

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

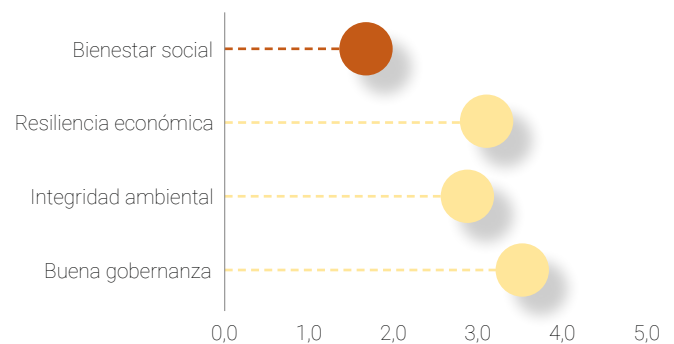
Aguacate Hass en monocultivo



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.

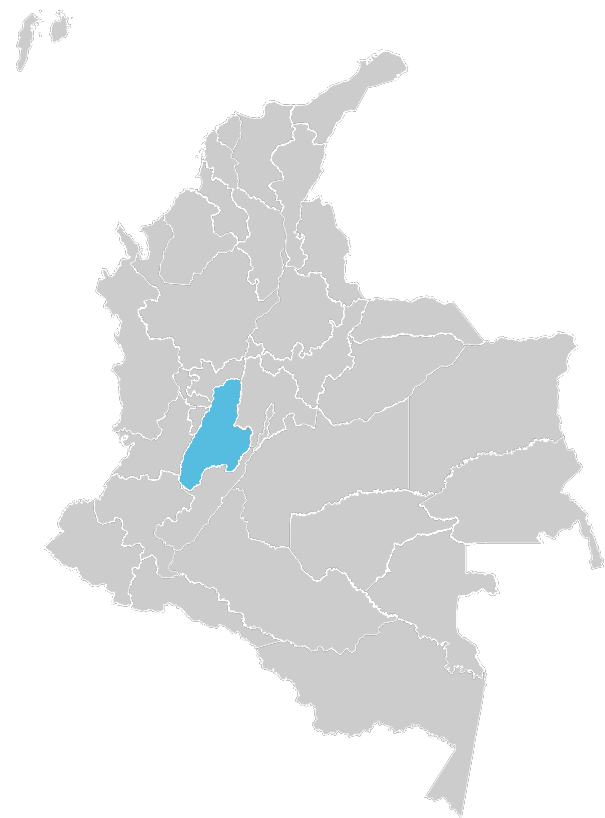
Además, la relación costo-beneficio obtuvo una calificación intermedia (3), reflejando un equilibrio entre gastos e ingresos que no asegura una rentabilidad sostenible. Por otro lado, la relación laboral muestra un desempeño moderadamente negativo: solo el 20% de la mano de obra contratada tiene contrato 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.

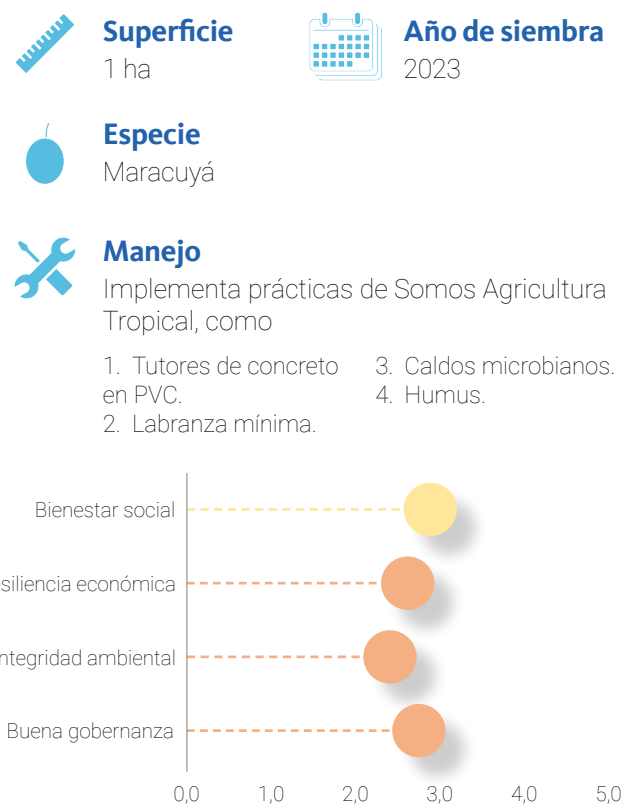
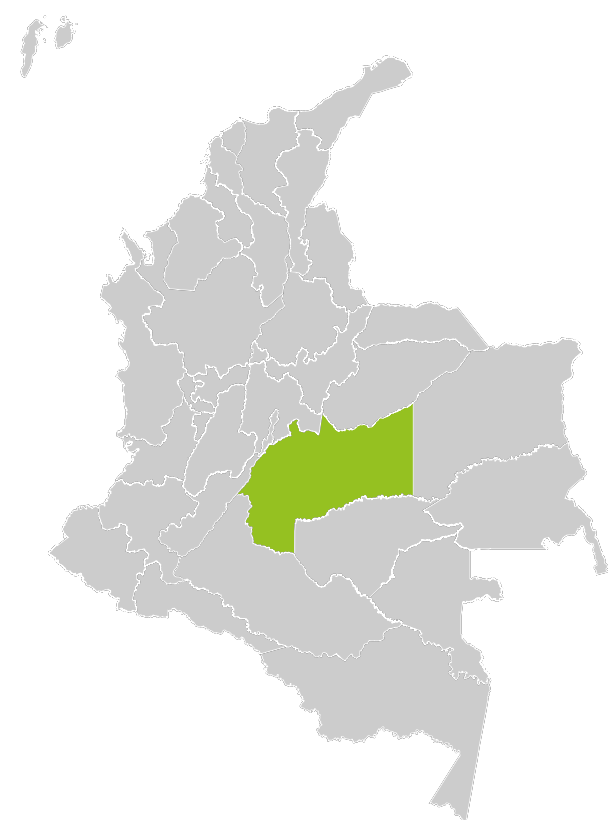
La segunda variable con valoración intermedia es la autosuficiencia alimentaria, el análisis mostró que el agricultor destina menos del 30% de los ingresos familiares a la alimentación, y que un porcentaje similar (30%) de los alimentos necesarios se obtienen del huerto familiar y de los animales menores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

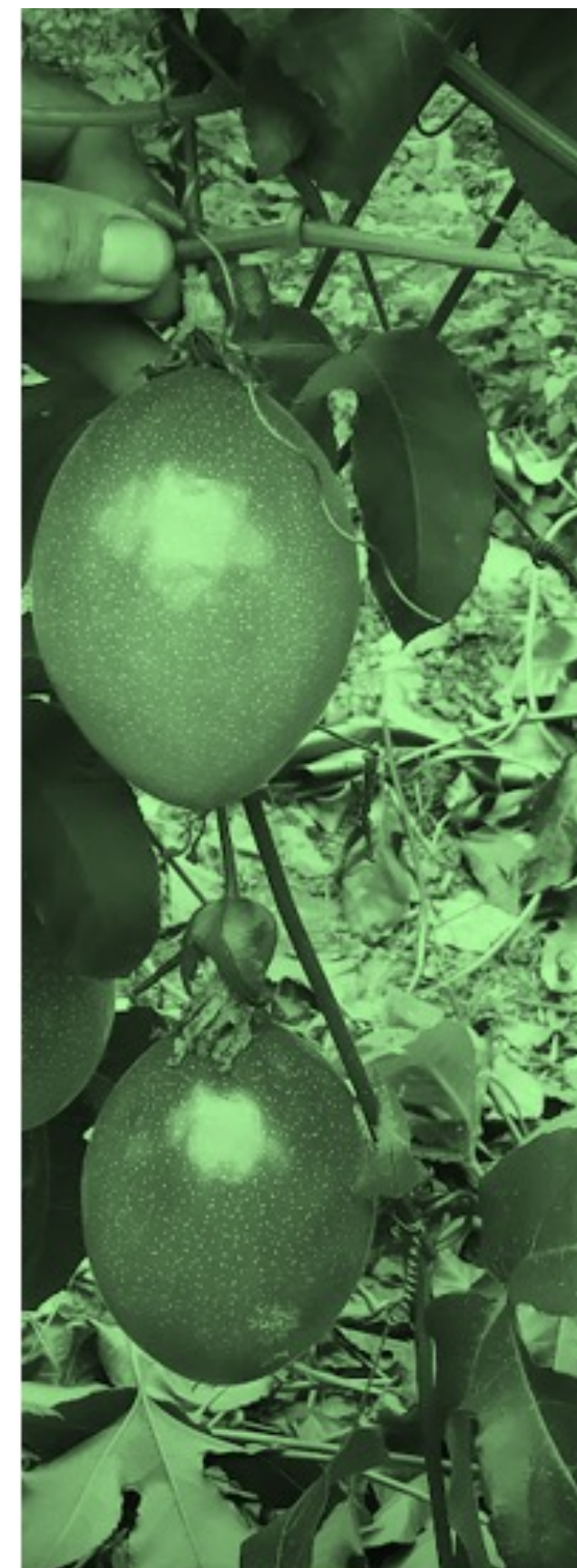
número de actores clave en el territorio es reducido, las interacciones con ellos son estrechas; y finalmente se destaca que el productor pertenece a diversas organizaciones. No obstante, se identificó que la tenencia de la tierra bajo la figura de arriendo limita la adopción de prácticas orientadas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

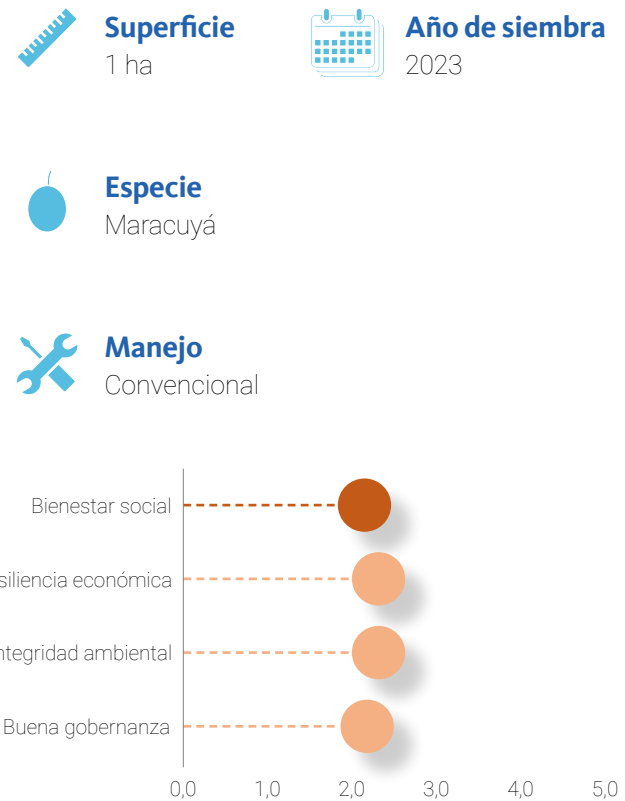
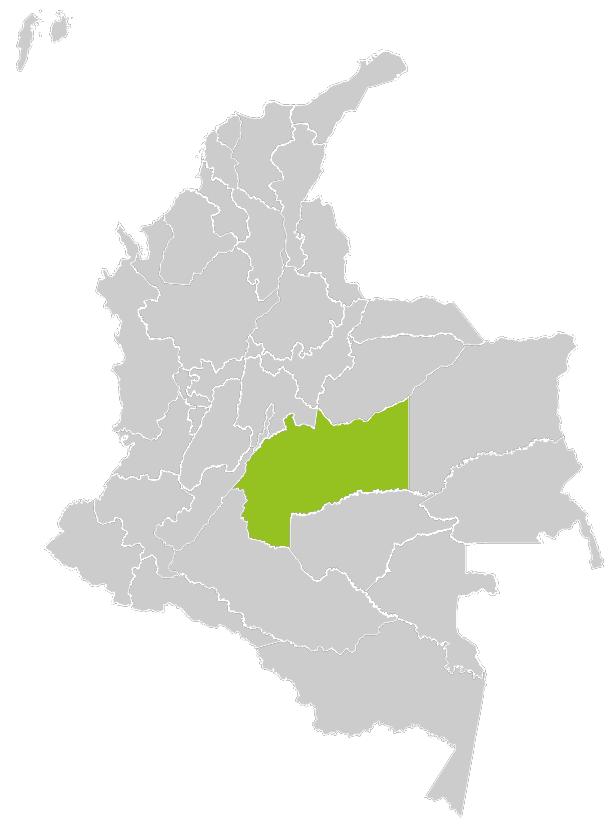
La dimensión de **bienestar social** muestra un comportamiento favorable, con una valoración promedio de 3,4. Entre los indicadores con puntuación máxima se encuentran autosuficiencia alimentaria, vinculada a los principales gastos del hogar. El 40% del presupuesto familiar se destina a la alimen-

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 ciclaje 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.

