagrán ofrecen al lector información acerca del uso de invernaderos con condiciones controladas, en los que es posible adecuar las variables ambientales según la especie vegetal, con el fin de alcanzar una mayor eficiencia del proceso de aclimatación de material de alta calidad que proviene del laboratorio de producción vegetal de AGROSAVIA. En este capítulo, también se mencionan las fases clave del proceso de endurecimiento de material vegetal y su relación con variables físicas, fisiológicas, sanitarias y genéticas.

En el capítulo X, “Respuestas fisiológicas, bioquímicas y moleculares al estrés por déficit hídrico en especies forrajeras”, Gabriela Toro, Carolina Pachón, Daniel Torres, Germán Estrada y Fagua Álvarez llevan a cabo la revisión de un tema que ha cobrado bastante interés en los últimos años debido a las consecuencias del cambio climático. Esta revisión incluye información de marcada relevancia acerca de las respuestas de especies forrajeras sometidas a condiciones de estrés abiótico, en este caso por sequía. Si bien en Colombia, en los últimos años, se han realizado esfuerzos para desarrollar variedades forrajeras

que permitan satisfacer la demanda durante periodos de sequía o escasez de biomasa, en la actualidad se carece de información sobre la respuesta de estos tipos de materiales al estrés por déficit hídrico en condiciones del trópico. Así, la información descrita en este capítulo aporta y describe aspectos de gran importancia para los investigadores en esta área del conocimiento.

En el capítulo XI, “Bacterias endófitas de plantas: establecimiento de la interacción”, Valerin Aguirre, Juan Garcerá, Jonathan Mendoza, Paola Criollo, Sergio Pardo y Daniel Rojas realizaron una revisión en busca de información relacionada con la interacción planta-microorganismo-ambiente. Los datos arrojados respecto a estas interacciones pueden ser aprovechados para el desarrollo de biotecnologías enfocadas en el uso de microorganismos que tienen como objetivo mitigar el impacto negativo de diversos estreses abióticos sobre el crecimiento y desarrollo de distintos cultivos de interés agronómico. En este capítulo, se incluye la información enfocada en los mecanismos que estos microorganismos usan para reducir el estrés de las plantas expuestas a déficit hídrico.

Por último, en el capítulo XII, “Bacterias endófitas de plantas: mecanismos de mitigación del déficit hídrico en planta”, Andrés Moreno, Daniel Rojas, Mauricio Camelo, Lady Molano, Ruth Bonilla y Germán Estrada realizaron, con el mismo objetivo del capítulo XI, una revisión de los mecanismos de mitigación expresados por bacterias endófitas en plantas sometidas a condiciones de estrés hídrico.

Por todo lo anterior, es posible observar que este libro ofrece información clave para agricultores y tomadores de decisión que estén interesados en buscar estrategias y herramientas que les permitan, en el corto o mediano plazo, alcanzar una agricultura sostenible y adaptada a los desafíos que genera el cambio climático.