

Guía para evaluar la sostenibilidad en enfoques agrícolas alternativos:

Experiencias con Somos Agricultura Tropical (SAT) de Asohofrucol

Guía para evaluar la sostenibilidad en enfoques agrícolas alternativos: Experiencias con Somos Agricultura Tropical (SAT) de Asohofrucol

Guía para evaluar la sostenibilidad en enfoques agrícolas alternativos : experiencias con Somos Agricultura Tropical (SAT) de Asohofrucol. / María Victoria Zuluaga Mogollón [y otros veintiuno] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2025.

103 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN: 978-958-740-791-4

ISBN e-Book: 978-958-740-792-1

1. Frutas 2. Hortalizas 3. Agricultura tropical 4. Indicador económico 5. Estudio de casos prácticos

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Centro de Investigación Tibaitatá.

Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá.

Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación La Libertad. Kilómetro 91,

vía Puerto López-Puerto Gaitán, Meta.

Código postal 502007, Colombia.

Centro de Investigación Nataima. Kilómetro 9,

vía Espinal-Ibagué, Tolima. Colombia.

Citación sugerida: Zuluaga-Mogollón, M. V., & Rodríguez-Robayo, K. J. (Eds). (2025). *Guía para evaluar la sostenibilidad en enfoques agrícolas alternativos: Experiencias con Somos Agricultura Tropical (SAT) de Asohofrucol*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA.

Fecha de publicación: 03 de febrero del 2025

Diseño y diagramación

.PuntoAparte Editores

Impresión

Panamericana

Fotografías

Banco de imagenes shutterstock.com y AGROSAVIA

Karla Juliana Rodríguez-Robayo

Editoras

María Victoria Zuluaga-Mogollón

Karla Juliana Rodríguez-Robayo

Autores

María Victoria Zuluaga-Mogollón

Karla Juliana Rodríguez-Robayo

Diego Alejandro Rojas-Ramírez

Mauricio Camelo-Rusique

Erika Patricia Martínez Lemus

Fabian Enrique Martínez Camelo

Adriana María Molina-Romero

Andrea del Pilar Villarreal Navarrete

Camilo Rubén Beltrán-Acosta

Carlos Andrés Moreno-Velandia

Douglas Andrés Gómez-Latorre

Edgar Herney Varón Devia

Edwin Andrés Villagrán Munar

Erika Valentina Vergara-Navarro

Jhon Mauricio Estupiñán Casallas

Juan Carlos Fuentes Benítez

Leonora Rodríguez Polanco

Maricel Piniero

Sonia Mercedes Polo-Murcia

Víctor Camilo Pulido-Blanco

Yeisson Gutiérrez López

Yimmy Alexander Zapata-Narváez

Guía para evaluar la sostenibilidad en enfoques agrícolas alternativos:

Experiencias con Somos Agricultura Tropical (SAT) de Asohofrucol

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola por financiar el proyecto “Aporte de prácticas con enfoque de Agricultura Tropical a la sostenibilidad de los sistemas productivos de aguacate en Tolima y Huila; pasifloras en Boyacá y Meta; y tomate bajo cubierta en Cundinamarca y Boyacá”, desarrollado en el marco del Convenio 2129 entre Asohofrucol y Agrosavia. Agradecemos también a los productores que permitieron la medición de indicadores de sostenibilidad en sus predios. Agradecimiento a la Coordinadora Técnica del convenio Ingeniera Niny Yojana Arango Taparcua



TABLA DE CONTENIDO

01

Introducción

— pág. 06

02

La sostenibilidad
y su medición

— pág. 08

03

Agricultura Tropical y
prácticas asociadas

— pág. 12

04

Medición de la sostenibilidad
en las prácticas de
Agricultura Tropical (SAT)

— pág. 22

05

Indicadores para
la medición de la
sostenibilidad

— pág. 26

06

Aplicación y
estudios de caso

— pág. 72

07

Reflexiones finales para la
evaluación de sostenibilidad

— pág. 96

08

Referencias

— pág.100



LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	
Ciclo de la evaluación de sostenibilidad y etapas cruciales para su correcta implementación.....	9
Figura 2.	
Dimensiones comunes en las cuales se mide la sostenibilidad de un sistema productivo.....	11
Figura 3.	
Algunas herramientas para evaluar la sostenibilidad en diferentes actividades antrópicas.....	11
Figura 4.	
Delimitación de la zona tropical del planeta tierra.....	13
Figura 5.	
Beneficios de las prácticas de Agricultura Tropical.....	14
Figura 6.	
Descripción esquemática del marco de evaluación de sostenibilidad de SAFA.....	23



01

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad, entendida como el equilibrio dinámico entre las dimensiones económica, ambiental y social, es el objetivo de la sociedad en general. Lograrla implica la integración de conocimientos, intereses económicos, valores sociales y necesidades ambientales.

En Colombia, el sector agropecuario es el principal emisor de gases de efecto invernadero (Panel Intergubernamental del Cambio Climático [IPCC], 2023), lo cual podría estar relacionado con la deforestación y las prácticas impulsadas por la revolución verde. La transición hacia la sostenibilidad en este sector requiere abandonar un modelo de producción convencional, caracterizado por una alta demanda de insumos externos de síntesis química y dependiente de energías fósiles, para adoptar un modelo que reconozca los servicios proporcionados por los ecosistemas, el valor de recursos como el agua, el suelo y la biodiversidad, entre otros, promoviendo además el uso de biopreparados a partir de materias primas locales.

La transición socioecológica hacia la sostenibilidad se define como la gestión de los recursos naturales basada en el reconocimiento de la relación del ser humano con la naturaleza, su interdependencia y los cambios inevitables, ya sea impulsados o no por la acción humana, en sinergia con los cambios ambientales globales y en beneficio del bienestar colectivo (Andrade *et al.*, 2018).

Conscientes de esta realidad, desde 2016 el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola y Asohofrucol promueven el enfoque *Somos Agricultura Tropical* (SAT) para la producción de frutas y hortalizas. Este enfoque propone una transición desde el modelo de producción de alimentos basado en la *revolución verde*, hacia un sistema más sostenible, que provea alimentos inocuos y saludables a la población y brinde condiciones de buen vivir a los agricultores y sus familias. Basado en principios agroecológicos, SAT se centra en la *gestión del suelo, la flora y fauna, y en la nutrición natural de las plantas*. Para ello, se han incorporado prácticas de autogestión orientadas a la sostenibilidad, mediante las cuales los agricultores elaboran abonos organominerales y biopreparados, obteniendo beneficios, tales como

la reducción de costos de producción, el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo, y el fortalecimiento de la capacidad fotosintética y productiva de las plantas. A su vez, el uso de prácticas menos nocivas para el medio ambiente contribuye a la protección de la biodiversidad asociada al sistema productivo (flora, fauna y microorganismos) (Jaramillo, 2019), y mejora las condiciones para los productores, sus familias y los trabajadores.

En consonancia, Agrosavia tiene como propósito superior transformar de manera sostenible el sector agropecuario colombiano mediante el poder del conocimiento, en beneficio de productores y consumidores. Con el propósito de analizar la sostenibilidad de cultivos convencionales frente a aquellos que implementan prácticas de SAT (Somos Agricultura Tropical), en el marco del Convenio 2129 entre Agrosavia y Asohofrucol se desarrolló el proyecto “Aporte de prácticas con enfoque de Agricultura Tropical a la sostenibilidad de los sistemas productivos de aguacate en Tolima y Huila, pasifloras en Boyacá y Meta, tomate bajo cubierta en Cundinamarca y Boyacá. Para ello, se empleó la metodología de evaluación de la sostenibilidad para la alimentación y la agricultura (SAFA, por sus siglas en inglés: Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems) (Organización para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013), priorizando de manera participativa los indicadores de sostenibilidad. Estos indicadores se validaron y evaluaron en parcelas de los sistemas productivos de tomate, aguacate y pasifloras en los departamentos mencionados anteriormente.

La medición del impacto de una tecnología o práctica agronómica tiene varios propósitos: por un lado, identificar los logros y avances alcanzados y orientar la inversión; por otro, facilitar la elaboración de planes de gestión sobre los indicadores que presenten bajos niveles de sostenibilidad.

02 LA SOSTENIBILIDAD Y SU MEDICIÓN

La sostenibilidad no es un concepto estático; representa el objetivo principal al que se aspira en todas las actividades antrópicas. La mayoría de las actividades realizadas por el ser humano ha generado impactos como la pérdida de biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero, la erosión del suelo y el déficit en el abastecimiento de agua potable, entre otros. Es importante trabajar para que nuestras acciones estén en equilibrio ambiental social y económico.

Es así como surge la necesidad de cuantificar la sostenibilidad mediante un proceso denominado "evaluación de sostenibilidad" (figura 1). Esta evaluación se define como un proceso sistemático que permite identificar las implicaciones de una iniciativa (ya sea política, plan, programa, proyecto, legislación o práctica) sobre las dimensiones de la sostenibilidad (económica, social, ambiental). El objetivo es ofrecer una visión holística del sistema productivo, facilitando la implementación de acciones concretas, tales como cambios en las actividades, innovaciones tecnológicas, capacitaciones, ajustes normativos y esquemas de compensación, para mejorar aquellos aspectos en los que se identifica un desempeño bajo.

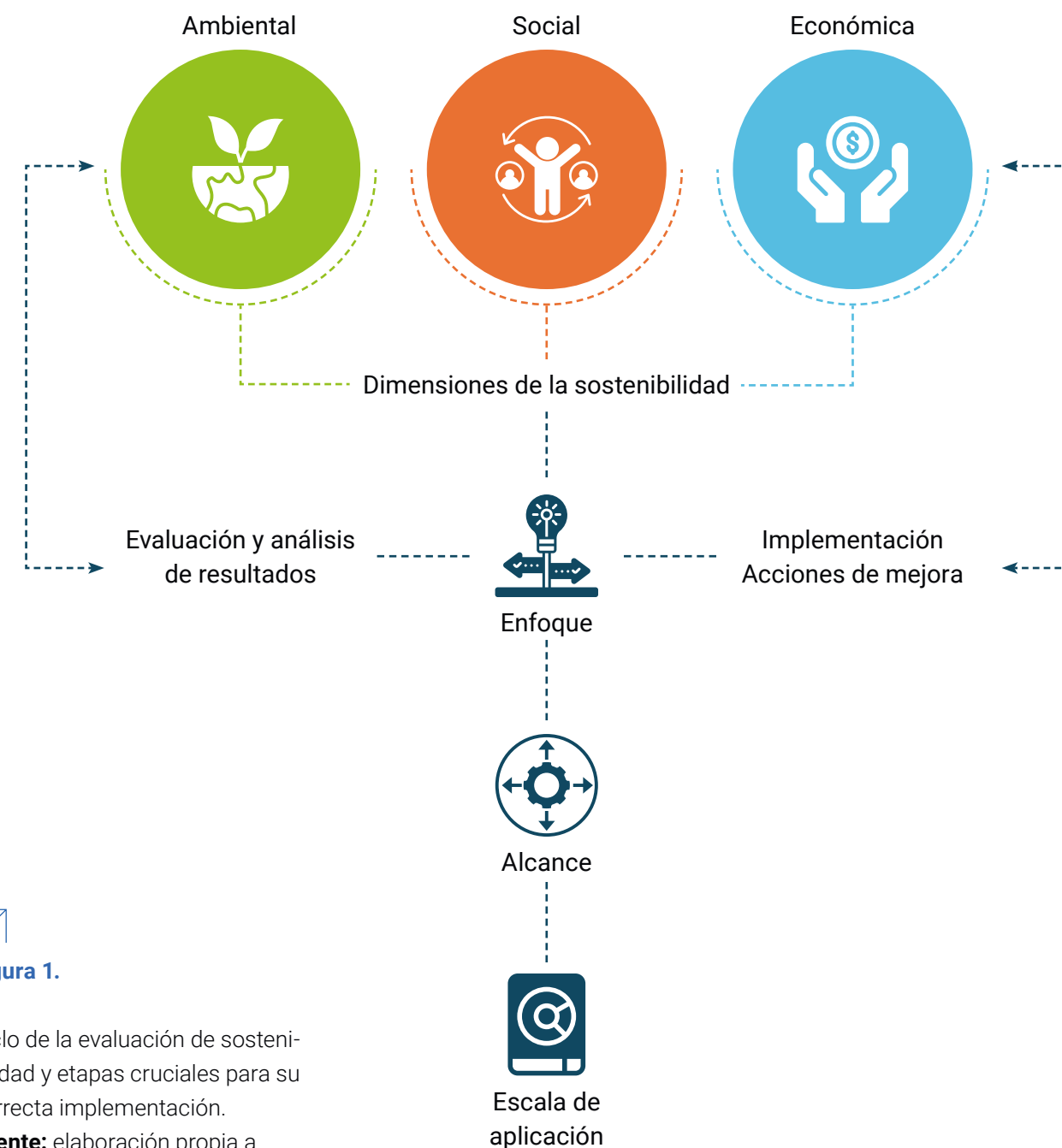


Figura 1.

Ciclo de la evaluación de sostenibilidad y etapas cruciales para su correcta implementación.

Fuente: elaboración propia a partir de Pope et al. (2004).



Se han documentado cerca de 41 herramientas de evaluación de sostenibilidad, cada una diseñada para responder a diferentes necesidades, por lo que varían en enfoque, alcance y escala.

Esto puede dificultar la comparación de resultados, ya que la elección de una herramienta depende de criterios específicos establecidos por el evaluador. No obstante, las evaluaciones de sostenibilidad utilizan indicadores que pueden ser cualitativos o cuantitativos, y que se agregan según la dimensión de la sostenibilidad a la que corresponden (figura 1). Las evaluaciones de sostenibilidad son, a menudo, ejercicios complejos, costosos y de largo plazo para obte-

ner diferencias significativas. Esto ha llevado a algunas estrategias de evaluación a considerar solo una dimensión de la sostenibilidad; sin embargo, esta práctica no es recomendable, ya que se corre el riesgo de perder la visión integral del objeto de la evaluación e incurrir en acciones contraproducentes.

Estas evaluaciones suelen considerar una amplia gama de factores, como el uso de recursos naturales, la generación de residuos, el impacto en las comunidades locales, la equidad social y la rentabilidad económica, entre otros. Se emplean diversas herramientas y metodologías que pueden variar según el contexto y los objetivos específicos del estudio.

Usualmente, al hablar de sostenibilidad, se destacan tres dimensiones principales, ambiental, social y económica (figura 2). Sin embargo, en algunos enfoques se propone una cuarta dimensión: la gobernanza. Esta se entiende como la capacidad de un grupo de personas (organizaciones, comunidades, grupos étnicos, asociaciones, entre otros) para la toma de decisiones, la autogestión y la corresponsabilidad como grupo. La intersección de estas dimensiones forma la base del desarrollo sostenible, un enfoque integral que busca equilibrar el bienestar económico, social y ambiental para crear un futuro más justo y viable para todos.



Figura 2. Descripción de las tres dimensiones más comunes en las cuales se mide la sostenibilidad de un sistema productivo.



Fuente: elaboración propia a partir de Singh et al. (2012).

La medición de la sostenibilidad de un proceso o actividad depende de la efectividad de la acción implementada en relación con el problema de estudio, de la facilidad de aplicación de la metodología y de la idoneidad de los indicadores empleados para cumplir con su propósito. Como se mencionó anteriormente, existen diversas herramientas de evaluación diseñadas para medir y gestionar la sostenibilidad en diferentes contextos. Cada herramienta puede variar en enfoque, ámbito de aplicación y metodología. Entre las más destacadas se encuentran SAFA (FAO, 2013), BREEAM (Bree Group, 2020), el Análisis del Ciclo de Vida ACV (Sieverding *et al.*, 2020) y Ecolabel (Nakaishi y Chapman, 2024), entre otras (figura 3).

La elección de una herramienta dependerá de las necesidades específicas de la organización, proyecto o comunidad que se esté evaluando. La diversidad de herramientas disponibles refleja la complejidad y amplitud del concepto de sostenibilidad.



Figura 3. Algunas herramientas para evaluar la sostenibilidad en diferentes actividades antrópicas.



Fuente: elaboración propia.

03

AGRICULTURA TROPICAL Y PRÁCTICAS ASOCIADAS



El término **trópico** remite a regiones del planeta más cálidas debido a su ubicación entre el trópico de Cáncer, en el hemisferio norte, y el trópico de Capricornio, en el hemisferio sur, ambos equidistantes de la línea acuatorial o paralelo 0°

(figura 4). En estas zonas, las estaciones no están tan marcadas como en otras latitudes, y las lluvias constantes favorecen una alta diversidad biológica (National Geographic, 2018; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2024).

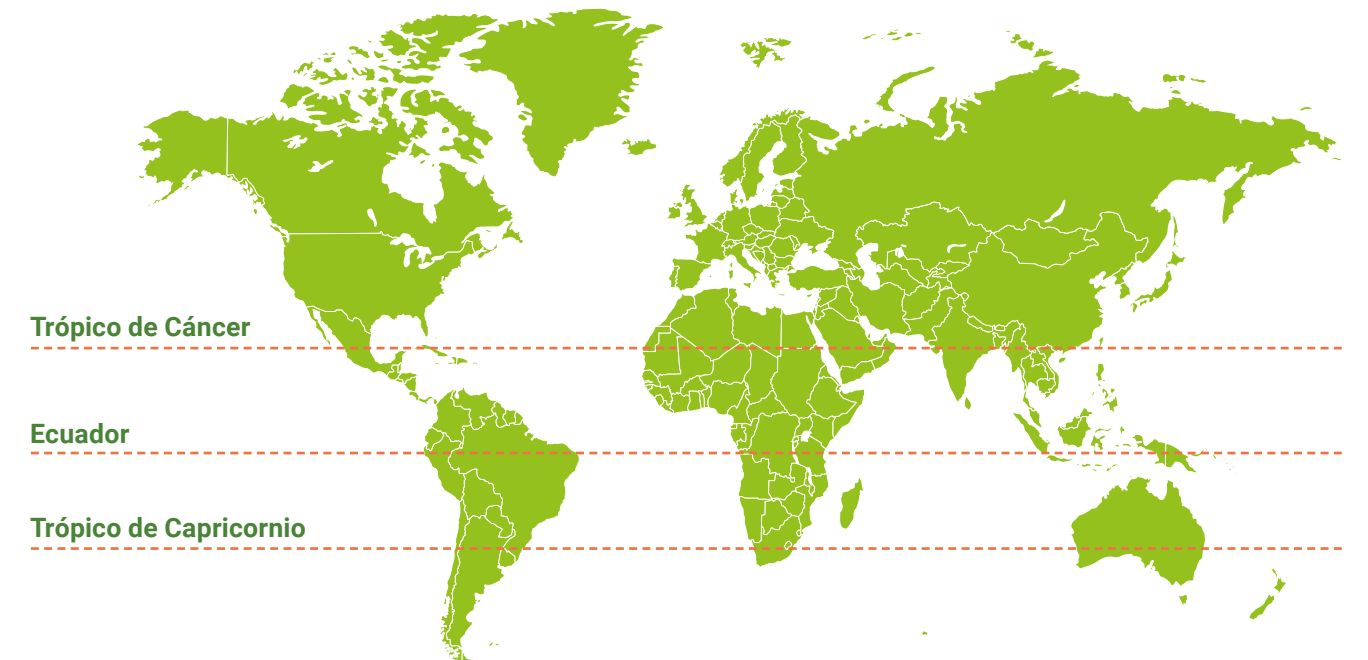


Figura 4.

Delimitación de la zona tropical del planeta tierra, entre la línea del trópico de Cáncer y la línea del trópico de Capricornio

Fuente: elaboración propia.

La biodiversidad en la zona intertropical presenta desafíos significativos, tanto en el aprovechamiento adecuado de las especies como en el mantenimiento del equilibrio entre las poblaciones que comparten el mismo espacio y recursos. Después de décadas de prácticas agrícolas intensivas, surge la necesidad de

implementar procesos de producción sostenible de alimentos. En este contexto, la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) promueve el enfoque de Somos Agricultura Tropical (SAT), basado en tres pilares fundamentales: la gestión del suelo, la gestión de la flora y fauna, y la gestión de la nutrición natu-

ral de las plantas. Este enfoque incentiva el uso, la conservación y la multiplicación de recursos biológicos propios de los agricultores, reduciendo el ingreso de recursos externos y favoreciendo la autogestión de la producción (figura 5). La estrategia incluye el fortalecimiento de capacidades mediante la construcción e intercambio de conocimientos entre miembros de las comunidades, apoyándose en organizaciones de agricultores. Esto no solo fomenta prácticas sostenibles, sino que también fortalece el tejido social.

↓
Figura 5.
Beneficios de las prácticas de AT



Fuente: elaboración propia con base en Asohofrucol (2023) y Sena & Asohofrucol (2019).

Fundamentos de la Agricultura Tropical promovidos por Asohofrucol

Gestión para la protección del suelo

Promueve el establecimiento de policultivos estratificados y la cobertura herbácea superficial para proteger el suelo y las poblaciones de organismos frente a los rayos ultravioleta del sol. También ayuda a controlar el aumento de la temperatura del suelo y a ejercer un control efectivo de la erosión.

(Jaramillo, 2019)

COBERTURA HERBÁCEA - COJINETES

La cobertura herbácea consiste en una capa de vegetación natural o establecida que cubre la superficie del suelo. Esta puede incluir especies con diferentes características, y diversidad de funciones en el sistema. Las plantas pueden surgir de manera espontánea o ser introducidas, y su identificación permite optimizar el aprovechamiento de sus beneficios.

Cuando la cobertura herbácea se corta a una altura de 15 cm sobre el suelo con herramientas como machete o guadaña, su biomasa puede utilizarse para formar cojinetes.

El cojinete es una estructura en forma circular “dona” construida a partir de biomasa o tamo de las plantas herbáceas que han sido cortadas en las calles entre el cultivo y que, es apilada alrededor del árbol o la planta, dejando visible la base del tallo.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

1	Incrementa la porosidad del suelo, favoreciendo su aireación, infiltración y estabilidad.	8	Contribuye significativamente a la prevención de la erosión del suelo.
2	Reduce el impacto de los rayos UV sobre la superficie del suelo.	9	Proporciona una fuente constante de materia orgánica.
3	Regula la temperatura en el suelo.	10	Facilita el almacenamiento de nutrientes a corto, mediano y largo plazo.
4	Reduce la evaporación de agua del suelo.	11	Controlan el crecimiento de arvenses alrededor del árbol o la planta.
5	Aumenta los niveles de humedad en el suelo.	12	Reduce la pérdida de fertilizantes causada por lavado y volatilización.
6	Crea un entorno propicio para la proliferación de microorganismos beneficiosos.	13	Disminuye la necesidad de aplicar herbicidas.
7	Promueve la formación de raíces secundarias y absorbentes.	14	Favorece el desarrollo de organismos benéficos.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2022), Asohofrucol (2021) y Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) et al. (s. f.).



Gestión para la protección de la flora y fauna

Las especies vegetales, animales y microorganismos que coexisten e interactúan dentro de un agroecosistema tienen como objetivo crear sistemas resilientes y sostenibles que se adapten al cambio climático.

(Jaramillo, 2019).

ESTABLECIMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS

Su principal objetivo es conservar, proteger y restaurar el entorno natural (hábitat) de animales y plantas silvestres mediante el establecimiento de plantas espontáneas y el uso de coberturas vegetales.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

- 1

Favorece la supervivencia de las especies al proporcionar áreas de refugio y una fuente de alimentos. En ausencia de hábitats adecuados, las especies suelen recurrir a los cultivos como su fuente de alimentación.
- 2

Facilita que los organismos cumplan sus funciones ecosistémicas, como la polinización y la descomposición, entre otras.

Fuente: Geoinnova (2017).

INOCULACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES

Este proceso consiste en la colecta, multiplicación y selección artesanal de microorganismos en áreas cercanas a bosques no disturbados. Su finalidad es crear condiciones óptimas para su desarrollo y posterior aplicación en los cultivos.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

- 1

Fomenta el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.
- 2

Promueve la asimilación, fijación y solubilización de nutrientes, haciéndolos disponibles para las plantas.
- 3

Contribuye a equilibrar las poblaciones de plagas.

Fuente: Higa y Parr (1994) y Jaramillo (2019).



Gestión para la nutrición natural de las plantas

Este enfoque abarca los procesos metabólicos mediante los cuales las plantas absorben sustancias del entorno y las transforman en materia propia y energía.

(Jaramillo, 2019).

CICLAJE NATURAL DE ELEMENTOS PARA LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

En este proceso interactúan factores abióticos como la temperatura, el agua, el viento y el clima, junto con factores bióticos, como los animales, plantas, humanos y microorganismos.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

- 1

El ciclaje natural permite el intercambio de materia orgánica e inorgánica, devolviendo elementos esenciales al sistema para el desarrollo de las plantas. Esto incluye nutrientes clave para estructuras de interés como raíces, tubérculos, hojas, flores y frutos.

Fuente: Margulis y Sagan (2012).

Estos fundamentos integran diversos elementos que favorecen la transición hacia sistemas agrícolas menos vulnerables, más resilientes y sostenibles. A continuación, se presentan algunas alternativas para un manejo más amigable con el medio ambiente, que a su vez benefician la rentabilidad de los productores agrícolas.

BIOFERTILIZANTES

Producto orgánico obtenido mediante la descomposición de materia orgánica, proceso facilitado por diferentes organismos como hongos, bacterias, escarabajos y lombrices, entre otros. Además de proporcionar nutrientes esenciales para las plantas, mejoran la calidad física y microbiológica del suelo, promueven el crecimiento vegetal y garantizan el aporte de carbono orgánico.

Esta práctica involucra la multiplicación de microorganismos de montaña y microorganismos comerciales, orientados a optimizar los procesos de nutrición vegetal. Entre los grupos de interés se incluyen: descomponedores de materia orgánica, fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, entre otros.

Fuente: Procuraduría Federal del Consumidor (2021) e Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2020).



COMPOST

Es el producto resultante de un proceso catabólico de degradación y síntesis de materiales orgánicos sólidos. Se distingue por su estabilidad química y por estar libre de patógenos.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

1	Mejora las características físicas del suelo, como la porosidad, la infiltración en suelos planos y reduce la escorrentía en terrenos inclinados.
2	Mejora las propiedades químicas del suelo, incrementando la capacidad de intercambio catiónico y la retención de elementos esenciales.
3	Aumenta la materia orgánica en el suelo.
4	Reduce la dependencia de fertilizantes químicos.
5	Incrementa la población de microorganismos benéficos, capaces de mineralizar el carbono, fijar nitrógeno o solubilizar elementos esenciales para la nutrición vegetal. Los más utilizados son las bacterias de los géneros <i>Azotobacter</i> , <i>Azospririllum</i> y <i>Rhizobium</i> .

Fuente: Villa y Peláez (2002).

BIOESTIMULANTES

Son sustancias orgánicas que regulan los procesos fisiológicos de las plantas, promoviendo o retrasando su desarrollo según las necesidades específicas. Su objetivo es mejorar el vigor de las plantas, ayudándolas a generar mecanismos de “escape”, tolerancia o resistencia frente a factores de estrés biótico y abiótico, tales como: condiciones extremas de temperatura y humedad (déficit o exceso), salinidad o toxicidad del suelo, incidencia de patógenos e insectos plaga, entre otros (Morales, 2017).

Los bioestimulantes a base de microorganismos, también llamados inoculantes biológicos, actúan directa o indirectamente, sobre las plantas para aumentar su productividad. Sus funciones principales incluyen fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, absorción eficiente de nutrientes, degradación de materia orgánica y promoción del crecimiento vegetal (ICA, 2020).

MICROORGANISMOS DE MONTAÑA SÓLIDOS

Es la población de microorganismos presentes en la capa superficial del suelo o mantillo de bosques y montañas en ecosistemas naturales no intervenidos. Estos microorganismos desempeñan roles fundamentales en procesos de descomposición, ciclos de nutrientes y formación del suelo en los distintos ecosistemas.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

1	Mantienen el equilibrio general de la comunidad de organismos.
2	Regulan las poblaciones de organismos plaga.
3	Incrementan la población de microorganismos benéficos.
4	Descomponen materia orgánica, lo que aumenta la disponibilidad de nutrientes del suelo, promoviendo el desarrollo del follaje y la floración.
5	Aceleran la germinación de semillas.
6	Fijan nitrógeno atmosférico.
7	Solubilizan fósforo.

Fuente: Higa y Parr (1994), Asohofrucol (2023a), Jaramillo (2019) y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2022).

CALDO MICROBIAL EM CASERO

Es un bioinsumo preparado mediante un proceso aeróbico (en presencia de oxígeno), que fomenta la reproducción de microorganismos benéficos.

Para su preparación se utilizan ingredientes como melaza, levadura y leche fresca, los cuales pueden ser enriquecidos con microorganismos comerciales o mediante un té elaborado con mantillo o suelo de áreas no intervenidas.

Este bioinsumo contiene diversos grupos de microorganismos, cada uno con un rol específico en el cultivo.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

1	Fijadores de nutrientes: capturan nitrógeno del aire circundante y lo convierten en una forma aprovechable para las plantas.
2	Solubilizadores: mineralizan o solubilizan macro y micronutrientes, dejándolos disponibles para las plantas.
3	Promotores: estimulan el desarrollo de las raíces y el crecimiento aéreo de las plantas.
4	Biocontroladores: ayudan a controlar plagas e inhiben patógenos que afectan los cultivos.
5	Antagónicos: suprimen o interfieren en el crecimiento de otros microorganismos.

Fuente: Higa y Parr (1994) y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural e INIFAP (2022).

HUMATO DE POTASIO

Fertilizante de origen natural que se combina con leonardita y potasio soluble en agua.

Se elabora a partir de la extracción alcalina de ácidos húmicos y fúlvicos mediante hidroxido de potasio.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

1	Mejora las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Proporciona ácidos húmicos y fúlvicos, incrementa la capacidad de intercambio catiónico y favorece el desarrollo de microorganismos benéficos. Todo esto contribuye a la fertilidad del suelo y a una mayor productividad en los cultivos.
---	--

Fuente: Bono Mestre (2019).

SUPERMAGRO

Es un fertilizante líquido producido mediante fermentación anaeróbica (en ausencia de oxígeno).

Para su preparación se emplean ingredientes como estiércol fresco de ganado vacuno, suero crudo o leche, melaza, roca fosfatada, ceniza y agua.

Además puede enriquecerse con levaduras, material vegetal verde, harina de roca o minerales esenciales como Zn, Mg, B, Cu, Ca, Mn, Fe, Na y Cb, según el análisis del suelo.

La función de cada ingrediente, al preparar este bioinsumo, es obtener nutrientes para el cultivo.

PROPIEDADES Y BENEFICIOS

1	Acondicionar el suelo, promoviendo la recuperación de los procesos ecológicos naturales y restableciendo su equilibrio.
2	Cada ingrediente tiene una función específica:
	1. El estiércol de vaca contiene una amplia diversidad de microorganismos y aporta biomasa rica en lignina y hemicelulosa, compuestos esenciales que se transforman en redes de carbono.
	2. El suero o leche facilitan el proceso de fermentación y, junto con la melaza, activan el metabolismo de los microorganismos presentes.
	3. La levadura incrementa la cantidad de microorganismos y contribuye significativamente al proceso de fermentación del preparado.
	4. La roca fosfatada, la ceniza y demás minerales proveen nutrientes clave como fósforo, potasio y nitrógeno, esenciales para el desarrollo óptimo de las plantas.
	5. Los microelementos adicionados facilitan los procesos metabólicos fundamentales en las plantas. Esta composición mejora la germinación de las plantas, promueve un desarrollo vegetal saludable y contribuye a la sanidad del cultivo. Estos efectos se reflejan en un mayor rendimiento agrícola.

Fuente: Restrepo (2001), Asohofrucol (2023b) y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural e INIFAP (2022).

BIOCONTROLADORES

En este grupo de productos se incluyen varias categorías. Agentes microbiales: bacterias, hongos, protozoos y virus que actúan en el control de patógenos y poblaciones de insectos plaga. Macroorganismos: parasitoides o depredadores (incluyendo nematodos entomopatógenos). Extractos vegetales: productos obtenidos a partir de plantas o partes de ellas, que contienen compuestos activos con acción específica en el control de plagas (ICA, 2020).

04

MEDICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN LAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA TROPICAL (SAT)

El enfoque de Somos Agricultura Tropical (SAT) promovido por Asohfrucol propone un cambio técnico en la producción de frutas y verduras, pasando de una visión agronómica convencional hacia un marco que prioriza la gestión de ciertos recursos indispensables y el aprovechamiento de los procesos ecológicos naturales de los ecosistemas.

La producción agrícola bajo el enfoque de SAT contribuye en la reducción del uso de insumos de síntesis química, lo que resulta en un menor impacto ambiental, la reducción en los costos de producción asociados al control fitosanitario y la nutrición vegetal y propicia el mejoramiento en la calidad de la cosecha obtenida, lo que contribuye en la transición hacia sistemas más sostenibles.

Las metodologías para medir la sostenibilidad de los sistemas productivos con enfoque de SAT pueden ser directas o a través de comparaciones con métricas clásicas, tales como el rendimiento, la incidencia y severidad de plagas y enfermedades, la proporción de la cosecha en distintos niveles de clasificación del mercado, así como variables económicas como los costos de producción y la relación costo/beneficio, entre otras. Estas variables pueden integrarse en un único instrumento de evaluación mediante la aplicación de metodologías de evaluación de la sostenibilidad.

La valoración de la sostenibilidad se enfoca en determinar el desempeño de predios dedicados a la producción de un cultivo específico bajo ciertas condiciones geográficas. Se comparan entonces dos escenarios, fincas que, bajo las mismas condiciones, no aplican el enfoque de SAT (sin SAT) y fincas que implementan prácticas de Agricultura Tropical (con SAT).

Para dicha evaluación de la sostenibilidad se recomienda utilizar el marco internacional para la Evaluación de la Sostenibilidad de los Sistemas Agrícolas y Alimentarios (SAFA) (FAO, 2013). Esta herramienta jerárquica aborda cuatro dimensiones de la sostenibilidad: buena gobernanza, integridad ambiental, resiliencia económica y bienestar social. En un segundo nivel, se desglosan 21 temas distribuidos entre estas cuatro dimensiones, y en el tercer nivel se encuentran los subtemas. El último nivel contiene 116 indicadores específicos (figura 6).

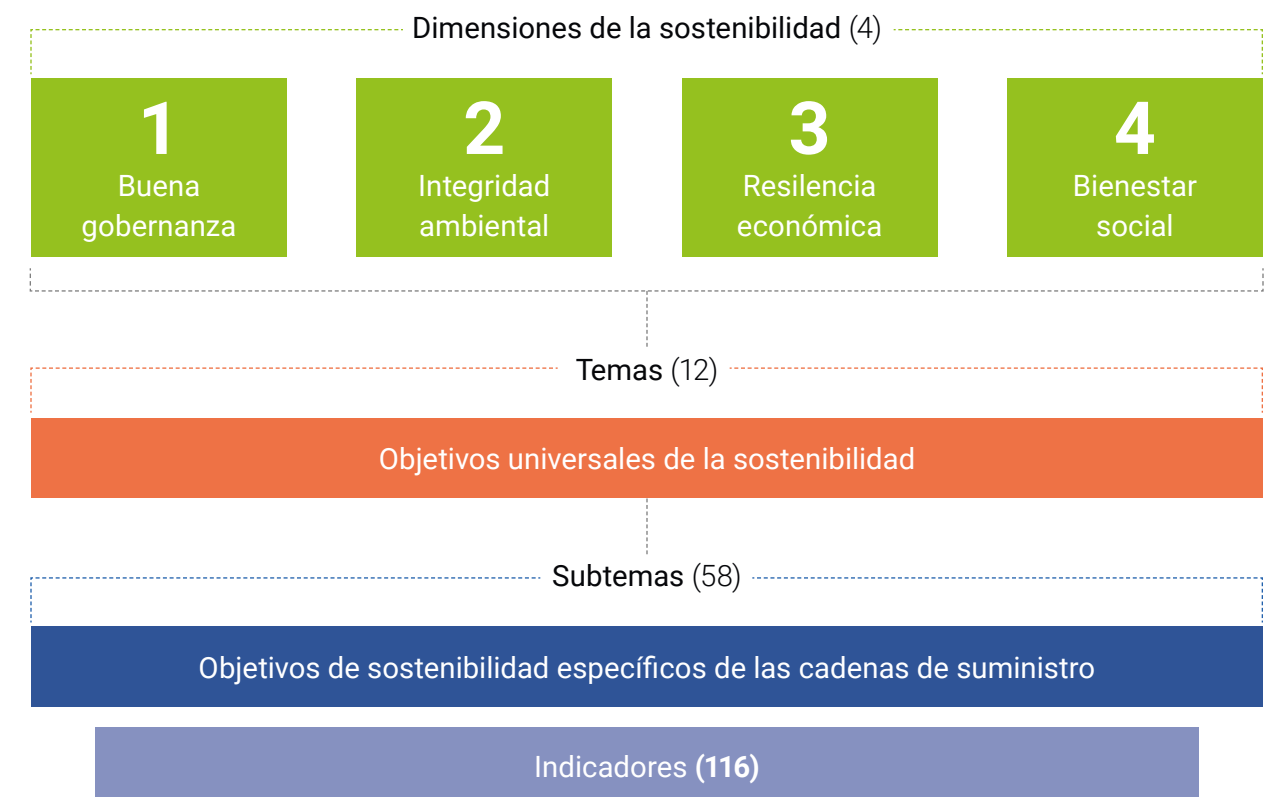


Figura 6. Descripción esquemática de marco de evaluación de sostenibilidad de SAFA

Fuente: elaborado por Rojas-Ramírez (2023) a partir de FAO (2013).



Para adaptar esta metodología al análisis de los aportes de las prácticas de SAT a la sostenibilidad, el primer paso es identificar profesionales a nivel territorial con experiencia en diversas áreas (agronomía, agroecología, ingeniería agrícola, ecología, manejo de recursos hídricos, suelos, microbiología, biodiversidad de macroinvertebrados, economía y sociología). Estos profesionales deben formar equi-

pos transdisciplinarios que comprendan el contexto de los cultivos, los diferentes actores territoriales y los antecedentes de la implementación de enfoques de agricultura alternativa como la orgánica o la agroecológica.

Posteriormente, se deben seguir estos pasos para seleccionar los indicadores de evaluación:

1

Preselección de indicadores y discusión con técnicos de las regiones y productores de cultivos priorizados, considerando criterios como facilidad de aplicación, universalidad y utilidad de la información.

2

Validar la pertinencia de los indicadores preseleccionados y considerar la inclusión de nuevos indicadores según los aportes de los actores locales.

3

Definir una escala de valoración para cada indicador, con cinco categorías (1 a 5), donde el valor más bajo represente el escenario menos deseable y el más alto, el más deseable.

4

Construir un protocolo para la valoración de cada indicador seleccionado, que incluya:

Tipo de indicador:

Directo o indirecto. Un indicador directo se basa en la obtención de datos a partir de muestras en campo (fruta, suelo, agua, biodiversidad, registro fitosanitario, etc.). Un indicador indirecto se relaciona con la recolección de información mediante entrevistas a los productores, sus familias y trabajadores.

Objetivo:

Descripción del propósito del indicador.

Definiciones:

Información técnica necesaria para que los profesionales de campo implementen el protocolo correctamente y comprendan los indicadores por evaluar.

Materiales:

Herramientas necesarias para realizar la evaluación.

Metodología:

Descripción paso a paso para evaluar el indicador, ya sea mediante la colecta de muestras o ejecución de entrevistas con preguntas abiertas o cerradas a los productores.

Periodicidad:

Definición del número y frecuencia de las evaluaciones.

05

INDICADORES PARA LA MEDICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD

Siguiendo los pasos descritos anteriormente, se construyó una batería de 41 indicadores consolidada para los sistemas productivos de aguacate, tomate bajo cubierta y pasifloras, la cual se detalla a continuación.

Buena gobernanza (BG)

La buena gobernanza busca un desarrollo económico, social e institucional sostenible, mediante un equilibrio saludable entre el Estado, la sociedad civil y el mercado en procesos de autogestión. A escala local, este concepto se traduce en la participación de los actores del territorio en la toma y aplicación de decisiones relacionadas

con los ámbitos ambiental, económico y social. Esta dimensión incluye indicadores que evalúan aspectos como la identificación de actores presentes en el territorio, las formas de interacción entre ellos, la responsabilidad hacia el entorno, la transparencia en la gestión agropecuaria y la capacidad de resolver conflictos, entre otros factores clave.

1. BG. Responsabilidad

Objetivo y principio del protocolo: Bajo el supuesto de que el interés y la inversión de tiempo en actividades ambientales favorecen una producción sostenible, este indicador evalúa las actitudes “pro-conservación” del productor y su familia, considerando su conocimiento y participación en proyectos ambientales o de producción sostenible.

Metodología: Se realizan preguntas abiertas y cerradas al productor y su familia sobre su conocimiento y participación en proyectos agropecuarios sostenibles o ambientales desarrollados en la región durante los últimos dos años. En caso de participación, se profundiza en los objetivos del proyecto, los aliados involucrados y su duración.

Escala de valoración sugerida

1. No conoce actividades o proyectos locales ambientales o de producción sostenible.
2. Conoce actividades o proyectos, pero no participa en ellos.
3. Participó en una actividad o proyecto ambiental o de producción sostenible hace más de dos años.
4. Participa en una actividad o proyecto ambiental o de producción sostenible.
5. Participa en más de una actividad o proyecto ambiental o de producción sostenible.

Referencias sugeridas para el lector

Rodríguez-Robayo, K., Ávila-Foucat, S., Perevochtchikova, M. y de la Mora, G. (2020). Influence of local context variables on the outcomes of Payments for Ecosystem Services (PES). Evidence from San Antonio del Barrio, Oaxaca, Mexico. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 2839-2860. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00321-8>

2. BG. Transparencia

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador evalúa el esfuerzo del productor por llevar registros de la aplicación de agroinsumos, así como su disposición a compartir esta información con terceros. Llevar registros refleja un comportamiento responsable, que permite tomar conciencia sobre las aplicaciones realizadas al cultivo y facilita la evaluación de sus implicaciones a largo plazo.

Metodología: A través de preguntas cerradas y la revisión de documentos, se indaga al productor sobre los registros de aplicaciones de agroinsumos. Si el productor declara llevar registros, se solicitan y se revisa la información en términos de fecha de inicio, última actualización y el contenido de los registros (fertilización, manejo de plagas, entre otros).

Escala de valoración sugerida
1. El productor no tiene registro de aplicaciones.
2. El productor tiene registros, pero no permite acceso a estos.
3. El productor tiene registros, pero facilita el acceso con desconfianza.
4. El productor tiene registros incompletos o desactualizados, pero permite el acceso de forma inmediata.
5. El productor tiene registros completos y actualizados, y facilita el acceso de forma inmediata.



i Referencias sugeridas para el lector

Rodríguez-Robayo, K., Pulido-Blanco, V., Rojas, D. y Martínez, F. (2022). Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). *Agroalimentaria*, 28(54),139-169. <https://www.doi.org/10.53766/Agroalim/2022.28.54.09>

3. BG. Identificación de actores interesados

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador tiene como objetivo analizar el reconocimiento de los actores clave en la región. Se basa en el supuesto de que identificar e interactuar con estos actores está alineado con la búsqueda de nuevas alternativas y formas de producción orientadas hacia la sostenibilidad. Reconocer a los actores clave permite identificar los diferentes tipos de actores presentes en la región (gubernamentales, no gubernamentales, loca-

les, regionales, nacionales e internacionales) y los ejes de acción que cada uno lidera.

Metodología: Mediante preguntas abiertas, se solicita al productor listar los nombres de los actores clave y las personas reconocidas por realizar acciones destacadas en el territorio. También se indaga sobre el sector al que pertenecen y los tipos de proyectos que desarrollan.

Escala de valoración sugerida
1. El productor no reconoce actores clave en la región.
2. El productor reconoce un actor clave en la región.
3. El productor reconoce entre 2 y 3 actores clave en la región.
4. El productor reconoce entre 4 y 5 actores clave en la región.
5. El productor reconoce más de 6 actores clave en la región.

i Referencias sugeridas para el lector

Castro, M., Martínez, H., Arguello, F y Sandoval, D. (2020). Métodos para el análisis de actores en el contexto de spin-off universitarias. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 59-76. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020007>

Rojas-Rojas, S. y Rincón-Meléndez, M. (2021). Mapeo de actores como metodología innovadora en la implementación de la política de ética de la investigación, bioética e integridad científica. *Opera*, 29,117-138. <https://doi.org/10.18601/16578651.n29.07>

4. BG. Participación de actores interesados

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador evalúa la interacción del productor con los actores clave de la región identificados en el indicador anterior. Parte del supuesto de que estas interacciones fortalecen los lazos necesarios, para orientar procesos de toma de decisiones en los predios y avanzar hacia una producción sostenible.

Metodología: Mediante preguntas abiertas, se solicita al productor describir las actividades que motivan la interacción con los actores clave, la frecuencia de estas interacciones y el número de comunicaciones realizadas en el último semestre.

Escala de valoración sugerida
1. El productor no tiene comunicación con actores clave.
2. El productor se comunica con actores clave en promedio entre 1 y 2 veces al semestre.
3. El productor se comunica con actores clave en promedio entre 3 y 4 veces al semestre.
4. El productor se comunica con actores clave en promedio entre 5 y 6 veces al semestre.
5. El productor se comunica con actores clave en promedio 7 o más veces al semestre.

i Referencias sugeridas para el lector

Castro, M., Martínez, H., Arguello, F y Sandoval, D. (2020). Métodos para el análisis de actores en el contexto de spin-off universitarias. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2): 59-76. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020007>

Rojas-Rojas, S. y Rincón-Meléndez, M. (2021). Mapeo de actores como metodología innovadora en la implementación de la política de ética de la investigación, bioética e integridad científica. *Opera*, 29, 117-138. <https://doi.org/10.18601/16578651.n29.07>

5. BG. Resolución de conflictos

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador analiza la presencia y manejo de conflictos por parte del productor y su familia en los últimos cinco años. Se basa en el supuesto de que los conflictos ambientales, sociales y comerciales pueden influir en la disposición para adoptar prácticas de producción sostenible.

Metodología: Mediante preguntas abiertas y cerradas, se indaga sobre la participación del productor en

conflictos ambientales (como tala de bosques, incumplimiento de rondas hídricas, concesiones de agua, contaminación), conflictos sociales (como disputas por la tenencia de la tierra o problemas por el manejo inadecuado de sistemas productivos) y conflictos comerciales (como incumplimiento de acuerdos). Para cada tipo de conflicto, se exploran aspectos como fechas, contrapartes y la forma en que se abordó el problema.

Escala de valoración sugerida
1. Ha tenido conflictos, pero los ha ignorado porque considera difícil tratar con las personas.
2. Ha tenido conflictos e intentado comunicarse con las partes, sin éxito.
3. Ha tenido conflictos, ha avanzado en acuerdos y soluciones, pero el problema no se ha resuelto completamente.
4. Ha tenido conflictos, y estos se han resuelto mediante comunicación.
5. No ha tenido conflictos, existe buena comunicación y se respetan las normas y acuerdos.

i Referencias sugeridas para el lector

Rodríguez-Robayo, K., Herrera-Heredia, C. y Martínez-Camelo, F. (2021). Entre conservar y producir. La relación sociedad-naturaleza y los conflictos socioecológicos en el lago de Tota, Boyacá, Colombia. *Región y Sociedad*, 33, e1419. <https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1419>

Rodríguez-Robayo, K., Trujillo-Miranda, A., Méndez-López, M., Porter-Bolland, L., Monzón-Alvarado, C., Llamas-Torres, I., Reyes-Maturano, I., León-González, J., Juárez-Téllez, L., Ruenes-Morales, M., Rivera-De Velasco, M. y Chan-Chuc, N. (2022). Socioecological conflicts in Mexico: Trends and gaps in the regional analysis. *Environmental Science & Policy*, 127, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.008>

6. BG. Propiedad de la tierra

Objetivo y principio del protocolo: La propiedad de la tierra se refiere al derecho del productor para acceder a un terreno y utilizarlo. Este derecho puede ejercerse de diversas formas: propiedad directa, posesión (herencia), arrendamiento, asociación (tierra compartida entre varias personas), o aparcería (una persona es propietaria y otra trabaja el terreno en sociedad), entre otras. Sin embargo, factores como la seguridad en la zona pueden limitar la libertad del productor para tomar decisiones, restringiendo el acceso al predio (por

toques de queda, vías intransitables o falta de transporte público), el uso productivo de la finca (acuerdos con el propietario sobre el uso del predio y de agroquímicos) e incluso el acceso a los recursos naturales circundantes (ríos, fauna-cacería).

Metodología: Para evaluar este indicador, se consulta a los productores sobre la tenencia de la tierra y la posibilidad de tomar decisiones de forma libre sobre su predio.

Escala de valoración sugerida
1. No es propia y no tiene libertad en la toma de decisiones.
2. No es propia y tiene parcialmente libertad en la toma de decisiones.
3. No es propia, pero tiene libertad en la toma de decisiones.
4. Es propia, pero tiene parcialmente libertad en la toma de decisiones.
5. Es propia y tiene libertad en la toma de decisiones.

Referencias sugeridas para el lector

Bruce, J. W. (2000). Conceptos sobre tenencia de la tierra. *Tenure Brief*, (1). Land Tenure Center, University of Wisconsin-Madison.

7. BG. Plan de gestión sostenible

Propósito/objetivo/principio del protocolo: Este indicador evalúa la proyección que tiene la familia sobre su finca y su vida en los próximos años. Se enfoca en identificar si dicha proyección es factible y está alineada con principios de sostenibilidad. Este indicador incluye aspectos como la diversificación productiva, la adopción de prácticas sostenibles (agricultura, ecoturismo, apicultura) y el

incremento en el uso de métodos sostenibles en la producción, entre otros.

Metodología: Mediante preguntas abiertas y cerradas, se analiza la proyección que el productor y su familia tienen para los próximos 5-10 años. Además, se exploran las acciones que esperan llevar a cabo en su predio y los avances hacia el logro de estas metas.

Escala de valoración sugerida
1. No tiene una proyección definida.
2. Tiene una proyección definida, pero no está alineada con la producción sostenible.
3. Tiene una proyección definida y alineada con la producción sostenible, con un avance menor al 49%.
4. Tiene una proyección definida y alineada con la producción sostenible, con un avance entre el 50 y el 79%.
5. Tiene una proyección definida y alineada con la producción sostenible, con un avance mayor al 80%.

Referencias sugeridas para el lector

Miller, D. (2022). Entre el proyecto y la fantasía: la representación de futuro de un grupo de jóvenes estudiantes. *Sociológica*, 17(49), 231-263.

Pizzinato, A., Uribe, M., da Costa, L. y Ferreira, L. (2016). Proyecciones de futuro y vida familiar de jóvenes mujeres del campo. *Ciencias Psicológicas*, 10(2), 143-161.

8. BG. Capacidad organizativa

Objetivo y principio del protocolo: Pertenecer a una organización o asociarse permite al productor ampliar sus conocimientos y mantenerse actualizado en aspectos productivos, ambientales y sociales. Estas organizaciones pueden ser locales, gremiales, gubernamentales (ICA, Sena, Umata, CAR, Ideam), académicas (universidades, Sena),

Agrosavia (Linkata), ONG (nacionales e internacionales), entre otras.

Metodología: Se evalúa cuántas y cuáles organizaciones productivas, ambientales y sociales integran los productores. Además, se indaga sobre su grado de satisfacción con la participación en dichas organizaciones.

Escala de valoración sugerida
1. Nunca ha participado en organizaciones.
3. Participa en una o más organizaciones y se siente insatisfecho.
5. Participa en una o más organizaciones y se siente satisfecho.

i Referencias sugeridas para el lector

Áñez Méndez, C. y Petit, E. E. (2010). Capacidad organizacional en la implementación de sistemas computarizados. Casos: Propilven y LUZ FM 102.9. *Revista Venezolana de Gerencia*, 15(52), 604-618.



Integridad ambiental (IA)

La integridad ambiental se refiere a la preservación y mantenimiento de la salud y funcionalidad de los ecosistemas y del medio ambiente en su conjunto. Los sistemas naturales, como bosques, ríos, océanos y suelos, junto con los sistemas intervenidos, como los agroecosistemas, proporcionan servicios ecosistémicos esenciales para la supervivencia humana. En esta dimensión se evalúan indicadores relacionados con los recursos naturales, su estado y los beneficios que ofrecen, como la salud del suelo, la calidad del agua, el estado de la biodiversidad, la polinización, el ciclaje de nutrientes, la captura de gases de efecto invernadero y las prácticas sostenibles orientadas a su preservación.

9. IA. Prácticas de mitigación de GEI

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador identifica prácticas que generan emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y aquellas que contribuyen a su captura. Su objetivo es evaluar el aporte del sistema productivo en la reducción de emisiones.

Metodología: El instrumento utilizado para la recopilación de datos es un cuestionario con preguntas cerradas. El productor debe responder afirmativa o negativamente sobre la implementación de prácticas generales que contribuyen a la reducción de emisiones o al secuestro de GEI. Cada pregunta tiene un puntaje asignado, que otorga mayor valor a las prácticas que favorecen la mitigación. Esto incluye acciones que reduzcan las emisiones o destinen espacios y/o prácticas específicas para capturar carbono.

Escala de valoración sugerida
1. No emplea prácticas de mitigación, favoreciendo las emisiones de GEI.
2. Emplea pocas prácticas de mitigación, favoreciendo las emisiones de GEI.
3. Emplea algunas prácticas para disminuir las emisiones de GEI.
4. Emplea prácticas que favorecen bajas emisiones y la captura de carbono.
5. Emplea prácticas que contribuyen significativamente a la captura de GEI, fijación de carbono y nitrógeno.

Referencias sugeridas para el lector

Robert, M. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. FAO.

Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. y Oosting, S. (2013). *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO₂*. FAO.

10. IA. Prácticas de conservación de agua

Objetivo y principio del protocolo: Identificar y evaluar la implementación de prácticas orientadas a la conservación del agua dentro del sistema productivo. Dado que la agricultura utiliza cerca del 70% del agua dulce disponible a nivel global, cualquier mejora en el uso eficiente de este recurso representa un aporte significativo. Actualmente, existen criterios técnicos que permiten optimizar el consumo de agua en los cultivos.

Metodología: La recopilación de información se realiza mediante una encuesta dirigida al agricultor. Las preguntas están diseñadas para identificar si se implementan prácticas de conservación del agua, ya sea en cultivos con sistemas de riego o en aquellos de secano. Cada pregunta tiene un valor ponderado que favorece las prácticas con mayor impacto positivo en la gestión adecuada del recurso hídrico a nivel predial.

Escala de valoración sugerida
1. No emplea prácticas que favorezcan la conservación del agua.
2. Emplea parcialmente prácticas de conservación, pero con tendencia al desperdicio.
3. Emplea parcialmente prácticas de conservación del agua.
4. Emplea prácticas que favorecen la conservación del agua.
5. Emplea prácticas de manera integral, favoreciendo una adecuada gestión del agua.

Referencias sugeridas para el lector

Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). *Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. FAO.

11. IA. Concentración de contaminantes en el agua

Objetivo y principio del protocolo: El uso inadecuado y excesivo de fuentes de agua puede generar una grave contaminación del suelo, afectar la salud humana, degradar el medio ambiente y deteriorar los sistemas de microirrigación. El propósito de este indicador es evaluar la calidad del agua utilizada en el riego mediante el índice de calidad del agua de riego (IWQI, por sus siglas en inglés). Este modelo de categorización traduce los datos de calidad del agua en valores numéricos fáciles de interpretar.

Metodología: Las muestras de agua empleadas en riego deben ser enviadas a un laboratorio especializado para su análisis. En el laboratorio se determinan los parámetros de calidad, cuyos resultados se contrastan con los valores permisibles definidos en normas nacionales e internacionales. Los datos se integran en 16 variables analizadas mediante el IWQI, generando cinco categorías de calidad con una escala de 0 a 100. Los valores cercanos a 0 indican excelente calidad, mientras que los próximos a 100 corresponden a agua muy contaminada.

Escala de valoración sugerida
1. IWQI > 100: agua excesivamente contaminada.
2. IWQI entre 67 y 100: agua muy contaminada.
3. IWQI entre 44 y 67: agua moderadamente contaminada.
4. IWQI entre 21 y 44: agua ligeramente contaminada.
5. IWQI entre 0 y 21: agua de óptima calidad.

Referencias sugeridas para el lector

Anyango, G. W., Bhowmick, G. D. y Sahoo, N. (2024). A critical review of irrigation water quality index and water quality management practices in micro-irrigation for efficient policy making. *Desalination and Water Treatment*, 318, 100304. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100304>

12. IA. Calidad del agua residual

Objetivo y principio del protocolo: El objetivo de este indicador es evaluar si el agua residual que sale del sistema productivo y regresa a los sistemas de drenaje de la subcuenca cumple con los criterios establecidos en las normas vigentes para vertimientos.

Metodología: Se toman muestras de agua en los puntos de salida de los sistemas de riego mediante hoyos de capta-

ción. Estas muestras se envían a un laboratorio especializado para analizar parámetros como sólidos suspendidos y sedimentables, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). Los resultados obtenidos se utilizan para calcular el índice (WWQI, por sus siglas en inglés: Wastewater Quality Index), que normaliza los valores de los parámetros según la metodología propuesta por Anyango *et al.* (2024).

Escala de valoración sugerida	
1. Agua fuertemente contaminada	WWQI entre 80-100
2. Agua contaminada	WWQI entre 62 -79
3. Agua aceptable	WWQI entre 44- 61
4. Agua buena calidad	WWQI entre 29 -43
5. Agua no contaminada	WWQI <28

Referencias sugeridas para el lector

Anyango, G. W., Bhowmick, G. D. y Sahoo, N. (2024). A critical review of irrigation water quality index and water quality management practices in micro-irrigation for efficient policy making. *Desalination and Water Treatment*, 318, 100304. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100304>

Jamshidzadeh, Z. y Tavangari Barzi, M. (2020). Wastewater quality index (WWQI) as an assessment tool of treated wastewater quality for agriculture: a case of North Wastewater Treatment Plant effluent of Isfahan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 7366-7378. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07090-x>

13. IA. Perturbación del suelo

Objetivo y principio del protocolo: La densidad aparente del suelo es un indicador clave de su compactación y la productividad agrícola. La medición de este parámetro es definitivo para determina aspectos relevantes como compactación, porosidad, aireación e infiltración del agua. Este indicador se mide tomando una muestra de suelo sin alterar mediante un anillo metálico y pesándola en laboratorio.

Metodología: Para determinar la densidad aparente, se utilizan anillos metálicos de volumen conocido. El anillo se inserta verticalmente en el suelo sin compactarlo, eliminando el exceso de tierra y nivelando la superficie. Posteriormente, la muestra se pesa, se seca a 105 °C y se vuelve a pesar. La densidad aparente se calcula dividiendo la diferencia de pesos por el volumen del anillo. Es esencial tomar varias muestras y documentar el procedimiento.

Escala de valoración sugerida	
1. Alta compactación	Más de 1,4 g/cm³ o más de 1.400 kg/m³.
3. Media compactación	Entre 1,2 g/cm³ y 1.4 g/cm³, o entre 1.200 kg/m³ y 1.400 kg/m³.
5. Baja compactación	Menos de 1,2 g/cm³ o menos de 1.200 kg/m³.

Referencias sugeridas para el lector

Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). Propiedades Físicas del Suelo. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Soil Quality Indicators. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-01/Soil%20Quality-Indicators-Bulk%20Density.pdf>

Takahashi, T., Nakano, K., Nira, R., Kumagai, E., Nishida, M. y Namikawa, M. (2020). Conversion of soil particle size distribution and texture classification from ISSS system to FAO/USDA system in Japanese paddy soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(3), 407-414. <https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1763143>

14. IA. Calidad química del suelo

Objetivo y principio del protocolo: Este protocolo evalúa los niveles químicos del suelo para determinar su salud, identificar contaminaciones y garantizar un manejo adecuado. Analiza nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, así como elementos menores.

Metodología: Se seleccionan sitios representativos considerando el uso del suelo, la topografía y la vegetación. Con herramientas como barrenos y palas, y utilizando equipo de protección, se extraen muestras de 0 a 30 cm, evitando contaminación cruzada. Las muestras se mezclan para formar una muestra compuesta, que

se etiqueta con ubicación, profundidad y fecha. Estas se envían al laboratorio con documentación detallada, donde se analizan parámetros como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nutrientes. Esta práctica, que permite establecer las condiciones químicas del suelo, es fundamental para la toma de decisiones en la generación de planes de manejo y de fertilización.

Los nutrientes se ponderan de acuerdo con su relevancia. Macronutrientes (N, P, K): valor 5, nutrientes intermedios (S, Ca, Fe): valor 3, y micronutrientes (Br, Mg, Cu, Mn, Zn): valor 1.

Ponderación total = (5 X ∑Macronutrientes) + (3 x ∑Nutrientes intermedios) + (1 X ∑Micronutrientes)

Escala de valoración sugerida	Resultado
1. Bajo	Desde 1 hasta 8,4
3. Medio	Desde 8,5 hasta 16,7
5. Alto	Desde 16,8 hasta 25

Referencias sugeridas para el lector

García, Y, Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001&lng=es&tlng=es

15. IA. Calidad biológica del suelo

Objetivo y principio del protocolo: Este protocolo mide la diversidad y actividad de los microorganismos del suelo, como bacterias, hongos y actinobacterias, así como su actividad metabólica. Proporciona información esencial para la implementación de prácticas sostenibles, la mejora de la productividad agrícola y la conservación ambiental, promoviendo un ecosistema saludable en el suelo.

Metodología: Se seleccionan sitios representativos considerando la vegetación, el uso del suelo y las condiciones ambientales. Con herramientas limpias, se extraen muestras de 0 a 10 cm, que se etiquetan con información de ubicación, profundidad y fecha. Las muestras se envían a un laboratorio especializado para cuantificar microorganismos y evaluar su actividad metabólica, proporcionando datos fiables sobre la salud biológica del suelo.

Escala de valoración sugerida	
1. Bajo	< 1×10 ² UFC*g ⁻¹
3. Medio	Entre 1×10 ² y 1×10 ⁶ UFC*g ⁻¹
5. Alto	> 1×10 ⁷ UFC*g ⁻¹

 **Referencias sugeridas para el lector**

Calderón-Medina, C., Bautista-Mantilla, G. y Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>

16. IA. Diversidad de macroinvertebrados

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador tiene como objetivo determinar la diversidad y actividad de macroinvertebrados, así como su función como bioindicadores de sostenibilidad. Los taxones de estudio incluyen insectos con diferencias marcadas en gremios tróficos (Formicidae), depredadores de diferentes órdenes (Coleoptera, Hemíptera, Diptera), polinizadores (Apoidea, Coleoptera), y grupos como parasitoides (Hymenoptera) y descomponedores (Diptera, Blattodea).

Metodología: Se utilizan trampas de caída y redes entomológicas para coleccionar artrópodos en los sistemas productivos. Este procedimiento se realiza en cada estado fenológico del cultivo (vegetativo, floración, fructificación). Los pasos incluyen la recolección, limpieza e identificación del material (en caso de dudas, enviar a identificación taxonómica). Se determinan índices de biodiversidad usando el índice Q1 (e^Shannon) de Hill, indicando mayor diversidad con un índice Q1 más alto.

Escala de valoración sugerida	
1. Bajo	e^Shannon 1 - 8
2. Bajo-medio	e^Shannon 8 - 13
3. Medio	e^Shannon 13 - 18
4. Medio-alto	e^Shannon 18 - 22
5. Alto	e^Shannon 22 - 25

 **Referencias sugeridas para el lector**

Darrigran, G., Vilches, A., Legarralde, T. y Damborenea, C. (2007). *Guía para el estudio de macroinvertebrados I. Métodos de colecta y técnicas de fijación*. UNLP.

Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

17. IA. Prácticas de conservación y/o rehabilitación de suelos

Objetivo y principio del protocolo: La medición de prácticas de conservación y rehabilitación de suelos permite evaluar su contribución a la integridad del recurso, manteniendo los servicios ecosistémicos en términos de calidad física, química y biológica (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2016; FAO, 2018). Aspectos físicos incluyen uso eficiente de fertilizantes y agua, estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad, conductividad eléctrica y retención de agua. Aspectos químicos sobresalientes son carbono orgánico total y disponible, pH, absorción de fosfatos, capacidad de

intercambio catiónico, cambios en materia orgánica, nitrógeno total y mineralizable. Aspectos biológicos abarcan macroinvertebrados, comunidades microbianas, tasas de respiración y descomposición de materia orgánica (García *et al.*, 2012).

Metodología: La medición se realiza mediante preguntas cerradas sobre el número y tipo de prácticas dirigidas a aumentar la fertilidad del suelo. Con esta información, se clasifican los predios según el número de prácticas implementadas y se complementa con los resultados de análisis de suelos y observaciones directas en campo.

Escala de valoración sugerida
1. No realiza prácticas.
2. Realiza entre 1 y 2 prácticas.
3. Realiza entre 3 y 4 prácticas.
4. Realiza entre 5 y 6 prácticas.
5. Realiza 7 o más prácticas.

i Referencias sugeridas para el lector

Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. FAO.

García, Y, Ramírez y W, Sanchez, S. (2012). Indicadores de calidad de los suelos, una nueva manera para evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2016). *Política para la gestión sostenible del suelo*. MADS.

18. IA. Contaminación del suelo

Propósito/objetivo/principio del protocolo: El manejo de cultivos suele implicar el uso de productos que pueden generar contaminación en el sistema, como fertilizantes y productos de síntesis química empleados para controlar plagas y patógenos. Sin embargo, la toxicidad de estos productos puede tener efectos adversos tanto en el ambiente como en la salud humana. Este indicador busca evaluar el impacto de dichos productos a través del Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA), el cual consolida información toxicológica en un único valor. La ecuación para calcular este coefi-

ciente considera tres componentes: productor, consumidor y ambiente (Kovach *et al.*, 1992; Kromann *et al.*, 2011; Bues *et al.*, 2004).

Metodología: Se recolecta información mediante consultas a los productores sobre el tipo de plaguicidas utilizados y la cantidad de aplicaciones realizadas. Con estos datos, se calcula el Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA) para cada plaguicida y el Coeficiente de Impacto Ambiental de Campo (CIAC) utilizando la fórmula: CIAC = CIA × Concentración × Dosis × Aplicaciones.

Escala de valoración sugerida
1. Muy alto: CIA > 150
2. Alto: CIA > 100
3. Moderado: CIA 50-100
4. Bajo: CIA < 50
5. Muy bajo: CIA < 25

i Referencias sugeridas para el lector

Bues, R., Bussi eres, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M. I. y Lyannaz, J. P. (2004). Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102(2). 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.08.007>

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J. y Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*. 139, 1-8.

Kromann, P., Pradel, W., Cole, D., Taipe, A. y Forbes, G. (2011) Use of the Environmental Impact Quotient to Estimate Health and Environmental Impacts of Pesticide Usage in Peruvian and Ecuadorian Potato Production. *Journal of Environmental Protection*, 2, 581-591. <http://doi.org/10.4236/jep.2011.25067>

19. IA. Reconocimiento de beneficios derivados de la naturaleza

Objetivo y principio del protocolo: Existe una relación estrecha entre el ambiente circundante y el bienestar humano. Los ecosistemas, las condiciones abióticas y sus interacciones permiten que los seres humanos obtengan beneficios, conocidos como servicios ecosistémicos, que se clasifican generalmente en provisión, regulación, culturales y apoyo (Balvanera y Cotler, 2007; Balvanera, 2012). Reconocer estos beneficios es el primer paso para valorar su papel fundamental en la sostenibilidad.

Metodología: Se indaga al productor mediante 12 opciones de respuesta que contemplan las cuatro principales categorías de servicios ecosistémicos: 1. Ofrece agua para uso doméstico y cultivos. 2. Ofrece alimento silvestre (frutos, captura de animales). 3. Ofrece aire limpio

- oxígeno. 4. Es importante para la regulación del agua: ayuda a controlar inundaciones, permite la retención de agua, favorece la disponibilidad permanente de agua. 5. Es importante para regular el clima: temperatura y humedad en el ambiente (Condiciones favorables para el sistema productivo). 6. Ofrece un hermoso paisaje. 7. Ofrece espacios para recreación y turismo. 8. Es un espacio para la investigación y trabajo de estudiantes. 9. Es un símbolo de identidad cultural. 10. Es un recurso que ha unido a la comunidad. 11. Es un espacio que fortalece la salud mental, física y espiritual. 12. Otro beneficio no listado.

Para su medición se establece un vector de 1 a 5 basado en el número de beneficios derivados de la naturaleza que el entrevistado identifica de forma autónoma.

Escala de valoración sugerida
1. Reconoce cinco o menos beneficios derivados de la naturaleza.
2. Reconoce entre 6 y 7 beneficios derivados de la naturaleza.
3. Reconoce entre 8 y 9 beneficios derivados de la naturaleza.
4. Reconoce entre 10 y 11 beneficios derivados de la naturaleza.
5. Reconoce más de once beneficios derivados de la naturaleza.

Referencias sugeridas para el lector

- Balvanera, P. y Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*, (84-85), 8-15.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 136-147.

20. IA. Conectividad de los ecosistemas

Objetivo y principio del protocolo: Evaluar el grado de conectividad estructural, que comprende las relaciones de continuidad y adyacencia (conexión física) entre fragmentos o parches (teselas) de cobertura natural en un paisaje. Esta conectividad garantiza la movilidad de la biodiversidad entre espacios naturales no fragmentados (Bennett, 1999). La calificación del indicador depende de la estimación de las distancias entre los parches o fragmentos.

Metodología: Utilizando una capa actualizada de cobertura de la tierra, se agrupan las clases relacionadas con coberturas naturales y seminaturales. Posteriormente, se determinan áreas núcleo, a las cuales se asigna un peso que indica el costo de desplazamiento de las especies. Se recomienda utilizar el software **SIG SAGA®-GIS**, específicamente la herramienta **Fragmentation Analysis**.

Escala de valoración sugerida del Grado de Conectividad (GDC)
1. 0% - 20%: GDC muy bajo o nulo.
2. 20% - 40%: GDC bajo.
3. 40% - 60%: GDC moderado.
4. 60 % - 80%: GDC alto
5. 80% - 100%: GDC muy alto.

Referencias sugeridas para el lector

- Bennett, A. F. (1999). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/fr-021.pdf>

21. IA. Cambio en el uso y cobertura del suelo

Objetivo y principio del protocolo: Determinar los cambios en la cobertura del suelo, específicamente el paso de áreas naturales a superficies cultivadas.

Metodología: Se deben utilizar al menos dos capas de cobertura de la tierra correspondientes a diferentes momentos temporales, con una diferencia mínima de diez años. También se puede emplear información satelital (dependiendo del área y la escala), para generar un inventario actualizado. Los datos se analizan con software SIG, donde mediante geoprocésamiento se clasifican las áreas según categorías de *pérdida*, *ganancia* y *no cambio*.

Escala de valoración sugerida
1. Pérdida: áreas de vegetación natural o en transición convertidas en áreas sin vegetación.
2. Pérdida: áreas de vegetación natural o en transición convertidas es áreas agrícolas, pecuarias u otras zonas verdes artificializadas.
3. No cambio: áreas agrícolas, pecuarias u otras zonas verdes artificializadas que permanecen sin alteración.
4. Ganancia: áreas sin vegetación o agrícolas, pecuarias u otras zonas verdes artificializadas transformadas en áreas de vegetación en transición o conservación de estas.
5. Ganancia: áreas sin vegetación o agrícolas, pecuarias u otras zonas verdes artificializadas y áreas de vegetación en transición transformadas en áreas de vegetación natural o conservación de áreas naturales.

i Referencias sugeridas para el lector

Leija Loredó, E. G., Valenzuela Ceballos, S. I., Valencia Castro, M., Jiménez González, G., Castañeda Gaytán, G., Reyes Hernández, H. y Mendoza Cantú, M. E. (2020). Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas: *Ecosistemas*, 29(1), 1826. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>

22. IA. Prácticas de conservación de especies vegetales

Objetivo y principio del protocolo: Identificar las prácticas implementadas para conservar la diversidad de especies vegetales en el predio.

Metodología: Este indicador contempla dos momentos de medición. En el primer momento se entrevista al productor sobre las prácticas de conservación, las especies manejadas en espacios de conservación y las arvenses útiles asociadas al sistema productivo. El segundo momento consiste en un muestreo de arvenses asociadas al sistema productivo mediante recorridos en forma de “X”, o “zigzag”. Con una cuadrícula, se registra aleatoriamente la presencia de diferentes familias de arvenses, para luego calcular el índice de diversidad de Shannon.

Escala de valoración sugerida: momento 1
1. No implementa prácticas relacionadas con conservación de especies vegetales.
2. Implementa entre 1 y 2 prácticas relacionadas con conservación de especies vegetales.
3. Implementa al menos 3 prácticas relacionadas con conservación de especies vegetales.
4. Implementa entre 4 y 5 prácticas relacionadas con conservación de especies vegetales.
5. Implementa al menos 6 prácticas relacionadas con conservación de especies vegetales.
Escala de valoración sugerida: momento 2
1. Diversidad baja (entre 0 y 1,35).
2. Diversidad media (entre 1,36 y 3,5).
3. Diversidad alta (mayor a 3,5).

i Referencias sugeridas para el lector

Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. <https://zhofreaguirre.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/guia-para-medir-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>

Blanco, Y. y Leyva, Á. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederos de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*, 28(2), 21-28.

Jamaica, D. y Plaza, G. (2014). Evaluation of various conventional methods for sampling weeds in potato and spinach crops. *Agronomía Colombiana*, 32(1), 36-43. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n1.39613>

WWF. (2021). ¿Qué es la biodiversidad? <https://www.wwf.org.mx/?328100/Glosario-ambiental-Que-es-la-biodiversidad>

23. IA. Diversidad de la producción

Objetivo y principio del protocolo. Este indicador está relacionado con el principio de diversidad funcional, que reconoce el rol de cada especie en el sistema.

Metodología: Se evalúa la asociación y rotación de especies vegetales cultivadas en el predio y los beneficios percibidos de estas. Se emplean diversos grupos funcionales según las necesidades del sistema, por ejemplo: a. Biodiversidad para la alimentación; b. Biodiversidad

para la gestión del suelo; c. Biodiversidad ecosistémica, con sus variables de interés. Una a una, las variables se califican para cada especie cultivada, p. ej.: 0 a 3, siendo 0 la más baja (no percibe beneficio) y 3 la más alta (evidencia el beneficio). Con base en estas calificaciones, se calcula el Índice de Diversidad Agrícola (IDA), mediante el valor ponderado de las especies respecto al valor máximo deseado. El IDA se considera eficiente si es mayor a 0,7 (Galán y Pérez, 2012).

Escala de valoración
El aporte de las especies cultivadas a la funcionalidad es:
1. Nulo/Mínimo: IDA entre 0 y 0,2.
2. Bajo: IDA entre 0,21 y 0,4.
3. Aceptable: IDA entre 0,41 y 0,6.
4. Bueno: IDA entre 0,61 y 0,8.
5. Excelente: IDA entre 0,81 y 1.

Referencias sugeridas para el lector

Galán, Á. L. y Pérez, A. L. (2012). Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología*, 7(1), 109-115.

Vilchis, R. (2023, 20 de marzo). Rotación de cultivos, una práctica que cuida la salud del suelo y las familias productoras. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). <https://www.cimmyt.org/es/noticias/rotacion-de-cultivos-una-practica-que-cuida-la-salud-del-suelo-y-las-familias-productoras/>

24. IA. Variedades adaptadas localmente

Objetivo y principio del protocolo: La diversidad intraespecífica en las unidades agrícolas ofrece beneficios como mayor resiliencia frente a factores bióticos y abióticos, incremento en el flujo de procesos ecológicos, provisión de genética adaptada localmente para el mejoramiento genético (Reiss y Drinkwater, 2018), y fortalecimiento de procesos ecológicos mediante sinergias entre bosques y cultivos (Gliessman, 2002). Este indicador tiene como objetivo cuantificar la diversidad intraespecífica de la especie más relevante para la economía de la unidad productiva evaluada desde una perspectiva de sostenibilidad.

Metodología: La diversidad intraespecífica se puede evaluar mediante tres criterios: 1. Número de organismos diferentes, 2. Uniformidad en la distribución de dichos organismos, y 3. Amplitud de diferencias entre los organismos (Bonneuil *et al.*, 2012). Estos criterios pueden ser aplicados de manera independiente o combinada. Sin embargo, considerando el contexto de aplicación del instrumento, así como las limitaciones en infraestructura y personal capacitado, se propone utilizar únicamente el primer criterio. Para medir esta diversidad, se emplea la teoría de Shannon (1948), que ha demostrado ser adecuada para calcular índices de diversidad intraespecífica (Badii *et al.*, 2008).

Descriptor de la escala	Escala de valoración sugerida
1 = Nulo/Mínimo	1. Toda el área de cultivo tiene una sola variedad.
2 = Bajo	2. Hasta un 70% del área disponible tiene una sola variedad.
3 = Aceptable	3. Hasta un 50% del área disponible muestra alta diversidad intraespecífica.
4 = Bueno	4. Más del 50% del área disponible presenta alta diversidad intraespecífica.
5 = Excelente	5. Toda el área disponible exhibe alta diversidad intraespecífica.

Referencias sugeridas para el lector

Badii, M. H., Landeros, J. y Cerna, E. (2008). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 3(1), 632-660.

Bonneuil, C., Goffaux, R., Bonnin, I., Montalent, P., Hamon, C., Balfourier, F. y Goldringer, I. (2012). A new integrative indicator to assess crop genetic diversity. *Ecological Indicators*, 23, 280-289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.002>

Reiss, E. R. y Drinkwater, L. E. (2018). Cultivar mixtures: a meta-analysis of the effect of intraspecific diversity on crop yield. *Ecological Applications*, 28(1), 62-77. <https://doi.org/10.1002/eap.1629>

25. IA. Prácticas de consumo de materiales

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador evalúa el uso de materiales en invernaderos y su relación con la sostenibilidad ambiental. Busca fomentar prácticas agrícolas responsables que mejoren la rentabilidad y sostenibilidad de los cultivos bajo cubierta.

Metodología: Se aplican herramientas de diagnóstico rural participativo mediante entrevistas a productores. Las entrevistas abordan aspectos como el uso, reutilización y reciclaje de materiales en la construcción de infraestructura agrícola. Las respuestas se analizan para clasificar a cada productor en una escala de sostenibilidad y productividad, identificando patrones y áreas de mejora en sus prácticas agrícolas.

Escala de valoración sugerida
1. Deficiente: no cumple con la mayoría, o incluso ninguno, de los criterios establecidos. Esto evidencia una falta de compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, lo que resalta la necesidad urgente de revisar y reformar las prácticas actuales.
2. Regular: no se cumplen varios criterios clave y se observa un compromiso limitado con la sostenibilidad y la adecuada gestión de materiales destinados a la infraestructura. Se requieren cambios significativos para alinear las prácticas con los estándares deseados y avanzar hacia un desempeño ambiental más adecuado.
3. Acceptable: cumple parcialmente con los criterios de selección de materiales sostenibles, aunque presenta áreas importantes de mejora en su uso. Es necesario implementar acciones adicionales para fortalecer la sostenibilidad, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y optimizar la gestión de materiales.
4. Bueno: cumple con la mayoría de los criterios establecidos y evidencia un esfuerzo notable por adoptar prácticas sostenibles. Aunque se identifican áreas específicas de mejora, el compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en el manejo de recursos para la infraestructura de invernadero es claro y consistente.
5. Excelente: existe un cumplimiento sobresaliente de todos los criterios relacionados con la selección de materiales sostenibles y las prácticas de circularidad. El productor demuestra un compromiso excepcional con la gestión responsable y la minimización del impacto ambiental.

i Referencias sugeridas para el lector

Canaj, K., Mehmeti, A., Cantore, V. y Todorović, M. (2020). LCA of tomato greenhouse production using spatially differentiated life cycle impact assessment indicators: an Albanian case study. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 6960-6970. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07191-7>

Muñoz, P., Antón, A., Nuñez, M., Paranjpe, A., Ariño, J., Castells, X., Montera, J. I. y Rieradevall, J. (2008). Comparing the environmental impacts of greenhouse versus open-field tomato production in the Mediterranean region. *Acta Horticulturae*, 801, 1591-1596. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.801.197>

Salinas-Velandia, D. A., Romero-Perdomo, F., Numa-Vergel, S., Villagrán, E., Donado-Godoy, P. y Galindo-Pacheco, J. R. (2022). Insights into Circular Horticulture: Knowledge Diffusion, Resource Circulation, One Health Approach, and Greenhouse Technologies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12053. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912053>

Villagrán, E., Romero-Perdomo, F., Numa-Vergel, S., Galindo-Pacheco, J. R. y Salinas-Velandia, D. A. (2023). Life Cycle Assessment in Protected Agriculture: Where Are We Now, and Where Should We Go Next? *Horticulturae*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010015>

26. IA. Disposición de residuos plásticos

Objetivo y principio del protocolo: Determinar el nivel de disposición de los empaques peligrosos en el predio e identificar potenciales fuentes de contaminación en el sistema. Esto permitirá generar un Plan de Gestión conforme a la Resolución 1675 del 2 de diciembre de 2013 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

Metodología: Se realizará una entrevista al productor o a un miembro de la familia para indagar sobre el manejo de residuos plásticos de agroquímicos, la frecuencia de esta actividad y los medios y niveles de rigurosidad utilizados. Posteriormente, mediante observación directa, se evaluarán las condiciones de disposición temporal y final de estos residuos, con el propósito de identificar riesgos potenciales para la salud de los habitantes del predio, los animales o la comunidad en general.

Escala de valoración sugerida
1. No realiza una gestión adecuada de residuos (los quema o los entierra), no cumple con un Plan de Devolución de Productos Posconsumo. Los empaques están al alcance de niños o animales, cerca de viviendas, fuentes de agua o cultivos. Se observa reutilización total o parcial de los empaques en actividades domésticas. Una o varias condiciones están presentes.
2. Cumple con el Plan de Devolución de Productos Posconsumo, pero el acopio temporal de los empaques de agrotóxicos se realiza en lugares con mínimas medidas de seguridad. Los empaques pueden estar al alcance de niños o animales, cerca de viviendas, fuentes de agua o cultivos. Existe reutilización parcial de los empaques.
3. Cumple con el Plan de Devolución de Productos Posconsumo. Durante el acopio temporal, los empaques se mantienen alejados de las viviendas, fuentes de agua y cultivos, pero sin medidas adecuadas de seguridad. En ningún caso reutilizan los empaques.
4. Cumple con el Plan de Devolución de Productos Posconsumo. Los empaques, durante el acopio temporal, se almacenan bajo condiciones seguras: fuera del alcance de niños y animales, en un lugar aireado, con techo, elevado del suelo y bajo llave, alejado de viviendas, fuentes de agua, cultivos y lugares de cría de animales. La disposición final de los empaques se realiza mediante recolección por un ente especializado (p. ej. Corporación Campolimpio).
1. No utiliza agroquímicos, por lo que no genera residuos peligrosos.

i Referencias sugeridas para el lector

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020, 27 de mayo). *Resolución No. 068370*. Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola" ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/14d518e8-7f1d-4867-819c-b0ec3828f847/2020R68370.aspx>

27. IA. Disposición de residuos orgánicos

Objetivo y principio del protocolo: Determinar el tipo de aprovechamiento de los residuos orgánicos realizado en el predio.

Metodología: Se aplica una entrevista con preguntas dirigidas a identificar prácticas relacionadas

con la gestión de residuos orgánicos. Se evalúa cómo se realiza la recolección de estos residuos (abandono, separación o apilado), el tipo de aprovechamiento (compost, lombricompost, biopreparados, alimento para animales) y el nivel de control de los procesos implementados.

Escala de valoración sugerida
1. No realiza gestión de residuos.
2. Realiza separación de residuos orgánicos e inorgánicos.
3. Implementa iniciativas de aprovechamiento.
4. Estrategias de aprovechamiento incorporadas, pero sin control.
5. Estrategias de aprovechamiento controladas y sostenibles.

Referencias sugeridas para el lector

Cuervo, J. L., Sandoval, A., Martínez, N., Gonzalez, L. P. y Torres, A. F. (2016). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura en Bogotá D. C.* Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.

Rivas Arias, C. (s. f.). Piensa un minuto antes de actuar: Gestión integral de residuos sólidos. MADS. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx>



Resiliencia económica (RE)

La economía abarca todos los aspectos de la vida humana y constituye una de las dimensiones clave de la sostenibilidad, ya que influye directamente en el desarrollo de comunidades prósperas. La resiliencia económica implica la capacidad de resistir y mitigar el impacto de choques económicos, tales como recesiones, desastres naturales, crisis financieras o cambios en el mercado, y de recuperarse eficazmente para mantener o mejorar el bienestar económico a largo plazo.

Se incluyen indicadores para evaluar si la actividad agropecuaria permite cubrir deudas, generar flujo de caja positivo, compensar las externalidades negativas generadas, y remunerar adecuadamente a los trabajadores. Además, deben existir mecanismos de amortiguación (ahorros o activos) que permitan afrontar cambios o choques externos que puedan afectar significativamente el desempeño de la actividad agropecuaria.

28. RE. Inversión interna

Objetivo y principio del protocolo: Evaluar los recursos que un productor destina a financiar el sistema productivo, reflejados en inversiones. Estas dependen de su disposición para reinvertir y de los aspectos específicos en los que decida hacerlo. Los tipos de inversión incluyen infraestructura, equipos, maquinaria, formación, asistencia técnica, mejoras de vivienda, insumos diferenciados, materiales varietales, y diversificación hacia otros sistemas productivos, entre otros.

Metodología: Se consulta al productor sobre el porcentaje (%) de los ingresos reinvertidos en la finca y el propósito de dicha inversión. Con base en esta información, se clasifica el nivel de inversión en una de las escalas de valoración. A mayor porcentaje de inversión, mayor será la valoración del indicador (verde). Por el contrario, un menor porcentaje implica una actividad productiva más vulnerable y de una menor valoración.

Escala de valoración sugerida
1. Invierte ≤ 10%.
2. Invierte entre 11 y 20%.
3. Invierte entre 21 y 30%.
4. Invierte entre 31 y 40%.
5. Invierte ≥ 50%.

Referencias sugeridas para el lector

Santos, T. (2008). Estudio de factibilidad de un proyecto de inversión: etapas en su estudio. *Contribuciones a la Economía*, 11. <https://www.eumed.net/ce/2008b/tss.htm>

29. RE. Relación costo-beneficio

Objetivo y principio del protocolo: Determinar la viabilidad financiera del sistema productivo, permitiendo comprender si los ingresos superan los costos de producción. Este análisis proporciona información clave para la toma de decisiones.

Metodología: Se recopilan datos sobre los costos de producción, ingresos y precios de venta mediante entrevistas. A partir de estos datos, se calcula el ingreso neto y se proyecta el flujo de caja para determinar el indicador beneficio-coste (B/C), donde B/C > 1 indica viabilidad financiera.

Escala de valoración sugerida
1. B/C < 1: los costos de producción superan los beneficios, indicando una viabilidad financiera negativa.
2. B/C = 1: punto de equilibrio; los costos son iguales a los beneficios, sin pérdidas ni ganancias.
3. 1 < B/C < 2: viabilidad financiera moderada; los beneficios superan ligeramente los costos.
4. 2 < B/C < 3: buena viabilidad financiera; los beneficios superan significativamente los costos.
5. B/C > 3: alta viabilidad financiera; los beneficios son muy superiores a los costos, lo que sugiere un excelente manejo del cultivo y potencial para inversiones sostenibles.

Referencias sugeridas para el lector

García-Hevia, S., Mora-Gutiérrez, M., Cárdenas-López, J. F., Hernández-Cuello, G. y Pérez-Petitón, J. (2019). Evaluación económica del sistema de riego en la asociación aguacate-guayaba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(3). https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1131/pdf_1

León, E. P. Q. y Hevia, S. G. (2021). Evaluación productiva y económica en la producción de maracuyá, zona Vega Rivera, El Oro. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(2), 86-94. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v30n2/2021-0054-rcta-30-02-e09.pdf>

Vásquez-Aguilar, R. F. y García-Hevia, S. (2021). Estudio técnico-económico en el cultivo del aguacate, cantón Atahualpa, provincia El Oro. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(3), 91-101. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1458/pdf>

30. RE. Costo de producción

Objetivo y principio del protocolo: Clasificar, registrar y agrupar detalladamente los gastos asociados a la producción agropecuaria, proporcionando información precisa sobre el costo unitario de cada proceso, producto y actividad.

Metodología: Se reopilan los costos de producción agrícola mediante entrevistas con los agricultores, utilizando listas de verificación para insumos y gastos adicionales. Durante la entrevista, se formulan preguntas orientadoras y se registran los datos necesarios. Luego, se proyecta la producción para estimar el costo por unidad (COP/kg) durante el ciclo del cultivo. Este costo unitario se calcula dividiendo el costo total entre la producción de un área específica, permitiendo comparaciones entre agricultores.

Escala de valoración sugerida
1. Mínima eficiencia en costos: el agricultor presenta la menor eficiencia en la relación entre costos totales y producción obtenida. Tiene el costo por unidad de producto más alto en comparación con los demás.
2. Baja eficiencia en costos: el agricultor muestra una baja eficiencia en la relación entre costos totales y producción obtenida. El costo por unidad de producto es considerablemente más alto que el promedio general.
3. Eficiencia moderada en costos: el agricultor logra una eficiencia moderada en la relación entre costos totales y producción obtenida. El costo por unidad de producto se encuentra alineado con el promedio de los demás.
4. Alta eficiencia en costos: el agricultor demuestra una alta eficiencia en la relación entre costos totales y producción obtenida. Aunque su desempeño es notable, el costo por unidad de producto es ligeramente superior al del mejor caso.
5. Máxima eficiencia en costos: el agricultor alcanza la máxima eficiencia en la relación entre costos totales y producción obtenida. Logra el menor costo por unidad de producto entre todos los evaluados.

i Referencias sugeridas para el lector

Finagro. (s. f.). *Agroguía: Aguacate Hass*. Finagro. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2022-05/aguacate_hass.pdf

Finagro. (s. f.). *Agroguía: Maracuyá amarillo*. Finagro. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/maracuya_amarillocundinamarca.pdf

Finagro. (s. f.). *Agroguía: Tomate chonto invernadero*. Finagro. <https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2022-07/MRA-Tomate-chonto-invernadero-Boyaca-Sutamarchan-Villa-de-Leyva.pdf>

31. RE. Vulnerabilidad: garantía de niveles de producción

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador evalúa la incidencia o presencia de plagas y enfermedades durante un ciclo de producción agrícola, con el fin de determinar su impacto en la calidad y el rendimiento del producto.

Metodología: Se realizan monitoreos en diferentes etapas del cultivo, con frecuencia quincenal. De manera aleatoria, se seleccionan entre 15 y 20 plantas por cultivo para identificar la incidencia de plagas (insectos y patógenos) en sus órganos principales. Los resultados se comparan con los datos de cosecha, considerando la calidad del fruto obtenido y las pérdidas ocasionadas por problemas fitosanitarios (Agrios, 2005).

Se registra la presencia o ausencia de agentes plaga y el daño causado.

Para medir este indicador se utiliza una escala de cualitativa que evalúa el estado sanitario del cultivo, desde el escenario más deseable hasta el menos favorable.

Escala de valoración sugerida (fitosanitaria)
El cultivo presenta más de una enfermedad y/o más de un insecto plaga, con una incidencia > 30%.
El cultivo presenta más de una enfermedad y/o un insecto plaga, con una incidencia entre 15 y 30%.
El cultivo presenta hasta una enfermedad y/o un insecto plaga, con una incidencia entre 15 y 30%.
El cultivo presenta una enfermedad y/o un insecto plaga, con una incidencia < 15%.
El cultivo no presenta enfermedades ni daños económicos causados por insectos plaga.

i Referencias sugeridas para el lector

Alfenas, A.C. y Mafia, R.G. (Eds.). (2007). *Métodos em Fitopatologia*. Editora UFV.

Agrios, G. (2005). *Plant Pathology* (5.ª ed.): Elsevier Academic Press.

Arauz, F. (1998). *Fitopatología: un análisis agroecológico*. EUCR.



32. RE. Canales de adquisición

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador analiza los medios por los cuales se adquieren insumos y materiales necesarios para la producción agrícola. Una adecuada planeación y programación de estas adquisiciones permite al productor comparar y tomar decisiones frente a las ofertas disponibles, considerando factores como precios, tiempos de entrega, disponibilidad y accesibilidad, entre otros. En algunos casos, esta planificación lleva a los productores a fabricar sus propios insumos.

Metodología: Se consulta a los productores sobre las medidas implementadas en la finca para mitigar ries-

gos del mercado, como la escasez o los altos costos de insumos.

La evaluación se basa en las mejores prácticas de SAT, centradas en el aprovechamiento eficiente de las materias primas del predio. Lo más deseado (verde) son los productores que elaboran sus propios insumos, emplean canales no convencionales (com intercambios con vecinos) o utilizan insumos alternativos (lombricompostaje, gallinaza, etc.). Lo menos deseado son aquellos productores que continúan utilizando insumos químicos adquiridos en casas comerciales.

Escala de valoración sugerida
1. No ha cambiado la forma de producir, continúa adquiriendo insumos químicos de síntesis en casas comerciales.
2. Compra insumos alternativos, pero exclusivamente en establecimientos comerciales.
3. Obtiene insumos alternativos a través de canales no convencionales (vecinos o amigos).
4. Fabrica o adquiere parcialmente (una o dos opciones) insumos alternativos.
5. Fabrica sus propios insumos y emplea todas las alternativas disponibles para su fabricación y adquisición.

Referencias sugeridas para el lector

Estival, K. G., Corrêa, S. R., Mariani, M. y Benini, E. G. (2016). Análisis de la participación de los productores de la agricultura familiar de los asentamientos y comunidades rurales del Sur de Bahía, Brasil, en la Cadena de Valor del Cacao (Chocolate). *Revista Espacios*, 37(17), 2.

33. RE. Calidad del producto: contaminación de alimentos

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador busca determinar el impacto de la aplicación de plaguicidas por los productores en el control de plagas y enfermedades teniendo en cuenta su residualidad en el fruto.

Metodología: Durante la cosecha se tomarán muestras de fruta (1 kg aproximadamente), empacarlas en

bolsas plásticas debidamente marcadas y se remitirán al laboratorio de referencia dentro de las 48 h posteriores a su colecta para realizar el análisis de residualidad de plaguicidas (Primoris, 2024). De acuerdo con los resultados se determina el cumplimiento de los límites máximos de residuos (LMR) establecidos por el *Codex Alimentarius*.

Escala de valoración sugerida
1. Más de seis principios activos detectados y al menos uno supera los LMR.
2. Cinco principios activos detectados, de los cuales dos superan los LMR.
3. Cinco principios activos detectados, de los cuales al menos uno supera los LMR.
4. De uno a cinco principios activos detectados sin superar los LMR.
5. No se detectan residuos.

Referencias sugeridas para el lector

Primoris. (2024). Protocolo de selección de muestra. <https://www.primoris-lab.com/media/1536/protocolo-de-env%C3%ADo.pdf>. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>

Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J. y Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*, 139, 139-146.

34. RE. Producción certificada

Objetivo y principio del protocolo: Las dinámicas del mercado han incentivado a las empresas y productores a mejorar la calidad de sus productos, especialmente para cumplir con los estándares de exportación. Estas mejoras suelen reflejarse en un mayor valor agregado, principalmente en el precio de venta. Las certificaciones nacionales e internacionales representan un respaldo que asegura el cumplimiento de estándares de calidad, productividad y reconocimiento, entre otros.

Metodología: Se indaga sobre las certificaciones nacionales o internacionales con las que cuenta el predio (BPA, ICA, Global Gap (EurepGAP), Rainforest Alliance, Comercio Justo Fairtrade, Alimento Ecológico, ISO 22000, USDA Organic, European Organic) y se verifica si el productor posee documentos que lo acrediten.

Entre más certificaciones posea el productor, mejor posicionado estará en la escala de valoración sugerida, ya que está cumpliendo con diferentes requisitos exigidos por varias organizaciones nacionales y/o internacionales.

Escala de valoración sugerida
1. No conoce los tipos ni procesos para certificarse.
2. No tiene certificaciones.
3. Posee un sistema propio de trazabilidad.
4. Cuenta con entre una y tres certificaciones.
5. Posee cuatro o más certificaciones.

Referencias sugeridas para el lector

Botello, H. A. (2016). Las certificaciones de calidad y la internacionalización de las firmas industriales colombianas. *Suma de Negocios*, 7(16), 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2016.02.009>

35. RE. Fuerza de trabajo local

Objetivo y principio del protocolo: La fuerza de trabajo local se refiere a la cantidad de mano de obra que favorece el empleo local y la generación de ingresos para los productores locales. Este indicador analiza cinco escenarios, desde el ideal, en el que el 100% de la mano de obra es local, hasta el peor, donde solo el 10% proviene de la región. Permite evaluar el impac-

to socioeconómico en la mejora de las condiciones de vida de la población local.

Metodología: Se realizan entrevistas semiestructuradas en las que se establecen rangos porcentuales para evidenciar la proporción de fuerza laboral local en la región y en las parcelas seleccionadas.

Escala de valoración sugerida
1. El 10% de la fuerza laboral es local.
2. El 20% de la fuerza laboral es local.
3.El 50% de la fuerza laboral es local.
4. El 80% de la fuerza laboral es local.
5. El 100% de la fuerza laboral es local.

Referencias sugeridas para el lector

Tommasino, H., Cortelezzi. A., Mondelli, M., Bervejillo, J. y Silva, M. E. (2014). Tipología de productores agropecuarios: caracterización a partir del censo agropecuario 2011. *Anuario 2014*. OPYPA.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane). (2024). *Boletín técnico: Mercado laboral de la población campesina*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIHMLPC-mar-may2024.pdf>

36. RE. Relación laboral

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador tiene como objetivo identificar el uso de la mano de obra familiar y el tipo de contrato de la fuerza laboral, ya sea formal o informal. La escala de medición abarca desde un escenario ideal, donde el 100% de la fuerza laboral

empleada cuenta con un contrato formal y al menos el 50% es mano de obra familiar, hasta un escenario desfavorable, donde menos del 10% de la fuerza laboral tiene contrato formal y menos del 20% es mano de obra familiar.

Escala de valoración sugerida
1. Menos del 10% de la fuerza laboral tiene un contrato formal de trabajo y menos del 20% es mano de obra familiar.
2. El 20% de la fuerza laboral tiene contrato formal y el 50% es mano de obra familiar.
3. El 50% de la fuerza laboral tiene contrato formal y al menos el 50% es mano de obra familiar.
4. El 80% de la fuerza laboral tiene contrato formal y el 50% es mano de obra familiar.
5. El 100% de la fuerza laboral tiene contrato formal y más del 50% es mano de obra familiar.

i Referencias sugeridas para el lector

Tommasino, H., Cortelezzi, A., Mondelli, M., Bervejillo, J. y Silva, M. E. (2014). Tipología de productores agropecuarios: caracterización a partir del censo agropecuario 2011. *Anuario 2014*. OPYP.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane). (2024). *Boletín técnico: Mercado laboral de la población campesina*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIHMLPC-mar-may2024.pdf>



Bienestar social (BS)

El bienestar social abarca el nivel de calidad de vida y las condiciones que permiten a las personas y comunidades vivir de manera digna, saludable y segura. Esto incluye la satisfacción de necesidades básicas y el acceso a oportunidades que fomentan el desarrollo personal y comunitario. Los

indicadores de bienestar social incluyen medios de vida dignos, prácticas comerciales justas, derechos, equidad, salud, seguridad humana y diversidad cultural. Estos aspectos reflejan el desempeño de las actividades agropecuarias en relación con la dimensión social de la sostenibilidad.

37. BS. Desarrollo de capacidades

Objetivo y principio del protocolo: Evaluar la participación de los productores agropecuarios en capacitaciones orientadas a fortalecer, mejorar y adquirir nuevos conocimientos sobre el manejo integral de sus sistemas productivos.

Metodología: A través de entrevistas, se recopila información sobre el número de capacitaciones recibidas por el productor durante el último año y su intensidad horaria.

Escala de valoración sugerida
1. Menos de 2 capacitaciones al año, con un promedio de al menos 4 horas en total.
2. Entre 2 y 4 capacitaciones al año, con un promedio de entre 8 y 16 horas.
3. Entre 5 y 7 capacitaciones al año, con un promedio de entre 20 y 28 horas.
4. Entre 8 y 10 capacitaciones al año, con un promedio de entre 32 y 40 horas.
5. Aproximadamente 12 capacitaciones al año, con un total de 48 horas.

i Referencias sugeridas para el lector

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane). (2014). *Tercer Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2: Resultados*. Dane. www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf

38. BS. Equidad de género

Objetivo y principio del protocolo: Históricamente, el papel de las mujeres en el sistema productivo ha sido marginal, invisible o limitado a tareas específicas. Cuando se reconocía su participación, esta se asociaba principalmente con actividades de poscosecha o transformación del producto, roles tradicionalmente vinculados a las mujeres en la agricultura (Sachs, 1995). Este indicador busca resaltar el papel de las mujeres en el sistema productivo, particularmente en su participación en la toma de decisiones relacionadas con el manejo de cultivos y la comercialización.

Metodología: Aunque medir la participación de las mujeres en el sistema productivo puede resultar

complejo, las entrevistas semiestructuradas realizadas tanto a hombres como a mujeres del hogar permiten analizar los procesos de toma de decisiones en pareja. Estas entrevistas abordan actividades clave de la finca, como su manejo, cosecha/poscosecha y comercialización. Se busca determinar si las decisiones se comparten equitativamente entre los cónyuges.

Además, este indicador se complementa con la herramienta de “asignación de tiempo”, que identifica el tiempo dedicado por hombres y mujeres a diversas actividades durante días laborables y fines de semana. Esto permite evaluar si los roles y responsabilidades tradicionales han evolucionado en los estudios de caso.

Escala de valoración sugerida
1. La mujer (esposa) participa en la toma de decisiones de una sola actividad (comercialización, cosecha/poscosecha, manejo de la finca).
3. La mujer (esposa) participa en la toma de decisiones de dos actividades (comercialización, cosecha/poscosecha, manejo de la finca).
5. La mujer (esposa) participa en la toma de decisiones de las tres actividades (comercialización, cosecha/ poscosecha, manejo de la finca).

Escala de valoración sugerida
1. El marido dedica menos de 60 minutos diarios a actividades tradicionalmente asociadas a la mujer.
3. El marido dedica entre 60 y 180 minutos diarios a actividades tradicionalmente asociadas a la mujer.
5. El marido dedica 180 minutos o más diarios a actividades tradicionalmente asociadas a la mujer.

i Referencias sugeridas para el lector

Sachs, C. E. (1996). *Gendered Fields: Rural Women, Agriculture, and Environment* (1.ª ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429493805>

39. BS. Participación de jóvenes

Objetivo y principio del protocolo: El papel de los jóvenes en el desarrollo rural es fundamental, ya que demuestra que son actores competentes y no solo pasivos en los procesos productivos (Geza *et al.*, 2021). No obstante, su participación en la agricultura sigue siendo subestimada y devaluada, lo que influye en su decisión de permanecer o abandonar el sector rural y agrícola. Este indicador evalúa la participación de los jóvenes en el sistema productivo, particularmente en el

manejo general de la finca, la cosecha/poscosecha y la comercialización de los productos.

Metodología: Se utilizan entrevistas semiestructuradas y la técnica de asignación de tiempo para evaluar la participación de los jóvenes (hijos) económicamente activos en actividades relacionadas con el manejo de la finca, la cosecha/poscosecha y la comercialización.

Escala de valoración sugerida
1. Ninguno de los hijos adultos participa en las actividades de la finca.
3. Los hijos adultos participan en dos actividades relacionadas con la finca.
5. Los hijos adultos participan en tres o más actividades relacionadas con la finca.

Referencias sugeridas para el lector

Geza, W., Ngidi, M., Ojo, T., Adetoro, A. A., Slotow, R. y Mabhaudhi, T. (2021). Youth Participation in Agriculture: A Scoping Review. *Sustainability*, 13(16), 9120. <https://doi.org/10.3390/su13169120>

40. BS. Autosuficiencia alimentaria

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador mide la contribución del sistema productivo y de los huertos familiares a la seguridad alimentaria de las familias, así como la proporción de ingresos destinados a la obtención de alimentos.

Metodología: Mediante una entrevista semiestructurada, se analiza el porcentaje de ingresos destinado a diversos gastos, incluyendo alimentación, servicios, salud, educación, transporte, finca y ocio, entre otros. Además, se evalúa la contribución de los huertos familiares a la seguridad alimentaria utilizando un gráfico circular para ilustrar su impacto.

Escala de valoración sugerida
1. Entre el 0 y el 9% del presupuesto se destina a la alimentación, y no cuenta con huerto familiar que contribuya a la seguridad alimentaria.
2. Entre el 10 y el 19% del presupuesto se destina a la alimentación, y no cuenta con huerto familiar que contribuya a la seguridad alimentaria.
3. Entre el 20 y el 29% del presupuesto se destina a la alimentación, y el huerto familiar contribuye a la seguridad alimentaria.
4. Entre el 30 y el 39% del presupuesto se destina a la alimentación, y el huerto familiar contribuye a la seguridad alimentaria.
5. El 40% o más del presupuesto se destina a la alimentación, y el huerto familiar contribuye a la seguridad alimentaria.

Referencias sugeridas para el lector

Padoch C y de Jong, W. (1991). The House Gardens of Santa Rosa: Diversity and Variability in an Amazonian Agricultural System. *Economic Botany*, 45(2), 166-175.

41. BS. Compradores responsables

Objetivo y principio del protocolo: Este indicador analiza la existencia de acuerdos de venta de productos y evalúa el nivel de satisfacción del productor con los precios recibidos. Parte del supuesto de que los precios se definen mediante negociaciones equitativas y acuerdos mutuos, lo que promueve relaciones positivas entre las partes y favorece una producción sostenible.

Metodología: Mediante preguntas abiertas y cerradas, se analiza la presencia de acuerdos formales y verbales entre el productor y compradores específicos. Si los acuerdos existen, se profundiza en aspectos cómo: identificación de los compradores, fecha de establecimiento de los acuerdos, nivel de cumplimiento de los acuerdos, y satisfacción con los precio de venta.

Escala de valoración sugerida
1. Muy satisfecho/a. Los compradores pagan lo justo por la calidad de mi producto.
2. Algo insatisfecho/a. No me pagan lo justo por la calidad de mi producto.
3. Ni satisfecho/a ni insatisfecho/a. No estoy seguro/a si me pagan lo justo.
4. Algo satisfecho/a. Mi producto es bien pagado, pero no se valora completamente su calidad.
5. Muy satisfecho/a. Los compradores reconocen y pagan lo justo por la calidad de mi producto.

Referencias sugeridas para el lector

Rodríguez-Robayo, K., Pulido-Blanco, V., Rojas, D. y Martínez, F. (2022). Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). *Agroalimentaria*, 28(54):139-169.



06

APLICACIÓN Y ESTUDIOS DE CASO

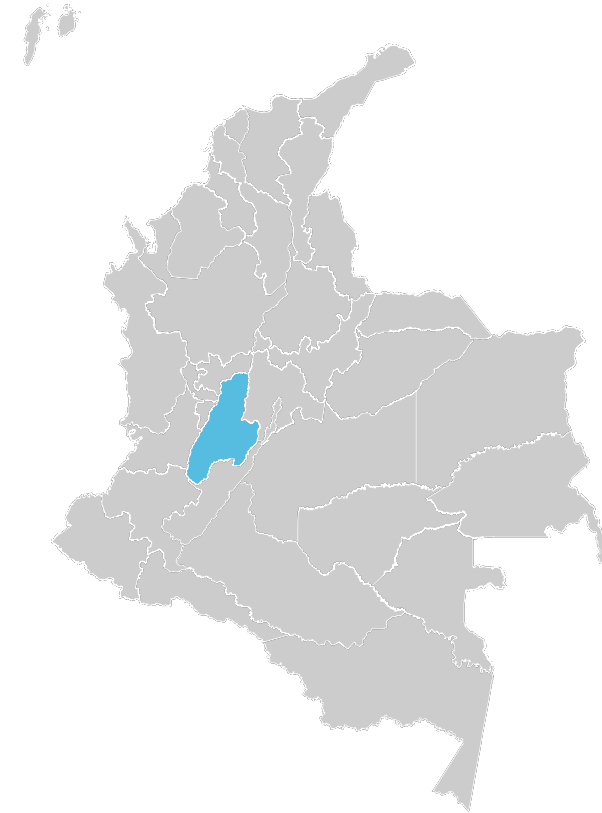
Con el propósito de evaluar la sostenibilidad en sistemas de producción, se llevaron a cabo seis estudios de caso: tres con implementación de prácticas de prácticas del enfoque Somos Agricultura Tropical (SAT) y tres sin ellas. Estos estudios se desarrollaron en sistemas productivos de aguacate en el departamento del Tolima, maracuyá en el departamento del Meta y tomate bajo cubierta en el departamento de Boyacá.

Foto: María Elena Londoño

A continuación, se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en estas parcelas.

El cultivo de aguacate en el Tolima

Estudio de caso: cultivo de aguacate en una finca con SAT



Superficie
2 ha



Año de siembra
2018

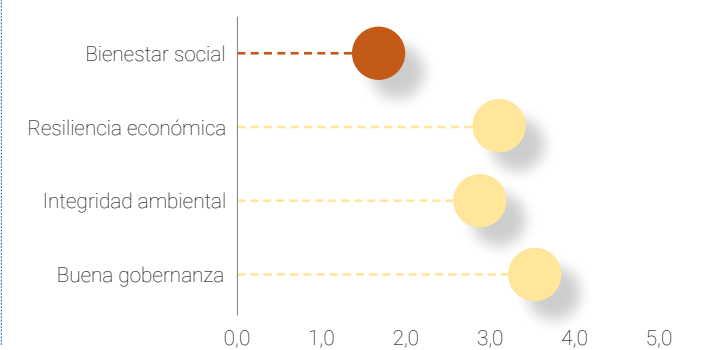


Especie
Aguacate Hass en monocultivo



Manejo
Implementa prácticas de SAT, como

1. Cojinetes (mulch).
2. Caldo sulfocálcico.
3. Caldo bordelés.
4. Micorrizas.



La dimensión de **buena gobernanza** evaluada en el cultivo de aguacate con prácticas de SAT obtuvo una valoración alta (3,9). Los indicadores mejor calificados (4-5) en esta dimensión están relacionados con responsabilidad, trans-

parencia, resolución de conflictos, propiedad de la tierra, planes de gestión sostenible y participación de actores interesados. Este panorama refleja un ambiente favorable para avanzar hacia la sostenibilidad del sistema productivo.



Se identificaron aspectos positivos como la percepción de acceso seguro a la tierra, la existencia de mecanismos de gobernanza transparentes en el manejo de los cultivos, el interés en incrementar el uso de prácticas sostenibles, la participación en proyectos ambientales y la ausencia de conflictos sociales, ambientales o comerciales.

Estas condiciones son clave para transitar hacia sistemas productivos sostenibles (FAO, 2021; Rodríguez-Robayo *et al.*, 2024).

En este sentido, las prácticas de AT son tanto un resultado como una fuente de las condiciones descritas, ya que su implementación implica un comportamiento compatible con la producción en un sistema socioecológico interrelacionado y complejo (Rodríguez-Robayo *et al.*, 2023). Sin embargo, se identificaron retos en indicadores con valoraciones de 2, como el fortalecimiento de la capacidad organizativa y la integración de los productores con actores clave de la región. Esto evidencia que, aunque se cuentan con elementos propicios para la sostenibilidad basada en prácticas de AT, no se logra una gobernanza completa debido a la desarticulación entre los eslabones de la cadena productiva.

Para superar estas limitaciones, se recomiendan estrategias como encuentros entre actores interesados, talleres de sensibilización, identificación de puntos

críticos y otras metodologías de trabajo asociativo que puedan mejorar estos indicadores.

La dimensión de **integridad ambiental** obtuvo una valoración intermedia (3,2). Los indicadores mejor evaluados (4-5) destacan la mínima concentración de contaminantes en el agua, la calidad de agua residual, la presencia de suelos descompactados, la alta diversidad de macroinvertebrados, el desarrollo de prácticas de conservación del suelo y la presencia de suelos poco contaminados. Adicionalmente, se observó una disposición adecuada de residuos plásticos y orgánicos en la finca. Los indicadores con valoraciones intermedias (3) están relacionados con el uso de prácticas de mitigación de gases de efecto invernadero y la calidad microbiológica del suelo.

Los principales retos están asociados a los indicadores con puntuaciones bajas (1-2), que señalan la necesidad de fortalecer prácticas de conservación del agua y manejo de arvenses, mejorar la calidad química del suelo, promo-

ver la diversificación productiva y reconocer los beneficios derivados de la biodiversidad. El indicador de variedades adaptadas localmente obtuvo una valoración baja, evidenciando la escasa presencia y abundancia de variedades de aguacate adaptadas a las condiciones locales.

Los resultados sugieren la necesidad de generar planes de gestión del riesgo que promuevan una mayor diversidad de especies agrícolas. Esto no solo contribuiría a la alimentación humana y animal, sino también a la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y al manejo sostenible de la producción mediante estrategias como cultivos trampa, barreras vivas y polinización, entre otras. Además, se recomienda implementar prácticas que fomenten la conservación de especies vegetales para lograr un balance ecológico y productivo orientado a la sostenibilidad.

La dimensión de **resiliencia económica** obtuvo un desempeño moderado (3,4). Los indicadores con mejores calificaciones (4-5) incluyen la inocuidad del producto, ya que no se detectaron residuos de agroquímicos en los frutos cosechados, debido al bajo uso y manejo eficiente de plaguicidas (Lykogianni *et al.*, 2021); la inversión de los ingresos generados, debido a que una parte significativa de los recursos se reinvierte en la finca y el sistema productivo; la utilización de fuerza laboral local que garantiza mejores ingresos para las familias de la región, evidenciando una sólida integración con la comunidad. Además, la certificación de la producción indica que el agricultor cuenta con entre una y tres certificaciones nacionales o internacionales, lo que respalda la calidad de su fruta y facilita el acceso a mercados de exportación. Finalmente, la robustez en los canales de adquisición refleja menor dependencia de productos de síntesis química, optando por alternativas como abonos verdes, lombricompost, gallinaza, caldo sulfocálcico y caldo bordelés, entre otros, lo que indica relaciones efectivas en la cadena de suministros.

No obstante, las bajas valoraciones (1-2) en costo de producción reflejan una baja eficiencia entre los costos totales y la producción obtenida, con un costo por unidad

de producto considerablemente más alto que el promedio regional. Además, la garantía de niveles de producción señala la presencia de por lo menos una plaga o enfermedad en el cultivo con incidencia o presencia superior al 30%, debido a un control fitosanitario ineficiente, lo que compromete tanto el rendimiento como la calidad de la producción. En general, los altos costos de producción y los problemas fitosanitarios generan alerta sobre una posible baja rentabilidad y estabilidad del negocio.

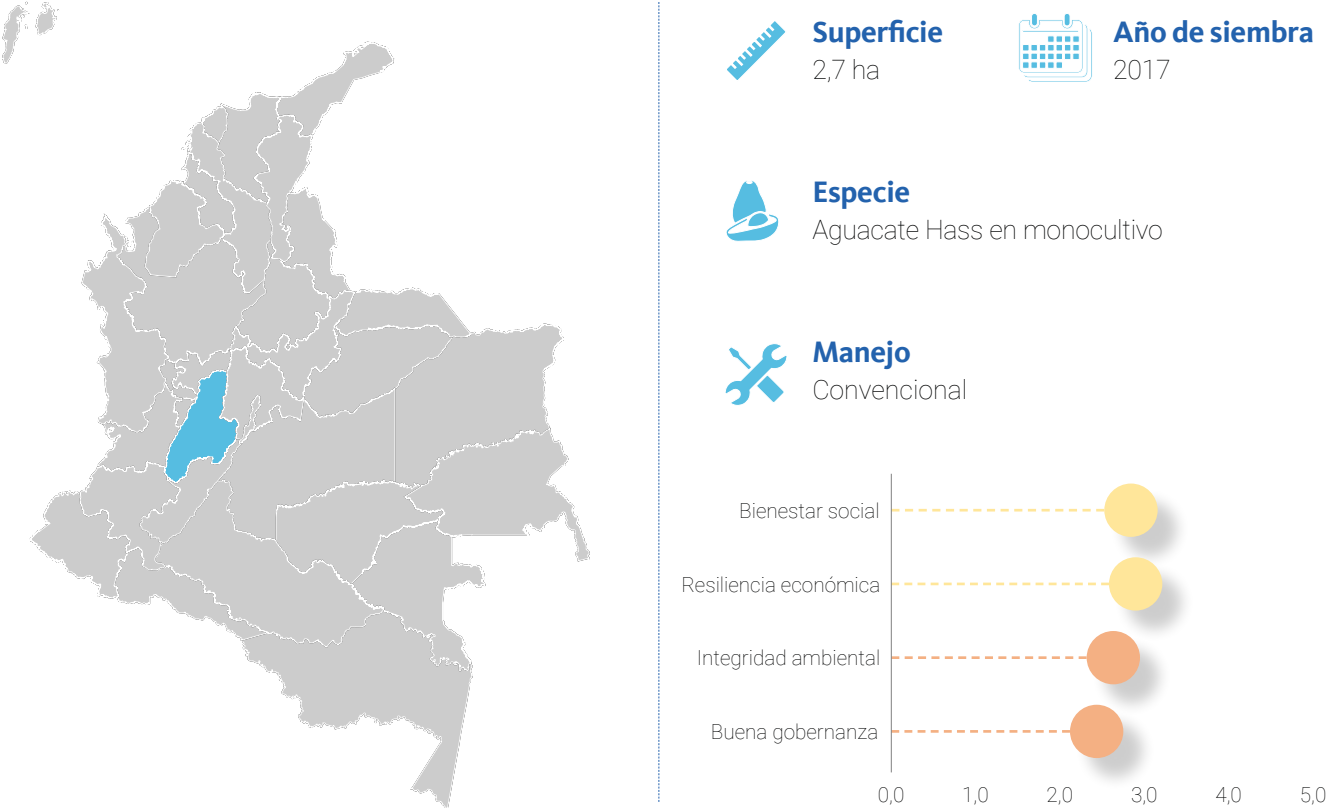
Además, la relación costo-beneficio obtuvo una calificación intermedia (3), reflejando un equilibrio entre gastos e ingresos que no asegura una rentabilidad sostenible. Por otro lado, la relación laboral muestra un desempeño moderadamente negativo: solo el 20% de la mano de obra contratada tiene contrato formal, mientras que el 50% corresponde a mano de obra familiar, lo que podría afectar la productividad y el bienestar de los trabajadores. En resumen, el desempeño económico de la parcela es moderado, con un alto potencial de mejora mediante la optimización de los costos de producción, un mejor manejo fitosanitario del cultivo y la formalización de la contratación de la mano de obra.

La dimensión de **bienestar social** obtuvo una valoración baja (2,0). El único indicador con desempeño alto (4) fue el desarrollo de capacidades, lo que indica que el agricultor recibe alrededor de 10 capacitaciones al año. Estas formaciones son clave para mejorar la toma de decisiones y la gestión de la finca, demostrando interés por adquirir nuevos conocimientos.

Sin embargo, los demás indicadores presentaron calificaciones bajas (1-2), resaltando una baja participación de jóvenes en el cultivo, una baja capacidad del hogar para producir alimentos para autoconsumo, y la percepción de que el pago por la fruta no es justo.

Esta dimensión incluye un indicador de equidad de género que no fue evaluado en esta parcela, dado que el agricultor es soltero y vive con sus padres mayores. En este contexto, las decisiones sobre la gestión de la finca y el cultivo recaen completamente en el agricultor.

Estudio de caso: cultivo de aguacate en una finca con manejo convencional



La dimensión de **buena gobernanza** obtuvo una valoración baja-media (2,8). Se destacaron resultados favorables (4-5) en transparencia, tenencia de la tierra, y plan de gestión sostenible. No obstante, se identificaron debilidades (1-2) en participación en proyectos ambientales, capacidad organizativa, identificación y relacionamiento con actores clave y resolución de conflictos, especialmente en lo relacionado con la comercialización de la fruta.

Estas deficiencias complican la gobernanza de la cadena agrícola del aguacate en el Tolima, resaltando la importancia de prácticas de AT no solo para

potenciar las dimensiones productivas, ambientales y económicas (Asohofrucol, 2021), sino también como herramientas cohesionadoras que fortalecen el tejido social de los productores y orientan sus esfuerzos hacia el desarrollo sostenible de sus cultivos.

La dimensión de **integridad ambiental** tuvo una valoración baja-media (2,9). Entre los indicadores mejor evaluados (4-5) se incluyen: la baja concentración de contaminantes en el agua (5), la calidad de agua residual (4), la presencia de suelos descompactados, y poco contaminados, evaluados a través del Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA) para el manejo de plagas.

Adicionalmente, se evidencia una gestión adecuada de residuos plásticos y orgánicos mediante estrategias de aprovechamiento controladas. En este proceso, se separan los residuos orgánicos provenientes de la cocina para su uso en el compostaje, mientras que los residuos plásticos son manejados de forma adecuada dentro de la finca.

Los indicadores con valoraciones intermedias (3) están relacionados con el uso de prácticas de mitigación de gases de efecto invernadero, la conservación de agua y suelo, y la calidad microbiológica del suelo. Por otro lado, los principales retos se encuentran en los indicadores con puntuaciones bajas (1-2), que destacan la necesidad de incrementar la diversidad de macroinvertebrados, mejorar el manejo de arvenses, optimizar la calidad química del suelo, fomentar la diversificación productiva, reconocer y aprovechar los beneficios derivados de los servicios ecosistémicos. En cuanto al indicador de variedades adaptadas localmente, que evalúa la presencia y abundancia de diferentes variedades de aguacate adaptadas en las condiciones locales, se obtuvo una calificación baja.

Los resultados sugieren la necesidad de diseñar planes de gestión del riesgo enfocados, principalmente, en los indicadores relacionados con la diversidad de la producción agrícola. Estos planes deben permitir obtener mayores beneficios de la diversidad de especies cultivadas y espontáneas, tanto para la alimentación humana como animal. Además, es necesario enfocarse en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como en la implementación de estrategias de manejo productivo, tales como el uso de especies atrayentes, cultivos trampa, barreras vivas y prácticas que favorezcan la polinización, entre otras.

Asimismo, se resalta la importancia de implementar prácticas de conservación de especies vegetales que contribuyan a la diversificación biológica y productiva, propiciando el balance del sistema y orientándolo hacia la sostenibilidad.



En cuanto a la dimensión de **resiliencia económica**, esta presenta un desempeño general moderado (3,2). Este resultado sugiere que, aunque la parcela no enfrenta una situación crítica, existen áreas clave que requieren atención para mejorar su viabilidad económica.

Entre los indicadores más destacados (4-5) se encuentra la inocuidad del producto, ya que no se detectaron residuos de ingredientes activos de agroquímicos en los frutos cosechados. Esto se atribuye al uso eficiente de plaguicidas en cuanto a dosis, frecuencia y etapas productivas permitidas (Ran *et al.*, 2023). Además, el agricultor cuenta con entre una y tres certificaciones nacionales o internacionales, lo que respalda la implementación de prácticas sostenibles, garantiza la calidad del producto y facilita el acceso al mercado exportador. Por otro lado, la excelente integración con la fuerza laboral local refleja mejores ingresos para las familias de la región, consolidando la integración comunitaria y permitiendo la reinversión de beneficios en la finca y en el sistema productivo.

Sin embargo, el análisis identifica áreas críticas que amenazan la estabilidad y rentabilidad de la parcela (1-2). Estas incluyen: la baja garantía en los niveles de producción, debido a la presencia de al menos una plaga o enfermedad con una incidencia supe-

rior al 30%. Esto refleja un manejo fitosanitario ineficiente que compromete tanto el rendimiento como la calidad de la producción. Los deficientes canales de adquisición, evidenciados en la total dependencia de productos de síntesis química, sin aprovechamiento de insumos generados en la finca para la elaboración de bioinsumos. Asimismo, la relación laboral moderadamente negativa, donde solo el 20% de la mano de obra contratada cuenta con un contrato formal, mientras que el 50% restante es mano de obra familiar. Esto puede afectar tanto la productividad como el bienestar de los trabajadores.

La relación costo-beneficio muestra un desempeño intermedio (3), lo que indica un equilibrio entre gastos e ingresos que, sin embargo, no garantiza una rentabilidad estable. Finalmente, los costos de producción (3) sugieren una eficiencia moderada en la relación entre costos totales y producción obtenida, con un costo por unidad alineado con el promedio de la región. En resumen, el desempeño económico de la parcela es moderado, pero tiene un potencial significativo de mejora mediante la inversión en tecnología para el manejo agronómico y fitosanitario del cultivo, la reducción de la dependencia de agroquímicos, y la formalización de las condiciones laborales de la mano de obra contratada.

La dimensión de **bienestar social** muestra un desempeño moderado (3,2), superior a la del agricultor que practica la AT. Dos indicadores presentaron valoraciones altas (4): desarrollo de capacidades, ya que este agricultor demostró un gran interés en adquirir conocimientos, al participar en al menos ocho eventos de formación al año, con una duración de 32 a 40 horas; y equidad de género, reflejada en la participación de la esposa en la toma de decisiones relacionadas con al menos dos actividades del sistema de producción.

Sin embargo, una actividad en la que ella no participa es la comercialización del cultivo. Esto indica que, si bien se le permite involucrarse en decisiones importantes sobre la finca, la gestión financiera sigue estando a cargo del integrante masculino del hogar. Este comportamiento es especialmente frecuente en cultivos comerciales, que suelen asociarse a los hombres dentro de los hogares. Aunque las mujeres pueden tener acceso al cultivo o al sistema de producción, el control de su comercialización continúa en manos de los hombres. (Doss 2002).

Por otra parte, dos indicadores obtuvieron valoraciones intermedias (3): la participación y contribución de los jóvenes en el sistema de producción, ya que, en este caso, el agricultor cuenta con un hijo que participa

en dos actividades: manejo general de la finca y cosecha/poscosecha. No participa en la comercialización del producto, lo que podría afectar las decisiones de este joven sobre su futuro en la finca. Según Geza *et al.* (2021), la participación de los jóvenes es crucial para el crecimiento de la economía africana, una afirmación que también resulta aplicable a Colombia. Cuando no se les da la oportunidad de involucrarse en actividades con beneficios económicos directos, su participación tiende a ser circunstancial, determinada por la falta de opciones laborales, en lugar de basarse en aspiraciones personales.

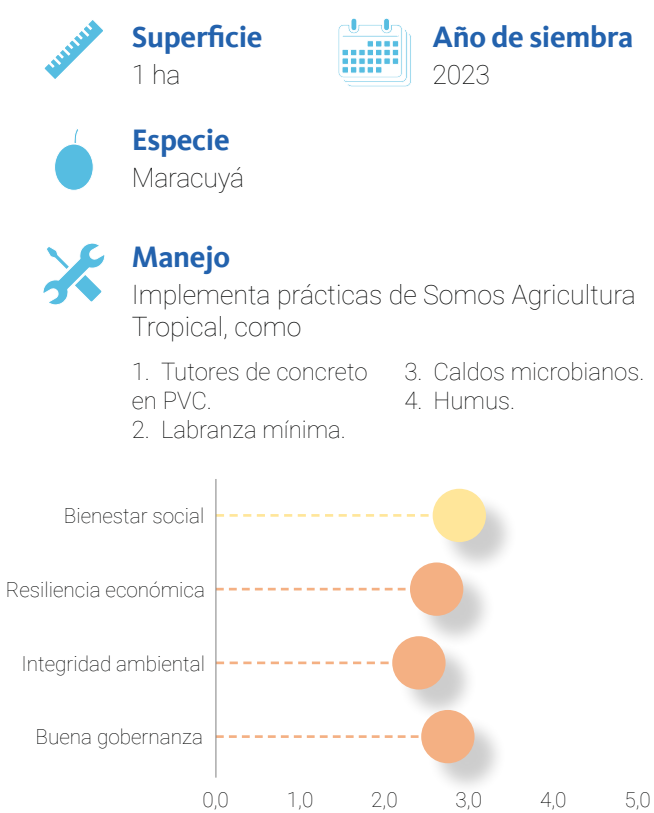
La segunda variable con valoración intermedia es la autosuficiencia alimentaria, el análisis mostró que el agricultor destina menos del 30% de los ingresos familiares a la alimentación, y que un porcentaje similar (30%) de los alimentos necesarios se obtienen del huerto familiar y de los animales menores que cría la familia.

Finalmente, el indicador con la valoración más baja (1) fue el de comercialización justa de la producción, pues el agricultor expresó su insatisfacción con los precios de la fruta comercializada, lo que se debe a la ausencia de acuerdos formales con los compradores. En consecuencia, suele recibir precios bajos por su producto.



El cultivo de maracuyá en el Meta

Estudio de caso: cultivo de maracuyá en una finca con SAT



La dimensión de **buena gobernanza** de la parcela de maracuyá que implementa algunas prácticas de SAT obtuvo una valoración intermedia (3,3). Los indicadores con mayor valoración (4-5) son resolución de conflictos, destacando la ausencia de conflictos sociales, ambientales y comerciales; transparencia en el manejo de la información y participación de los actores interesados, lo que refleja que, aunque el

número de actores clave en el territorio es reducido, las interacciones con ellos son estrechas; y finalmente se destaca que el productor pertenece a diversas organizaciones. No obstante, se identificó que la tenencia de la tierra bajo la figura de arriendo limita la adopción de prácticas orientadas a la protección del suelo, el agua y la biodiversidad. Además, es necesario fortalecer la responsabilidad ambiental

del productor mediante su participación en proyectos de sostenibilidad.

En cuanto a los mercados, la cadena está orientada a la producción y provisión de fruta para consumo nacional, donde la inocuidad alimentaria tiene poca relevancia. Al respecto, Rodríguez-Robayo *et al.* (2024) identificaron la rentabilidad del monocultivo como la principal variable que limita la reconversión productiva agropecuaria. Aunque actividades altamente rentables tienden a perpetuarse bajo una lógica de enriquecimiento económico, estudios como este advierten sobre los efectos adversos al considerar otras dimensiones de la sostenibilidad. Al analizar globalmente la actividad, se observa una pérdida patrimonial de bienes naturales (como los servicios ecosistémicos) a corto plazo, y de intangibles (como la salud humana y ambiental) a largo plazo.

La dimensión de **integridad ambiental** obtuvo una valoración general intermedia (2,9). El indicador con mayor puntuación (5) fue la mínima concentración de contaminantes en el agua, destacando que el agua empleada cumple con los estándares admisibles tanto para agricultura como para consumo humano.

Entre los indicadores con puntuación intermedia (3) se encuentra el indicador de contaminación del suelo asociado al impacto de los plaguicidas en el ambiente, evaluado mediante el CIA, que arrojó valores moderados (50-60). Esto sugiere un uso racional de insumos químicos basado en observaciones empíricas, con rotación de ingredientes activos e implementación gradual de biopreparados. Asimismo, con la misma valoración se encuentra la disposición de residuos orgánicos, en la que se identificaron iniciativas de aprovechamiento (compost, lombricomposta y alimentación animal) para disposición en el cultivo de los residuos provenientes de las podas de formación o renovación y los deshierbes.





Dentro de los indicadores con valoración cercana, aunque por debajo del nivel intermedio, y que requieren planes de gestión, se encuentra el de agua residual generada por la actividad productiva. Este indicador revela que el agua no cumple con los criterios de calidad para vertimientos, lo que exige la implementación de tratamientos previos para minimizar su impacto ambiental.

Un segundo indicador que requiere de un plan de gestión corresponde a los residuos inorgánicos asociados a empaques de insumos químicos (bolsas, frascos, costales, entre otros). Esta necesidad se debe a la entrega parcial de dichos residuos a la empresa recolectora CampoLimpio, y, principalmente, a su disposición temporal en lugares cercanos a viviendas, fuentes de agua o cultivos, bajo condiciones inadecuadas de seguridad.

Por otra parte, entre los indicadores con valoración baja (1-2), se encuentra el de prácticas de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI). Este indicador evidencia la necesidad de fortalecer acciones orientadas a reducir el uso de maquinaria agrícola mediante técnicas como la "labranza mínima". Asimismo, es fundamental promover un mayor reconocimiento de

los beneficios derivados de los servicios que ofrece la naturaleza.

La dimensión de **resiliencia económica** presenta un desempeño positivo en varios aspectos, con una valoración promedio de 3,1. Sobresalen especialmente la alta inversión interna y la efectiva gestión de los canales de adquisición, lo que refleja un compromiso sólido con prácticas económicas sostenibles. Estos resultados destacan la capacidad del agricultor para mantener una infraestructura robusta y garantizar la adquisición eficiente de recursos, aspectos fundamentales para la estabilidad financiera y la competitividad a largo plazo.

No obstante, se identifican áreas de mejora en la gestión de la producción certificada y en los costos

de producción, ambos con una valoración moderadamente negativa. Asimismo, la falta de garantía en los niveles de producción constituye un desafío significativo que requiere atención urgente para mitigar los riesgos económicos asociados. A pesar de estos retos, la evaluación de esta dimensión muestra una relación laboral moderadamente positiva, evidenciando condiciones satisfactorias para los trabajadores vinculados al cultivo de maracuyá. Esto resulta esencial para mantener la productividad y el bienestar laboral. En resumen, la implementación de prácticas sostenibles orientadas a la naturaleza ha generado resultados alentadores, aunque persisten áreas clave que deben ser abordadas para fortalecer aún más la sostenibilidad económica de la parcela de maracuyá.

La dimensión de **bienestar social** muestra un comportamiento favorable, con una valoración promedio de 3,4. Entre los indicadores con puntuación máxima se encuentran autosuficiencia alimentaria, vinculada a los principales gastos del hogar. El 40% del presupuesto familiar se destina a la alimen-

tación, complementada por un huerto familiar que contribuye a la seguridad alimentaria. El otro indicador con esta valoración es compradores responsables, que evalúa la comercialización de la fruta en relación con precios justos y estables basados en los costos reales. También analiza la existencia de contratos de venta, los cuales priorizan la satisfacción del productor al garantizar un pago justo por la calidad del producto.

En cuanto al desarrollo de capacidades, se identificó que los productores participan en actividades de formación, recibiendo entre 5 y 7 capacitaciones al año, con una dedicación estimada de entre 20 y 28 horas anuales. Respecto a la equidad de género, el análisis determinó que la mujer participa en la toma de decisiones relacionadas con tres (3) actividades principales (comercialización, cosecha/poscosecha y manejo de la finca). Sin embargo, persisten inequidades en la distribución de tareas domésticas, ya que el hombre dedica menos de 60 minutos diarios a actividades tradicionalmente asociadas a la mujer.



Estudio de caso: cultivo de maracuyá en una finca con manejo convencional



La dimensión de **buena gobernanza** medida en la parcela de maracuyá con manejo convencional, refleja un desempeño similar al descrito en la finca anterior, con una valoración promedio de 2,9. Sin embargo, el indicador asociado a la capacidad organizativa presenta una puntuación más baja. Esto se debe a que el productor manifestó no pertenecer a ninguna asociación que promueva actividades sostenibles productivas, ambientales y sociales. Este hallazgo refuerza la lógica predominante en la cadena productiva, centrada principalmente en la rentabilidad. Similar a lo observado en el cultivo de aguacate en Tolima, la implementación de prácticas de SAT podría desempeñar un papel

no solo en términos productivos y ambientales, sino también como un cohesionador social entre productores interesados en la sostenibilidad.

La dimensión de **integridad ambiental** presentó una valoración general intermedia (3). El indicador con mayor puntuación correspondió a la calidad biológica del suelo, interpretada como un suelo con alta diversidad y actividad de microorganismos, lo que evidencia una buena salud del ecosistema. Esto está asociado a las prácticas de conservación y/o rehabilitación de suelos, que obtuvieron una valoración de 4, al igual que el indicador de diversidad de macroinvertebrados, lo

que sugiere una alta biodiversidad en el sitio evaluado. En cuanto a las aguas residuales provenientes de la actividad productiva, se les asignó un índice de 4, lo que indica la necesidad de procesos adicionales para reducir las mínimas cargas contaminantes presentes en las aguas superficiales de escorrentía.

Entre los indicadores con valoración intermedia (3) se encuentran las prácticas de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) y las prácticas de conservación de agua. En este último, se evidenció el uso de un sistema de riego localizado (microaspersión), lo cual favorece la eficiencia y disminuye el desperdicio de agua. No obstante, se carece de prácticas como análisis de suelos, cosecha de agua y concesiones otorgadas por una autoridad ambiental. En cuanto a la calidad del agua utilizada para el riego, se obtuvo un índice de calidad del agua para riego (IWQI) de 6,04, que indica una calidad excelente. Esto sugiere que el agua no es una fuente significativa de contaminación ambiental y que los equipos de irrigación presentan bajo riesgo de deterioro prematuro.

Entre los indicadores intermedios, se encuentran la compactación y contaminación del suelo, esta última asociada al impacto de los plaguicidas. Esto se refleja en un Coeficiente de Impacto Ambiental (CIA) que varía entre 50-60 y valores superiores a 150. Estos niveles son atribuibles al uso de una amplia variedad de ingredientes activos, dosis elevadas, un número excesivo de aplicaciones, y mezclas de insecticidas, fungicidas y acaricidas utilizados con escaso criterio técnico. Además, se destaca el uso generalizado de herbicidas como principal insumo para controlar las arvenses, manteniendo el suelo con una cobertura mínima. Por otro lado, el indicador de reconocimiento de beneficios derivados de la naturaleza reflejó que el productor identifica entre 8 y 9 beneficios que la finca provee.

Entre los indicadores que se encuentran por debajo de la media aceptable (3) y que requieren planes de gestión están: disposición de residuos orgánicos y de empaques plásticos peligrosos, debido a que no se

realiza gestión adecuada de los residuos, como procesos de compostaje, dejándolos en el sitio de acopio de la fruta y; aunque algunos empaques plásticos son reutilizados como base para tensores, la entrega de envases de insumos químicos a Campo Limpio es parcial, y la disposición temporal de estos residuos es deficiente. Finalmente, el indicador con la menor valoración corresponde a la química de suelo, debido a la ausencia de un balance adecuado de elementos mayores, intermedios y menores. Esto sugiere la necesidad de realizar análisis de suelos para desarrollar planes de nutrición, implementar la rotación de cultivos, establecer áreas de conservación (como bosques), manejar adecuadamente los residuos de cosecha, y reducir el uso de equipos y maquinaria agrícola.



La dimensión de **resiliencia económica** en las parcelas de maracuyá presenta una valoración moderada, con un promedio de 3,0. Entre los aspectos positivos, destacan la inversión interna (4,5/5) y la relación costo-beneficio (4,5/5), ambos indicadores valorados positivamente, gracias a la eficiente gestión de los recursos invertidos en el cultivo y la optimización de los ingresos. Asimismo, los canales de adquisición reciben una calificación favorable (4,5/5), lo que fortalece la estructura de suministro del cultivo.

Sin embargo, se identifican áreas críticas que requieren atención inmediata. El indicador de garantía de niveles de producción obtuvo la valoración más baja (1/5), debido a la alta incidencia de enfermedades e insectos plaga, que afectan a más del 30% del cultivo. Esto ha generado una disminución significativa en la producción, atribuida principalmente a la presencia de antracnosis, la enfermedad con mayor impacto, seguida por ataques de trips, la plaga más relevante. Esta situación resalta la necesidad urgente de implementar esquemas de manejo integrado más efectivos para mitigar los riesgos económicos (Osorio *et al.*, 2020). Aunque no se detectó contaminación por plaguicidas sintéticos en las cosechas al momento del análisis, es esencial

abordar los problemas fitosanitarios para garantizar la sostenibilidad del cultivo.

El costo de producción, con una valoración de 2,5/5, muestra margen para mejorar la eficiencia operativa. Por otro lado, el indicador de fuerza de trabajo obtuvo una puntuación perfecta (5/5), reflejando condiciones laborales atractivas y favorables. Esto se ve reflejado, aunque parcialmente, en el indicador de relación laboral (2,5/5), que sugiere la existencia de condiciones que benefician tanto a los trabajadores como al rendimiento general de la parcela.

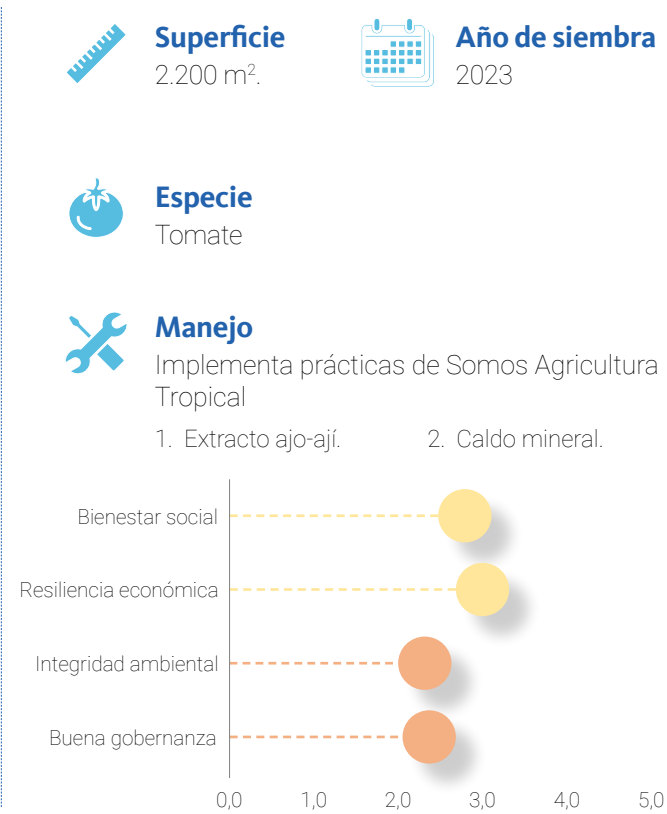
En resumen, la resiliencia económica de las parcelas de maracuyá se destaca por su sólida gestión financiera y laboral, pero requiere atención urgente en el manejo fitosanitario y la optimización de la eficiencia operativa para garantizar la sostenibilidad del cultivo.

La dimensión de **bienestar social** muestra una valoración promedio de 2,8. El indicador con mejor puntuación es el de compradores responsables, que refleja la satisfacción de los productores respecto al pago justo por la calidad del producto ofertado, aunque no exista formalidad (contratos de venta) en las actividades de comercialización. El indicador autosuficiencia alimentaria revela que entre el 20 y el 29% del presupuesto del hogar se destina a la alimentación familiar, y se reconoce que el huerto familiar contribuye a la provisión de alimentos, mejorando la seguridad alimentaria. En cuanto a la equidad de género, se identificó que la mujer solo participa en una (1) decisión clave, principalmente relacionada con cosecha/poscosecha, mientras que el hombre dedica entre 60 y 180 minutos diarios a actividades domésticas tradicionalmente asignadas a la mujer. Los hijos, por su parte, apoyan al menos en dos (2) actividades, principalmente en la poscosecha y la gestión de la comercialización. Respecto al desarrollo de capacidades que evalúa la participación en talleres, conferencias y otras actividades formativas, se determinó que el productor recibió entre 2 y 4 capacitaciones durante el último año, con un promedio de dedicación de entre 8 y 16 horas anuales.



El cultivo de tomate en Boyacá

Estudio de caso: cultivo de tomate en una finca con manejo con SAT



La dimensión de **buena gobernanza** evaluada en una parcela de tomate que implementa algunas prácticas de AT obtuvo una valoración intermedia (2,9). Entre los indicadores con puntuaciones altas se encuentran: capacidad organizativa, tenencia de la tierra, disposición para la resolución de conflictos, participación de actores y plan de gestión sostenible. Por otro lado, los indicadores con baja puntuación están relacionadas con la falta de registro de aplicaciones, la ausencia de

participación en proyectos de sostenibilidad y la desconexión entre actores clave, más allá de los compradores del producto.

El estudio evidenció una marcada tradición en el uso de agroquímicos de síntesis química, incluyendo productos de categorías toxicológicas elevadas e incluso de productos cuyo registro de venta ha sido cancelado por el Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. Sumado a esto, la

rotación inadecuada de agroquímicos, basada principalmente en el cambio de nombres comerciales, pero no de moléculas o principios activos, propicia la acumulación de sustancias tóxicas en el sistema, además de la generación de resistencia de patógenos e insectos plaga. Como señalaron Rodríguez-Robayo *et al.* (2023, 2024), y se confirma en este análisis, la falta de registros, el desinterés por los efectos de los agroquímicos y la poca inclinación hacia la sostenibilidad son características propias de una cultura de monocultivo profundamente arraigada. Este arraigo representa el principal desafío para la adopción de prácticas sostenibles.

Un estudio sobre certificación en el monocultivo de cebolla, realizado en el mismo departamento, refleja un panorama similar. Según Rodríguez-Robayo *et al.* (2022), aunque las buenas prácticas agrícolas no garantizan completamente la sostenibilidad, sí facilitan el camino al propiciar condiciones que fomenten la receptividad de los productores y el cambio de mentalidad hacia prácticas más sostenibles.

La dimensión de **integridad ambiental** obtuvo una valoración intermedia de 2,8. El productor emplea algunas prácticas que ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante técnicas de Somos Agricultura Tropical (SAT). Algo similar ocurre con la conservación del agua en esta parcela: aunque se utilizan parcialmente prácticas de ahorro, el desperdicio sigue siendo significativo. El agua empleada cumple con el 75% de los parámetros admisibles para uso agrícola, lo que la hace adecuada para la actividad. El agua residual generada por la actividad, presenta una calidad clasificada en nivel 5, lo que indica un bajo nivel de contaminación.

En cuanto al suelo, se constató una compactación moderada que facilita la siembra y el trasplante de plántulas. Los niveles de fertilidad son medios, lo que garantiza un crecimiento saludable y productivo de las plantas. La calidad biológica del suelo también se encuentra en rangos medios, lo que resalta la importancia del manejo adecuado para mantener o mejorar su calidad microbiológica y favorecer el ciclo de



nutrientes. No obstante, se detectaron altos niveles de contaminación del suelo, con un CIA superior a 150, debido a un uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes. Este nivel de contaminación puede tener efectos negativos significativos, especialmente en la salud del suelo.

El productor reconoce menos de cinco beneficios proporcionados por la naturaleza, con una media de solo dos. Esto refleja un desaprovechamiento de las ventajas del entorno para las parcelas y las comunidades cercanas. No se identificaron zonas de conservación, barreras vivas, huertas caseras ni coberturas vegetales, entre otros. En términos generales, el manejo de arvenses en la región se realiza mediante la aplicación de herbicidas, sin embargo, bajo el manejo con SAT, se asocia una mayor diversidad de familias (12) en el sistema productivo. Entre los indicadores con valoraciones altas (4-5) destaca el Índice de Diversidad Agrícola (IDA), gracias al cultivo de especies que aportan beneficios funcionales al sistema productivo. En términos de infraestructu-

ra, el uso de materiales sostenibles es parcialmente aceptable. Para mejorar el índice de sostenibilidad y lograr mayor eficiencia en el uso de recursos, se requiere implementar prácticas de gestión ambiental más responsables, además de disponer de materiales y tecnologías sostenibles para la construcción de invernaderos. Respecto a la disposición de residuos, el agricultor cumple con las normativas al entregar los empaques plásticos de agroquímicos a la entidad competente, manteniéndolos alejados de las áreas habitadas, fuentes de agua y cultivos, y evitando su reutilización. Asimismo, gestiona los residuos orgánicos mediante compostaje, aunque en ocasiones no asegura que el proceso cumpla completamente su ciclo antes de aplicarlos al cultivo.

La dimensión de **resiliencia económica** muestra un desempeño destacado, con una valoración intermedia alta (3,6). Se observa una alta inversión interna, lo que refleja un sólido compromiso con la asignación de recursos para el desarrollo y la mejora continua del

cultivo. La relación costo-beneficio, con una calificación positiva, indica una gestión eficiente de los costos en comparación con los beneficios obtenidos. Además, el bajo costo de producción y los canales de adquisición efectivos refuerzan la estructura económica del cultivo, aumentando su competitividad en el mercado. Sin embargo, la garantía de niveles de producción recibió una valoración negativa debido al riesgo de pérdidas por la incidencia de plagas y enfermedades, lo que resalta un área crítica que requiere atención para garantizar una producción estable y predecible.

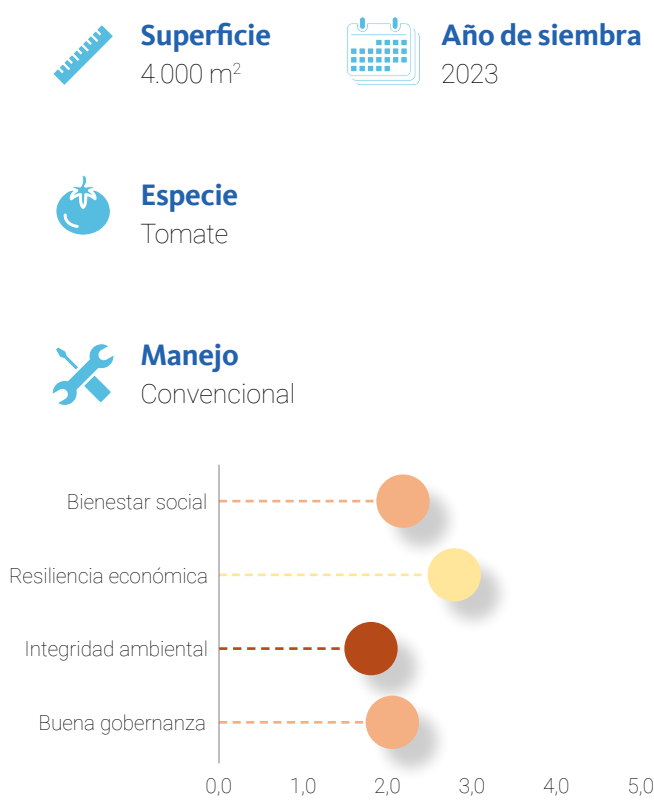
Por otro lado, la producción certificada y la relación laboral obtuvieron calificaciones moderadamente bajas, lo que sugiere la necesidad de implementar mejoras para fortalecer las condiciones laborales y sociales en el sistema productivo. Cabe resaltar la baja contaminación de los alimentos debido al uso racional de insumos de síntesis química, así como la fuerte integración de la fuerza de trabajo local, ambos puntos destacados que evidencian el

compromiso con prácticas sostenibles y responsables. Los resultados subrayan la importancia de continuar adoptando prácticas sostenibles de manera eficiente, desde una perspectiva tanto ambiental como económica, en el cultivo de tomate bajo invernadero. Esto incluye la optimización de procesos y la mejora de las condiciones laborales.

En cuanto a la dimensión de **bienestar social**, la mayor puntuación corresponde al indicador de equidad de género, con una valoración de 5 sobre 5. Esto evidencia que la mujer participa en la toma de decisiones relacionadas con las tres principales actividades (comercialización, cosecha/poscosecha, manejo de la finca). El indicador de autosuficiencia alimentaria obtuvo una valoración de 4 sobre 5, reflejando que entre el 3 y el 39% del presupuesto familiar se destina a la alimentación. Por su parte, el indicador de compradores responsables también presentó una alta valoración. Aunque el productor manifiesta sentirse satisfecho/a con los pagos recibidos, también señala que la calidad no es valorada en su justa medida.



Estudio de caso: cultivo de tomate en una finca con manejo convencional



La dimensión de **buena gobernanza** evaluada en la parcela de tomate con manejo convencional obtuvo una valoración baja (2,4). Este resultado refleja un panorama más adverso que el observado en la parcela con SAT, ya que, además de los indicadores con baja puntuación, se suman participación de actores y plan de gestión sostenible como aspectos críticos. Esto sugiere que el agricultor enfrenta múltiples retos para avanzar hacia la producción sostenible. En este contexto, cinco de los ocho indicadores considerados en esta dimensión obtu-

vieron la calificación más baja. Sin embargo, las valoraciones positivas muestran que el productor es propietario del predio, pertenece a una organización y no está involucrado en conflictos de índole ambiental, social o comercial. Con base en estas condiciones, cualquier acción o práctica sostenible implementada podría ser útil para dar los primeros pasos hacia una transición inicial (FAO, 2021). Este esfuerzo debe partir de un enfoque participativo para identificar las acciones más eficaces, relevantes y sostenibles a largo plazo.



La dimensión de integridad ambiental, con un valor de 2.1, evidenció deficiencias significativas. El productor no implementa prácticas para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y aunque emplea parcialmente algunas prácticas de conservación de agua, el desperdicio del recurso hídrico sigue siendo elevado.

La calidad del agua se encuentra dentro de los rangos admisibles para consumo humano, pero la presencia de contaminantes en la parcela indica que algunos parámetros superan los niveles aceptables. Esto sugiere la necesidad de procesos adicionales de tratamiento, especialmente para reducir los sólidos suspendidos.

En cuanto al suelo, los análisis físicos y químicos revelaron compactación y una fertilidad media. La salud del suelo, medida por la abundancia de microorganismos, es baja, lo que resalta la necesidad de mejorar las prácticas de manejo para fomentar la biodiversidad microbiana y la resiliencia del suelo.

El productor reconoce menos de cinco beneficios derivados de la naturaleza, con un promedio de solo dos. Esto refleja un aprovechamiento limitado del entorno natural. No existen zonas de conservación, barreras vivas, huertas caseras ni coberturas vegetales en la parcela. El manejo manual de arvenses permitió identificar únicamente cinco familias botánicas recurrentes.

El Índice de Diversidad Agrícola (IDA) se situó en 0,5, indicando una diversidad funcional intermedia.

La infraestructura del invernadero fue calificada como parcialmente aceptable. Sin embargo, para mejorar la sostenibilidad, es necesario implementar prácticas de gestión ambientalmente responsables y utilizar materiales más sostenibles. En cuanto a la gestión de residuos, los empaques plásticos de agroquímicos no se disponen de manera adecuada, siendo almacenados cerca de áreas habitadas y fuentes de agua. Asimismo, los residuos orgánicos son depositados cerca del lote de producción sin un manejo adecuado.

La dimensión de **resiliencia económica** presentó una valoración de 3,1 sobre 5. Entre los aspectos positivos se destacan una alta inversión interna y una relación costo-beneficio favorable. Asimismo, los canales de adquisición efectivos fortalecen la estructura económica del cultivo, mejorando su competitividad en el mercado. Sin embargo, la evaluación de esta dimensión evidencia desafíos significativos. Uno de ellos es

la garantía de niveles de producción, afectada por la alta incidencia de plagas y enfermedades; además, la producción certificada obtuvo una valoración moderadamente negativa, lo que genera un riesgo considerable de pérdidas de la producción, una baja eficacia de los plaguicidas utilizados y un impacto negativo en la estabilidad y calidad del producto. Un problema adicional es la contaminación del tomate cosechado con residuos de plaguicidas, lo cual resalta la necesidad de replantear las estrategias de control fitosanitario. Se requiere mejorar la eficacia de los métodos de control, garantizar la

calidad de la producción y reducir la presencia de trazas de plaguicidas en el producto final.

En el aspecto laboral, aunque la fuerza de trabajo local recibe una evaluación positiva debido al empleo de personal de la misma comunidad, la relación laboral muestra una valoración moderadamente negativa. La falta de formalización en la vinculación de los operarios del cultivo indica áreas de mejora para optimizar tanto la productividad como el bienestar de los trabajadores.

En resumen, esta dimensión subraya la importancia de equilibrar las prácticas convencionales con medidas que promuevan la sostenibilidad económica, social y ambiental en la producción de tomate bajo invernadero.

En la dimensión de **bienestar social** bajo manejo convencional, el indicador con mayor puntuación es el de desarrollo de capacidades, con una valoración de 4 sobre 5. Sin embargo, algunos indicadores presentan puntuaciones significativamente

bajas en comparación con la parcela manejada con SAT. Por ejemplo, el indicador de equidad de género obtuvo una valoración de 1 sobre 5. Este resultado muestra que la mujer participa en la toma de decisiones solo en una actividad, ya sea comercialización, cosecha/postcosecha o manejo de la finca. Otro indicador con valoración intermedia es el de participación de los jóvenes, que alcanzó 3 sobre 5. Esto implica que los hijos adultos participan de dos actividades en la finca.



07

REFLEXIONES FINALES PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD



La medición de la sostenibilidad de la producción agropecuaria, más allá de ser un ejercicio destinado a recopilar información diversa y desagregada en las dimensiones que la conforman (ambiental, social y económica), es un proceso integrador que permite identificar oportunidades de mejora en el sistema productivo.

Esto facilita la implementación de acciones orientadas a mejorar las capacidades de los asistentes técnicos y productores para enfrentar los retos que plantea la sostenibilidad.

Los resultados de esta evaluación, realizada en el marco del proyecto “Aporte de prácticas con enfoque de Agricultura Tropical a la sostenibilidad de los sistemas productivos de aguacate en Tolima y Huila, pasifloras Boyacá y Meta, y tomate bajo cubierta en Cundinamarca y Boyacá”, destacan dos aspectos principales. Por un lado, permiten identificar los impactos de la agricultura mediante un análisis ampliado que solo puede desarrollarse con una herramienta que integre las dimensiones social, económica, ambiental y de gobernanza en un solo instrumento. Por otro, evidencia el creciente interés por determinar si dichas acciones realmente contribuyen a una transición hacia una agricultura más sostenible.

El enfoque de Somos Agricultura Tropical (SAT) promovido por Asohofrucol, denota aspectos positivos en la transición hacia esquemas de producción con orientación hacia la sostenibilidad, en

comparación con modelos convencionales en los territorios del área de influencia del proyecto. No obstante, también se identificaron puntos críticos que requieren priorización. Es imperativo, trascender de la visión eminentemente técnica al abordaje integral de los sistemas productivos en el marco de sistemas socioecológicos complejos.

Los indicadores más altos, especialmente en gobernanza, destacan que la implementación del enfoque de SAT, junto con el desarrollo de esquemas de extensión agropecuaria centrados en la fabricación de biopreparados, fomenta espacios para el diálogo y la co-construcción de conocimiento. Estos procesos fortalecen el tejido social en los territorios. Sin embargo, aún falta potenciar estos nichos sociales para que evolucionen hacia modelos de cooperativas o empresas agrícolas autogestionadas con mayor capacidad de resiliencia económica.

En la dimensión ambiental, el uso de biopreparados contribuye en la salud y fertilidad del suelo, así como en la recuperación natural de procesos ecológicos en general. No obstante, persisten puntos críti-

cos que requieren priorización en las acciones futuras de Asohofrucol y la implementación del enfoque del enfoque de SAT. Trabajar en escenarios de co-construcción con los diversos actores en cada territorio permitirá transitar del concepto de producción intensiva a un modelo que involucre la diversidad funcional, con lo que se maximicen los beneficios de los procesos biofísicos en beneficio de la naturaleza y de agronegocios económica, social y ambientalmente sostenibles que, además involucren el concepto de calidad de la producción en términos de inocuidad para la alimentación sana y saludable de la población abastecida por los diferentes mercados nacionales.

En las dimensiones económica y social, los indicadores se complementan, evidenciando una reducción de costos y una relación costo-beneficio favorable para los productores que adoptan el enfoque de SAT. Sin embargo, persisten desafíos en aspectos no monetarios, como la participación en mercados justos, que constituye un punto crítico para garantizar medios de vida dignos a la población. Además, las exigencias relacionadas con los criterios de calidad imponen esquemas intensivos en tiempo y recursos, afectando particularmente a las familias campesinas.

La evaluación de la sostenibilidad exige la integración del conocimiento académico, técnico y empírico, con el

fin de consolidar una batería de indicadores que aborden aspectos ambientales, sociales y económicos relacionados tanto con el sistema productivo como con los hogares vinculados a estas actividades.

La metodología SAFA, adaptada a las condiciones específicas (territorio, sistema productivo y escala de producción), se constituye como una herramienta valiosa para identificar retos y oportunidades de mejora en la promoción e implementación de prácticas orientadas a la sostenibilidad.

Los estudios de caso evidencian que las parcelas bajo manejo convencional en los sistemas productivos de

maracuyá y tomate bajo cubierta presentaron los valores de sostenibilidad más bajos (2,9 y 2,5, respectivamente). Por su parte, las parcelas con prácticas de SAT obtuvieron un valor promedio de sostenibilidad (3,2) ligeramente superior al de las parcelas bajo manejo convencional (2,8). Lo que deja en evidencia la necesidad de tomar acciones que permitan efectuar una transición hacia sistemas menos vulnerables, más resilientes y más sostenibles.

Foto: María Victoria Zuluaga-Mogollón



08

REFERENCIAS

1. Andrade, G. I., Chaves, M. E., Corzo, G. y Tapia, C. (Eds.). (2018). *Transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad. Gestión de la biodiversidad en los procesos de cambio en el territorio continental colombiano. Primera aproximación*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
2. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2023a). *Microorganismos de Montaña sólidos - MMS (bioestimulante). Guía práctica a la mano*. Asohofrucol. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdflibros/45libro.pdf>
3. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2023b). *Caldo Súper Magro. Guía práctica a la mano*. Asohofrucol. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdflibros/44libro.pdf>
4. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2023c). *Caldo M5. Guía práctica a la mano*. Asohofrucol. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdflibros/35libro.pdf>
5. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2021a). Nutrición asertiva en el cultivo de aguacate. *Frutas & Hortalizas*, 78, 1-52. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdfrevistas/81Nutricion%20en%20el%20cultivo%20de%20Aguacate.pdf>
6. Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2021b). *Cojinete. Guía práctica a la mano*. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdflibros/34libro.pdf>
7. Binder, C., Hinkel, J., Bots, P. y Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing sociological systems. *Ecology and Society*, 18(4), 26.
8. Bono Mestre, C. (2019, 24 de septiembre). Humato potásico como bioestimulante. *AEFA*. <https://aefa-agronutrientes.org/humato-potasico-como-bioestimulante>
9. Doss, C. R. (2002). Men's crops? Women's crops? The gender patterns of cropping in Ghana. *World Development*, 30(11), 1987-2000
10. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *SAFA (Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems) Guidelines. Version 3.0*. FAO.
11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021). *Instrumento para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE) - Proceso de desarrollo y directrices para la aplicación. Versión de prueba*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca7407es>
12. Geoinnova. (2017, 15 de mayo). Hábitat y nicho ecológico ¿En qué se diferencian? *Geoinnova*. <https://geoinnova.org/blog-territorio/habitat-nicho-ecologico/>
13. Geza, W., Ngidi, M., Ojo, T., Adetoro, A.A., Slotow, R. y Mabhaudhi, T. (2021). Youth Participation in Agriculture: A Scoping Review. *Sustainability*, 13(16), 9120. <https://doi.org/10.3390/su13169120>
14. Higa, T. y Parr, J. F. (1994). *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. International Nature Farming Research Center.
15. Info Agro. (s. f.). *Elaboración de los Biocontroladores APICHI y M5 en la actividad agrícola*. Info Agro. https://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/elaboracion_biocontroladores_apichi_m5.pdf
16. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020, 27 de mayo). *Resolución No. 068370*. Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola. <https://www.ica.gov.co/getattachment/14d518e8-7f1d-4867-819c-b0ec-3828f847/2020R68370.aspx>

17. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
18. Jaramillo, C. (2019). *Producción agroecológica de frutas y hortalizas*. Sena y Asohofrucol. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdflibros/10libro.pdf>
19. Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA), Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), Magricultura Familiar y Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador. (s. f.). *Cobertura vegetal. Guía Técnica 8*. JICA. https://www.jica.go.jp/Resource/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_08.pdf
20. Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F. y Aliferis, K. A. (2021). Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 795, 148625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148625>
21. Margulis, L. y Sagan, D. (2012). El proceso de nutrición de las plantas. En *Biología y Geología* (pp. 241-258). McGraw-Hill. <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180895.pdf>
22. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Departamento Nacional de Planeación - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). *Proyecto Tipo. Recuperación de cobertura vegetal en áreas disturbadas*. MADS y DNP. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Metodologica-PT-Cobertura-Vegetal.pdf>
23. Morales, C. G. (2017). Uso de bioestimulantes en arándanos. En Manual de manejo agrónomi-
- co del arándano (pp. 43-47). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6679>
24. National Geographic. (2018, 9 de agosto). ¿En qué región del mundo habita la mayor parte de la diversidad biológica? *National Geographic*. <https://www.ngenespanol.com/traveler/en-que-region-del-mundo-habita-la-mayor-parte-de-la-diversidad-biologica/>
25. Nakaishi, T. y Chapman, A. (2024). Eco-labels as a communication and policy tool: A comprehensive review of academic literature and global label initiatives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 202, 114708.
26. Organización de las Naciones Unidas (ONU). (s. f.). Día Internacional de los Trópicos. <https://www.un.org/es/observances/tropics-day>
27. Osorio, J. A., Martínez, E.P., Hio, J.C., Aguirre, J.E., Vergara, J.A., Luque, N. Y., Rojas, E.D. y Cruz, G. N. (2020). *Caracterización sanitaria de los cultivos de granadilla, gulupa y maracuyá en Colombia, con especial referencia a la secadera causada por Fusarium solani f. sp. passiflorae*. Agrosavia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35797>
28. Pope, J., Annandale, D. y Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(6), 595-616. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.03.001>
29. Procuraduría Federal del Consumidor. (2021, 12 de agosto). Biofertilizantes. *Gobierno de México*. <https://www.gob.mx/profeco/articulos/biofertilizantes?idiom=es>
30. Ran, X., Hadiatullah, H., Yuchi, Z., Yang, X. y Zhu, X. (2023). Sustainable Use of Pesticides. *Agriculture*, 13(7), 1393. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071393>
31. Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
32. Rodríguez-Robayo, K. J., Pulido-Blanco, V. C., Martínez-Camelo, F. E. y Meneses-Buitrago, D. H. (2024). Restructuring the agricultural production in the Tota lake basin (Colombia): pros and cons to achieve the change. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(2), 071. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5201>
33. Rodríguez-Robayo, K. J., Pulido-Blanco, V. C., Rojas Ramírez, D. A. y Martínez Camelo, F. E. (2022). Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). *Revista Agroalimentaria*, 28(54), 139-169.
34. Rodríguez-Robayo, K. J., Zuluaga Mogollón, M. V., Villarreal Navarrete, A. del P., Moreno Velandía, C. A., Flórez Cárdenas, C. M., Rojas Ramírez, D. A., Varón Devia, E. H., Parra Alferes, E. B., Espitia Malagón, E. M., Rojas Zambrano, E. D., Martínez Lemus, E. P., González-Chavarro, F., Cruz Castiblanco, G. N., Aguirre Rodríguez, J. E., Orduz Rodríguez, J., Vergara Ávila, J. A., Hío, J. C., Rodríguez Polanco, L., Lozano Tovar, M. D., ... Gutiérrez López, Y. (2023). Hablemos de sistemas socioecológicos en la producción de aguacate en Tolima y Huila, pasifloras en Boyacá y Meta y, tomate en Cundinamarca y Boyacá. *Frutas & Hortalizas*, (90), 28-34. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdfvistas/99ASO-MOREROS%20crean%20alianzas%20estrategicas%20para%20la%20venta%20conjunta.pdf>
35. Rojas-Ramírez, D. A. (2023). *Servicios ecosistémicos y sostenibilidad en agroecosistemas: El caso del páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia)*. TEC.
36. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2022). *Reproducción de Microorganismos específicos. Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737317/16_Microorganismos_especificos.pdf
37. Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K. y Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), 281-299.
38. Sieverding, H., Kebreab, E., Johnson, J. M., Xu, H., Wang, M., Grosso, S. J., Bruggeman, S., Stewart, C. E., Westhoff, S., Ristau, J., Kumar, S. y Stone, J. J. (2020). A life cycle analysis (LCA) primer for the agricultural community. *Agronomy Journal*, 112(5), 3788-3807.
39. Bree Group. (2020). *CEEQUAL Version 6: Technical Manual - International Projects*. Bree Group. <https://files.bregroup.com/CEEQUAL/SD6053-CEEQUAL-V6-International-Projects-Technical-Manual-0.1.pdf>
40. Villa, G. L. y Peláez, C. A. (2002). Compostaje: una opción rentable y sostenible para el manejo de los desechos y el mejoramiento de los suelos, en cultivos de frutales. En *Memorias: IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. La producción frutícola con enfoque de cadena* (pp. 195-201). Corpoica, Universidad Pontificia Bolivariana y CDTF. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13648>

