



Uso del aplicativo FINCAS para la estimación de la sustentabilidad de sistemas productivos de piña (*Ananas comosus* L.) en Aguazul (Colombia)

Use of the FINCAS Application to Assess the Sustainability of Pineapple (*Ananas comosus* L.) Production Systems in Aguazul (Colombia)

Edwin Fernando Sánchez-Rojas^{1,4},
María Alejandra Cárdenas-Cárdenas²,
Martha Lucía Ramos-Cruz³



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v20.n2.2023.15990>

RESUMEN: los procesos de transición agroecológica son las estrategias que permitirán garantizar un futuro sustentable para la alimentación humana y las distintas formas de vida sobre la tierra. Esta investigación presenta los resultados del uso del aplicativo FINCAS, una herramienta digital que permite evaluar *in situ* la sustentabilidad de los agroecosistemas. El *software* fue utilizado para evaluar el sistema productivo de piña (*Ananas comosus* L.) en Aguazul (Colombia), con el método de muestreo de bola de nieve. Se estudiaron 32 fincas en total, de las cuales el 46,9 % se encuentra en categorías de sustentabilidad alta; un 40,6 % en transición hacia la sustentabilidad y un 12,5 % en categorías de sustentabilidad baja. Los resultados muestran que las fincas con sustentabilidad baja requieren integrar los sistemas productivos, aumentar la oferta de alimentos producidos en la finca y utilizar los casos de éxito agroindustrial en la cadena productiva de la piña, para introducir formas de aprovechamiento de todos los recursos disponibles que permitan disminuir la dependencia de insumos externos.

PALABRAS CLAVE: crisis ecológica, desarrollo regional, indicadores ambientales, indicadores socioeconómicos, planeación agrícola.

ABSTRACT: agroecological transition processes are the strategies that will ensure a sustainable future for human food and diverse life on Earth. This research presents results of using the FINCAS application, a digital tool to assess the sustainability of agroecosystems *in situ*. The software was used to evaluate the productive system of pineapple (*Ananas comosus* L.) in Aguazul (Colombia), under the snowball sampling method. A total of 32 farms were obtained, of which 46.9 % are in high sustainability categories; 40.6 % in transition towards sustainability and 12.5 % in low sustainability categories. The results show that farms with low sustainability need to integrate production systems, increase the supply of food produced on the farm, and use the agro-industrial success stories in the pineapple production chain, to introduce ways of using all available resources that reduce dependence on external inputs.

KEYWORDS: ecological crisis, regional development, environmental indicators, socio-economic indicators, agricultural planning.

FECHA DE RADICACIÓN: 24 de mayo de 2023 **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 23 de junio de 2023 **FECHA DE PUBLICACIÓN:** 20 de septiembre de 2023

1 Investigador Independiente, Tunja, Colombia.

ORCID: Sánchez-Rojas, E. F.: <https://orcid.org/0000-0002-5355-9065>;

ORCID: Cárdenas-Cárdenas, M. A.: <https://orcid.org/0000-0002-6061-398X>

2 Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Maestría en Desarrollo Rural, Tunja, Colombia.

ORCID: Ramos-Cruz, M. L.: <https://orcid.org/0009-0002-1848-9222>

3 Autor de correspondencia: edwinfernando.sanchez@uptc.edu.co

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad busca la integración de las dimensiones social, económica, ambiental y político-institucional como interpretación holística de la realidad y la forma de pensamiento que garantice el desarrollo de las distintas formas de vida en la tierra (Zarta, 2018); para ello, se han planteado distintas metodologías que permiten hacer operativo el concepto, evaluar y monitorear el estado de un sistema a distintas escalas (Tonolli & Ferrer, 2018). Para hacer un diagnóstico de la sustentabilidad, se utilizan un conjunto de indicadores que representan el desempeño en fincas o territorios, a partir de la toma de datos de carácter cuantitativo o cualitativo sobre aspectos de cada una de las dimensiones de la sustentabilidad (de Olde et al., 2016). Un indicador consiste en una variable que, según distintos criterios de selección y cuantificación, permite identificar tendencias que describen la realidad, que de otra forma no sería fácilmente evidenciable (Sarandón, 2002).

La construcción, evaluación de desempeño y aplicación de los indicadores propone la inclusión de iniciativas participativas, donde los usuarios integran equipos multidisciplinarios que analizan posibilidades, deficiencias y pautas de manejo que pueden conducir hacia sistemas sustentables (Astier et al., 2008). Por lo anterior, a la hora de evaluar el estado de sustentabilidad de un sistema productivo se busca incorporar múltiples puntos de vista sin tener que invertir altas cantidades de tiempo y recursos (Cano & Monje, 2017). Con esta premisa, el aplicativo FINCAS (Función para el Cálculo de Indicadores Numéricos Cualitativos Aproximados de Sustentabilidad) se convierte en un ejercicio metodológico de acción-observación-indagación que alimenta una interfaz de usuarios a partir de una serie de indicadores relacionados con aspectos de manejo agroecológico y puesta en práctica de las dimensiones de la sustentabilidad (Monje & Rojas, 2015), fundamentados en los postulados teóricos de Sarandón (2002) y Sevilla (2011).

La piña (*Ananas comosus* L.), perteneciente a la familia Bromeliaceae, es una fruta cultivada en climas tropicales cuyo centro de origen y dispersión fue Brasil, norte de Argentina y Paraguay (Rohrbach et al., 2003); en Colombia se ha documentado que esta fruta hacía parte de las dietas de los pueblos aborígenes antes de la llegada de los españoles (Morales & López, 2002). Los departamentos más destacados en producción de piña son Santander, Cauca, Valle del Cauca y Risaralda; de igual forma, debido a los requerimientos agronómicos y climatológicos, los valles interandinos y las llanuras de la Orinoquía se han posicionado como territorios de alto potencial para el crecimiento de los cultivos de piña (Olmos, 2015). Reportes describen un primer momento de cosecha entre los 15 a 20 meses desde la siembra (Bejarano & Vásquez, 2020), con la posibilidad de emergencia de nuevos brotes que generan frutos entre los 15 a 18 meses posteriores a la primera cosecha (DANE, 2016).

El cultivo de piña se establece a través de sistemas de producción agrícola intensivo y extensivo; requiere de excelente preparación del terreno, alta capacidad financiera para la adquisición de material vegetal e insumos, y disponibilidad de agua de riego (Garzón, 2016). Durante la fase de crecimiento foliar, la piña requiere altas cantidades de fertilizantes que incluyen elementos minerales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre. Además, el manejo adecuado de arvenses exige aplicación de herbicidas, los cuales en muchos casos no son aprovechados de forma eficiente al momento de la siembra (Jiménez et al., 2020). Es muy común en los distintos cultivos de piña la aparición de enfermedades relacionadas con la presencia de insectos, nemátodos y organismos fúngicos, cuyo control se realiza por medio de plaguicidas de origen químico que incrementan los costos de producción (Yépez, 2018).

La presente investigación se propuso evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas de piña en el municipio de Aguazul (departamento del Casanare, Colombia), con el fin de conocer los puntos críticos del manejo y, a partir de los resultados, proponer acciones de manejo desde la perspectiva de la transición agroecológica, que contribuyan a mejorar las condiciones sociales, económicas y culturales en la finca y permitan la sustentabilidad de todas las formas de vida que caracterizan los ecosistemas de la Orinoquía colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio de Aguazul (Casanare) se encuentra ubicado en el punto de intersección entre la vía Marginal del Llano, la vía del Cusiana y el acceso al municipio de Maní, en las coordenadas 5°21' N y 72°24' O (Alcaldía Municipal de Aguazul, 2003). La cabecera municipal está en el margen izquierdo del río Únete.

La altitud promedio es 300 msnm, temperatura media 27 °C y ocupa una extensión territorial de 1330 km². Los paisajes son de montaña, piedemonte y sabana; presenta altas precipitaciones derivadas de la interacción entre las masas de aire provenientes de la Amazonía y la Orinoquía que se condensan sobre el flanco oriental de la cordillera Oriental, creando un clima tropical húmedo desde marzo a noviembre. El efecto antrópico ha dado como resultado distintos tipos de coberturas vegetales, como bosque natural intervenido, rastrojos altos y rastrojos bajos combinados con mosaicos de pastos naturales y mejorados (Alcaldía Municipal de Aguazul, 2003).

METODOLOGÍA

El municipio de Aguazul tiene solo un 26 % de los habitantes en áreas rurales (Departamento Nacional de Planeación, 2023). El 75 % de las fincas con aprovechamiento agropecuario se encuentran por debajo de las 45 ha, considerado como el tamaño promedio de las Unidades Agrícolas Familiares (UAF) para esta zona del país. En el 2018, los cultivos de piña en el municipio ocupaban un total de 260 ha (MinTIC, 2023) y según datos de la Cámara de Comercio de Casanare, para el proyecto “Clúster de la piña” se encontró el registro de 173 cultivadores; sin embargo, en esta iniciativa manifestaron la dificultad para contactar al 50 % de los cultivadores registrados (Rúa et al., 2016).

Teniendo en cuenta el alto grado de dispersión de las fuentes de información, para esta investigación se utilizó el muestreo no probabilístico *bola de nieve*, que contribuye a obtener información donde las fuentes o sus características aún no han sido descritas con detalle (Alloatti, 2014).

Desde los meses de octubre a diciembre del año 2022 se realizaron entrevistas a productores de piña, en las que se evaluó la sustentabilidad de los agroecosistemas a través del aplicativo FINCAS. Este *software* valora 75 indicadores (Tabla 1) de acuerdo con criterios cualitativos, clasificados en seis principios agroecológicos (P1: procesos de acción social; P2: desarrollo participativo; P3: circulación alternativa de productos, bienes y servicios; P4: producción y consumo responsable; P5: aportes a la solución de la crisis ecológica y social; P6: estructuras resilientes) y siete objetivos de la agroecología (O1: sistema agropecuario holístico; O2: uso múltiple del territorio; O3: potencial endógeno; O4: bioética como base del desarrollo; O5: territorio como ambiente de aprendizaje; O6: delimitar usos sostenibles; O7: diálogo de saberes permanente).

TABLA 1. Conjunto de indicadores utilizados para la evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas con el aplicativo FINCAS.

Principios y objetivos	Indicadores
Principio 1	Pertenece a una asociación y/o grupo de productores ecológicos y orgánicos
	Se reúne periódicamente para diálogos comunitarios participativos
	Maneja usted o el grupo un fondo común de apoyo y emergencia
	Usan el modelo de trabajo comunitario, mano cambiada o mingas
	Usa tecnologías locales, investiga en tecnologías locales
	Comparte sus tecnologías con sus vecinos y amigos
	Se capacita constantemente (visita experiencias, talleres, seminarios, etc.)
	Manejan procesos de recuperación de conocimiento tradicional o ancestral

Continúa

Principios y objetivos	Indicadores
Principio 2	Hace innovación tecnológica desde lo local
	Hace seguimiento y control al uso de tecnologías no propias de la agroecología
	Mantienen límites al uso de productos de la agricultura de revolución verde
	Asisten a ferias, seminarios, simposios para contar su experiencia
	Posee un sistema para compartir información con la comunidad (cartelera, boletín, etc.)
	Tiene convenios con instituciones de agroecología
	Recibe apoyos institucionales técnico y organizativo (gobierno o privadas)
Posee información de experiencias y habilidades de sus vecinos	
Principio 3	Participan en mercados locales y usan otras formas de valor diferente al dinero (trueque, escalas de valores, monedas alternativas, etc.)
	Vende excedentes de la producción, valorando primero el consumo interno
	Vende a precios iguales o inferiores al mercado convencional
	Maneja residuos inorgánicos adecuadamente (reciclaje, reutilización, etc.)
	Composta residuos orgánicos para reincorporarlos de nuevo a sus sistemas
	Reutiliza las excretas en la preparación de bioinsumos para la producción
Vende los bioinsumos preparados en su predio	
Principio 4	Integra producciones agrícolas, pecuarias y forestales
	Planifica su producción de acuerdo con la demanda alimenticia
	Usa productos orgánicos para la producción
	Su producción está dedicada al autoconsumo o al mercado
	Maneja registros de producción
Principio 5	Realiza cronogramas de actividades dentro de la finca
	Emplea acción para mitigar el impacto ambiental
	Desarrolla actividades sociales en pro del mejoramiento local
	Propone acciones colectivas de capacitación acerca de procesos ambientales en las fincas de la comunidad
Principio 6	Promueve estrategias de integración socioambiental locales y regionales
	Comparte metodologías desde la experiencia propia
	Utiliza barreras vivas o rompevientos
	Protege cuencas hídricas y nacedores
	Cuenta con reservas forestales
	Conserva especies nativas
	Conserva semillas criollas
Tiene reservorios de agua dentro de su finca	
Maneja prácticas para la conservación de suelos	

Continúa

Principios y objetivos	Indicadores
Objetivo 1	Reutiliza materiales dentro de la finca
	Incorpora árboles y arbustos en los sistemas productivos
	Tiene cultivos asociados
	Tiene bancos de proteína y forrajeros para alimento animal
	Protege el suelo con coberturas vivas o muertas
	Fomenta la biodiversidad de sistemas de producción (variedad de cultivos)
	Utiliza fuentes renovables de energía (biogás, tracción animal, leña, compost, molinos de viento, ariete, rueda Pelton, celdas solares)
	Incrementa la producción de biomasa
	Utiliza cercas vivas, zonas de sombrío, cercas rompevientos para proteger su área productiva
Objetivo 2	Integra los sistemas productivos en su finca
	Hace rotación de cultivos para la producción
Objetivo 3	Desarrolla prácticas agropecuarias tradicionales
	Realiza diseños y estructuras en el sistema de su finca
	Aplica saberes y experiencias agroecológicas dentro de su finca
	Aprovecha todos los recursos naturales dentro de la finca
Objetivo 4	Realiza manejo de residuos en el sistema
	Respeta, aprovecha y mejora la base de los recursos naturales
	Realiza modelos de producción ambientalmente sanos, económicamente viables y socialmente justos
	Disfruta de buenas relaciones con los vecinos y comunidad en general
	Busca la armonía con su entorno ecológico
Objetivo 5	Motiva el interés del aprendizaje ambiental
	Comparte experiencias de campo con sus vecinos
	Aplica las enseñanzas mencionadas por sus vecinos
	Busca información para el mejoramiento de su sistema productivo
	Integra diferentes miembros del núcleo familiar en su sistema productivo
Objetivo 6	Utiliza personal capacitado (ingenieros, técnicos, administrativos)
	Depende de insumos externos
	Realiza manejo de residuos (cosecha y estiércol) para el proceso de abonos
	Busca diferentes mercados para su cosecha
Objetivo 7	Tiene intermediarios para la venta de su cosecha
	Implementa diferentes cultivos en su finca
	Sostienen continuamente una comunicación abierta y sin compromiso entre agricultores
Objetivo 7	Tiene en cuenta el pensamiento de otros
	Está dispuesto a aprender y compartir pensamientos e ideas

Fuente: elaboración propia con base en Monje y Rojas (2015).

Los resultados numéricos se evalúan en una escala de 0 a 10, calculados a partir del valor final obtenido de la evaluación cuantitativa de cada indicador y el valor promedio acumulado en cada uno de los principios y objetivos, de acuerdo con las siguientes categorías: no sustentable (entre 1,0 y 4,0); puede ser sustentable (entre 4,1 y 5,0); en transición hacia la sustentabilidad (entre 5,1 y 7,0); sustentable en evolución (entre 7,1 y 8,0); y altamente sustentable (entre 8,1 y 10,0) (Monje & Rojas, 2015). Los puntos críticos a escala territorial se identificaron a partir de los resultados de los principios u objetivos que evidenciaron más del 40 % de las fincas estudiadas, con valores inferiores a 5 en la escala de sustentabilidad.

Análisis de datos

Los aspectos numéricos descriptivos de los valores de sustentabilidad obtenidos en los principios y objetivos se organizaron en el *software* GraphPad Prism V8, operado en versión de prueba gratuita. A partir de las tendencias expresadas en los resultados y la categoría de sustentabilidad obtenida, se identifican los puntos críticos de manejo del sistema y se lleva a cabo un primer acercamiento al estado actual del territorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de sustentabilidad con el aplicativo FINCAS en los 32 sistemas productivos de piña, 14 son liderados por mujeres, de los cuales el 78,6 % en calidad de arrendamiento y 21,4 % en calidad de propietarios. Los 18 sistemas productivos restantes son liderados por hombres, 50 % en arrendamiento y 50 % en calidad de propietarios. En un análisis de sustentabilidad es imperativo el conocimiento sobre las formas de tenencia de la tierra para poder garantizar el derecho otorgado por la sociedad para apropiarse o manejar los distintos elementos encontrados en los predios donde se van a realizar procesos de transición agroecológica (León, 2021). Por consiguiente, los cambios de paradigma productivo deben comenzar por favorecer el acceso a la tierra, su correspondiente seguridad jurídica y el enfoque diferencial en términos de género, claves para resolver brechas históricas.

Los resultados (Figura 1) indican que el 40,6 % de los sistemas productivos se encuentran en transición; esta categoría corresponde al mantenimiento de ciclos de uso y renovación de los recursos naturales con modelos productivos convencionales, por consiguiente, se realizan pocos esfuerzos por avanzar hacia el sistema de manejo agroecológico. El 28,1 % se encuentra en categoría de altamente sustentable y el 18,7 % en sustentable en evolución; en los dos casos, los campesinos-productores manifestaron la vocación de generar modelos que permitan el escalamiento de formas sustentables de producción de alimentos, dando prioridad a la agrobiodiversidad y la

generación de alimentos sanos a partir de estrategias territoriales de asociación y construcción colectiva de conocimiento. El 12,5 % se encuentran en categoría puede ser sustentable, en este caso, tanto el sistema productivo de piña como el agroecosistema en la finca demuestran puntos críticos que los hacen vulnerables a los cambios ambientales y sociales que se presentan en la actualidad (Monje & Rojas, 2015).

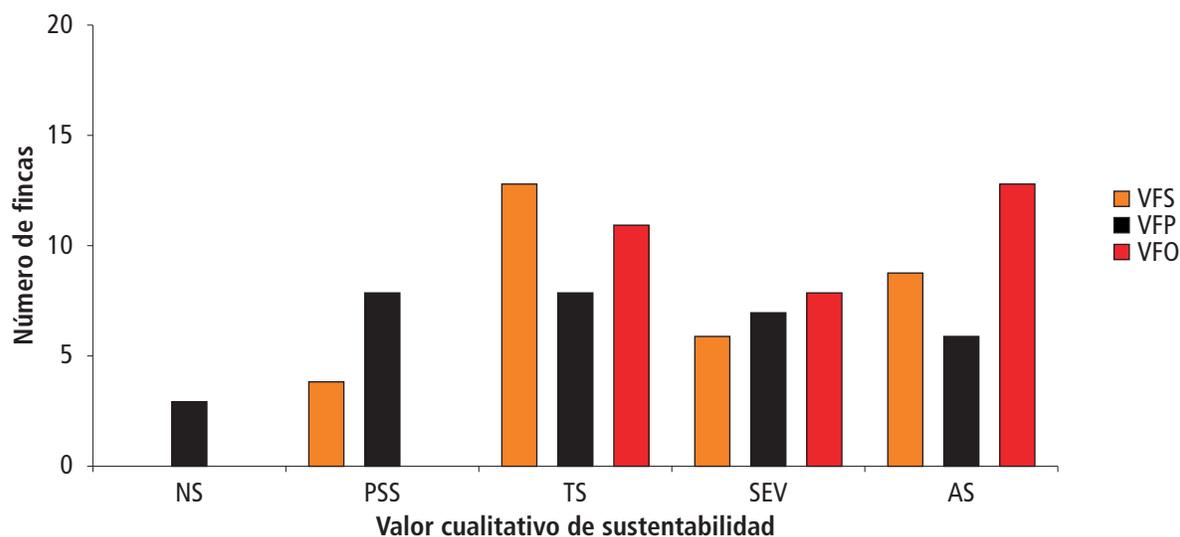


FIGURA 1. Resultados evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas de piña en Aguazul (Colombia). Las abreviaciones corresponden a la categoría de sostenibilidad: no sostenible (NS); puede ser sostenible (PSS); en transición hacia la sostenibilidad (TS); sostenible en evolución (SEV) y altamente sostenible (AS). VFS: valor final de sustentabilidad; VFO: valor final objetivos; VFP: valor final principios.

Tomando en cuenta los principios agroecológicos, se observa una disparidad en los resultados que permiten identificar puntos críticos que condicionan el establecimiento de un sistema de manejo sustentable (Figura 2). En el principio 1, el 43,7 % de los predios se encuentran en situación de baja sostenibilidad; las causas están ligadas a una limitada asociación enfocada a la transición hacia prácticas agroecológicas y teniendo en cuenta que el sistema presenta tendencias de monocultivo de carácter industrial por el modelo convencional, se encuentra fuertemente ligado a la transferencia de paquetes tecnológicos y de agroinsumos externos (Vásquez et al., 2022); de igual forma, se ha planteado el potencial del departamento del Casanare para implementar proyectos de desarrollo endógeno, sin embargo, se requiere que los pobladores se integren a formas asociativas de beneficio común (Cáceres et al., 2012).

En el principio 2, el 59,4 % se halla en situación crítica de sostenibilidad; esta tendencia se debe en gran medida al enfoque productivo de la piña en el país, caracterizado por la utilización de insumos externos, la mecanización elevada, el desarrollo tecnológico impulsado por combustibles fósiles, entre otros (Vásquez et al., 2022). En este principio, el campesino-productor debe

ser consciente de los efectos negativos del uso de agroquímicos y la dependencia de insumos en términos sociales y económicos; por ende, se debe garantizar la apropiación colectiva de formas alternativas de producción, que ya han sido planteadas para el departamento pero que no han logrado el escalamiento esperado (Combatt et al., 2008).

El principio 3 presentó un desempeño sostenible con el 40,6 % en transición hacia la sostenibilidad; esta categoría recibe especial atención, pues no se considera solo un proceso de evolución continua, sino un estadio temporal en el cual el sistema productivo mantiene el uso de los recursos ambientales a un ritmo que le permite reponer solo una parte de ellos sin entrar en punto crítico por sobreutilización. En este caso, algunos presentan valores de sostenibilidad altos, generados por iniciativas de compostaje de residuos de cosecha, procesos iniciales de integración con sistemas pecuarios y formas de intercambio de saberes y productos bajo formas solidarias, las cuales son fundamentales para el desarrollo local (Arias, 2021).

En el principio 4 se observó la mejor valoración de sostenibilidad, el 53,1 % se encuentra altamente sostenible. Estos resultados ponen de manifiesto que las comunidades campesinas-productoras generan estrategias de planificación a escala de predio, buscan mejorar la eficiencia de los productos del cultivo a partir de la inclusión de productos orgánicos y estrategias de siembra que integren otros subsistemas. La piña presenta pautas de manejo que requieren el desarrollo de habilidades de planificación, seguimiento y puesta en marcha de soluciones efectivas, enmarcadas en políticas de calidad o de buenas prácticas agrícolas (MAG & Servicio Fitosanitario del Estado, 2010); este aspecto es clave en procesos de transición agroecológica, pues permite que se tracen objetivos con los cuales el campesinado puede autogestionar sus problemas y hacerles seguimiento hasta alcanzar las metas de sustentabilidad (Monje & Rojas, 2015).

En el principio 5, la tendencia se dividió entre un 43,7 % de sostenibilidad baja y 43,7 % de sostenibilidad alta. Solo el 12,5 % en transición. Los resultados están relacionados con la percepción de los campesinos-productores respecto a los impactos de los modelos convencionales de producción y la implementación de estrategias para reducir estos impactos a escala de predio, lo cual se presenta en muy pocos casos. De igual forma, influyen aspectos como la integración socioambiental, la transferencia de conocimiento entre pares productivos y la capacidad territorial de circular los casos de éxito; en términos de la transición agroecológica, los procesos de innovación campesina llevan impresos valores de identidad como la autoestima y la creación de comunidad (Camargo & Acevedo, 2022); son estos aspectos clave los que permiten la construcción de conocimiento comunitario que impulsa el desarrollo endógeno y las capacidades del territorio.

Sobre el principio 6, se observa tendencia hacia la sustentabilidad alta, el 31,2 % se ubicó en transición, 15,6 % en evolución y 28,1 % en altamente sostenible. La percepción sobre el uso razonable de los recursos naturales es persistente en las comunidades campesinas; según las respuestas a los indicadores, los periodos de sequía intensa o inundaciones hacen que se cuiden los distintos componentes de la biodiversidad y la riqueza hídrica, puesto que en el cultivo son fundamentales los procesos de riego y conservación de suelos (Vásquez et al., 2022). Además, se implementan ciertas prácticas que promueven la conservación de espacios naturales o semillas nativas, donde se observó sustentabilidad baja (25 %) con la influencia del modelo de monocultivo que hace que se cambien las coberturas vegetales y no se implementen estrategias de la diversidad biológica.

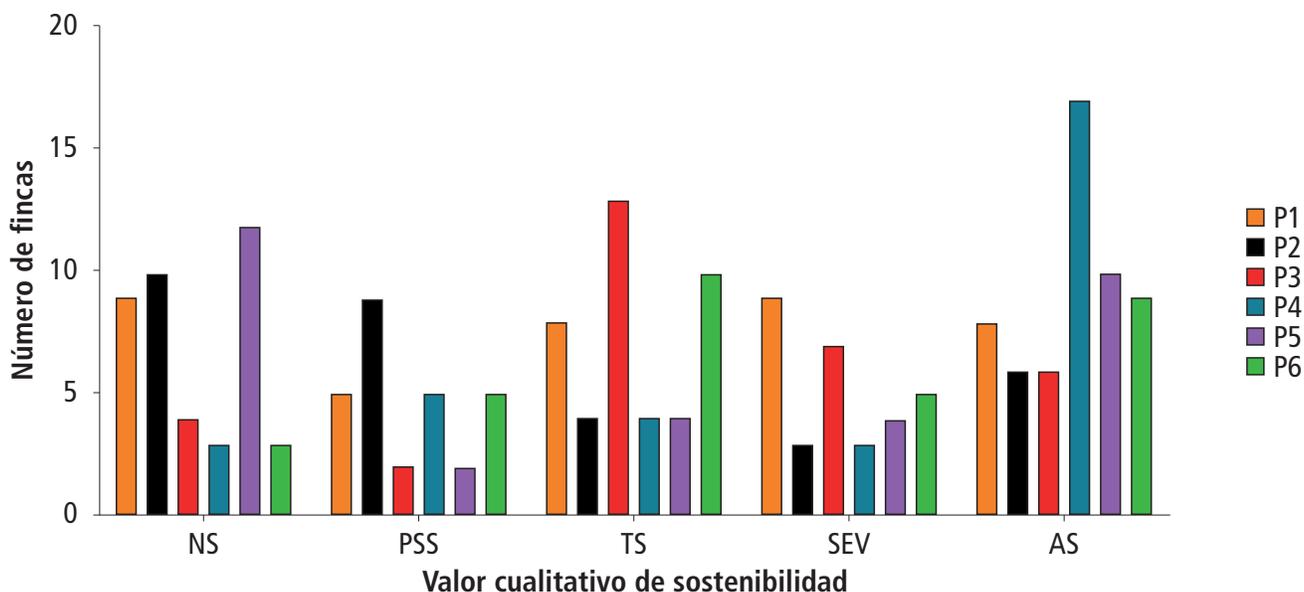


FIGURA 2. Resultados evaluación de los principios de la agroecología. Las abreviaciones corresponden a las categorías de sustentabilidad: no sostenible (NS); puede ser sostenible (PSS); en transición hacia la sustentabilidad (TS); sostenible en evolución (SEV) y altamente sostenible (AS).

En la evaluación de sustentabilidad en términos de los objetivos de la agroecología (Figura 3) se encontraron puntos críticos de sustentabilidad en el objetivo 1, puesto que el 46,9 % se encuentra en monocultivo que dificulta la adaptación de cultivos asociados, sistemas integrados con otros subsistemas productivos, utiliza fuentes renovables de energía o tracción animal, cercas o barreras vivas, aspectos clave para generar autonomía en los procesos de transición agroecológica (Monje & Rojas, 2015). El 37,5 % se ubicó en sustentabilidad alta, y el 15,6 % en transición hacia la sustentabilidad; sin embargo, estudios han mencionado la obsolescencia de algunas maquinarias y paquetes tecnológicos que impiden un mejoramiento continuo del sistema productivo (Bejarano & Vásquez, 2020).

En el objetivo 2 se observan dos estadios de sostenibilidad influenciados por la integración de los subsistemas productivos y la capacidad de generar rotación de cultivos; el 68,7 % de los campesinos-productores entrevistados manifiestan que es frecuente que en sus predios se realice rotación dependiendo del tiempo de cosecha de cada especie, además, como forma de mejorar las condiciones del suelo, ampliar la oferta productiva y disminuir los riesgos de plagas y enfermedades inherentes al monocultivo. Sin embargo, un 31,3 % de los entrevistados manifiestan no realizar rotación de cultivos de forma frecuente, pues en muchos casos, estas pautas de manejo están ligadas al arrendamiento como forma de tenencia de la tierra que obliga al productor a realizar grandes inversiones temporales, pero poco se interesa por mejorar progresivamente la salud del suelo. Y en términos de la agroecología, el suelo es un elemento fundamental de protección que garantiza la sustentabilidad del proceso de transición (Altieri & Nicholls, 2007; Gliessman, 2015).

En el objetivo 3, el 21,9 % se ubica en transición, el 31,3 % en sostenible en evolución y el 46,8 % en altamente sostenible. Los datos observados están influenciados por la difusión de saberes tradicionales, casos de éxito y metodologías ajustadas a escala de predio que fortalecen el conocimiento del cultivo a escala territorial. Los entrevistados con mayor desempeño de sostenibilidad utilizan con frecuencia insumos de origen orgánico o biológico, que complementan los procesos productivos y constituyen un primer acercamiento a reemplazar los productos derivados del petróleo; no obstante, cada territorio debe identificar los flujos de materia que pueden complementar los procesos y reducir la dependencia externa que condiciona la sustentabilidad del agroecosistema (Monje & Rojas, 2015).

En el objetivo 4 se observó una tendencia de los predios hacia prácticas sostenibles, a pesar de la dependencia de insumos, los altos costos de producción y la limitada planificación que facilite el control de los procesos (Bejarano & Vásquez, 2020). Las buenas relaciones entre vecinos y la búsqueda de armonía con su entorno ecológico como eje transversal a la cultura llanera, hacen que se busquen cada día modelos que puedan cumplir con criterios de sanidad, viabilidad y precios justos. Esto se pone de manifiesto en los altos porcentajes de fincas con buen desempeño de sustentabilidad.

Una tendencia similar a la anterior se observó en el objetivo 5, donde el 78,1 % se encuentra en sostenibilidad óptima. Los indicadores utilizados muestran que la participación de distintos miembros del núcleo familiar en los cultivos, el compartir experiencias de campo con su comunidad y la capacitación frecuente alineada con estrategias de transferencia tecnológica vertical, han permitido que los campesinos-productores se sostengan en el mercado local, nacional e internacional. Es importante aclarar que, aunque la agricultura familiar en el caso de la piña puede mejorar las condiciones de vida de los habitantes del territorio, se requiere aumentar la oferta de alimentos sanos

en entornos sostenibles, como estrategia de resistencia a la colonización productiva realizada por modelos extractivistas (Acevedo-Osorio et al., 2018).

En el objetivo 6, el 43,7 % de los predios se encuentran en transición hacia la sustentabilidad; en este apartado influyeron factores como la capacidad de buscar distintos mercados para las cosechas, los circuitos cortos de comercialización y la injerencia de intermediarios para la compra y distribución del producto. A escala regional, la piña ha presentado iniciativas de transformación e industrialización (Arias et al., 2010; Rúa et al., 2016) que permiten asegurar un mayor retorno de la inversión. Aunque desde la agroecología los modelos industriales no fomentan la sustentabilidad en su sentido más estricto (Giraldo, 2018), sí pueden ser una primera estrategia que, apoyada en las buenas habilidades de comunicación entre el entorno del agroecosistema evidenciadas en el objetivo 7 (68,7 % altamente sustentable), permita generar las sinergias sociales que llevan a mejorar procesos de reutilización de materiales procedentes de cultivos y los subsistemas pecuarios.

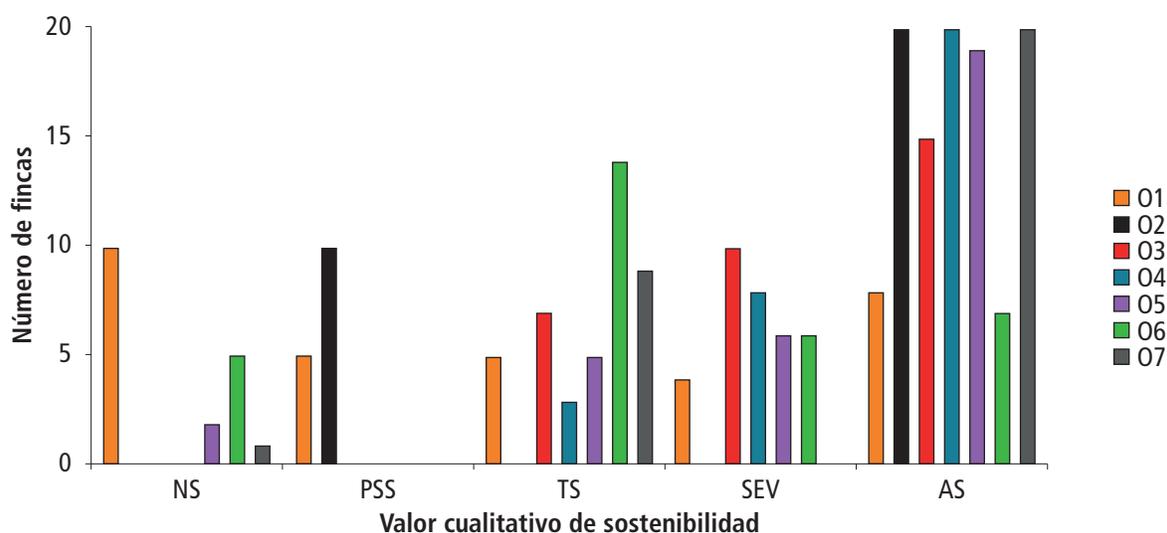


FIGURA 3. Resultados evaluación de los objetivos de la agroecología. Las abreviaciones corresponden a las categorías de sustentabilidad: no sostenible (NS); puede ser sostenible (PSS); en transición hacia la sustentabilidad (TS); sostenible en evolución (SEV) y altamente sostenible (AS). O1, O2..., corresponden a los objetivos 1, 2, respectivamente de la Tabla 1.

CONCLUSIONES

Los puntos críticos en el manejo del agroecosistema de piña están asociados al modelo convencional de producción: los predios encontrados en las categorías puede ser sustentable y en transición, manifestaron alta dependencia de insumos y paquetes tecnológicos externos, con limitados esfuerzos por reducir los impactos ecológicos y económicos que se derivan del uso de tecnologías no propias de la agroecología; por lo tanto, adicional a las limitaciones en el acceso a la propiedad de la tierra, se requiere la implementación de otros tipos de cultivos complementarios que puedan aportar a la autonomía

alimentaria y fomentar sinergias que permitan la integración de los distintos subsistemas dentro del predio.

Para el cultivo de piña, por sus atributos agroindustriales y de exportación, es necesario poner en marcha procesos de transición agroecológica. Los resultados permitieron identificar el 46,8 % de los predios en la categoría de sustentabilidad alta; en estos casos, se hallaron iniciativas para reducir los efectos secundarios de los pesticidas de síntesis química. De igual forma, en términos de los objetivos, la rotación es limitada debido a las características del cultivo; en estos casos, se observaron estrategias a escala de predio que optimizan los flujos de materia y energía, como el aprovechamiento de residuos de cosecha, la producción de bioinsumos y la búsqueda de distintas formas de comercialización y aprovechamiento del producto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores destacan y agradecen la colaboración de las comunidades campesinas-productoras de piña del municipio de Aguazul (Casanare); agradecen el apoyo académico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y de la Maestría en Desarrollo Rural de la misma universidad.

Conflicto de intereses: el autor declara no tener algún conflicto de interés que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

- Acevedo-Osorio, Á., Santoyo-Sánchez, J. S., Guzmán, P., & Jiménez-Reinales, N. (2018). La Agricultura Familiar frente al modelo extractivista de desarrollo rural en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 21(Supl. 2), 144–154. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2supl.73925>
- Alcaldía Municipal de Aguazul. (2003). *Ajustes al esquema de ordenamiento territorial 2003 - Diagnóstico territorial*. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/9864/3220-2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Alloatti, M. N. (2014). *Una discusión sobre la técnica de bola de nieve a partir de la experiencia de investigación en migraciones internacionales* [Conferencia]. En *IV Encuentro Latinoamericano de Metodología de las Ciencias Sociales, Heredia, Costa Rica*. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8286/ev.8286.pdf
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1), 3–12.
- Arias, V. (2021). *El trueque como herramienta para el desarrollo local : la propuesta de la Fundación Laudes Infantis en Bogotá* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/53454#.ZEq6YQJ72OU.mendeley>

- Arias, L., Portilla, L. M., & Castaño, J. C. (2010). Modelo asociatividad para producción de piña deshidratada. *Scientia Et Technica*, 16(45), 73–78.
- Astier, M., Masera, O. R., & Galván, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE; CIGA; ECOSUR; CIEco; UNAM; GIRA; Mundiprensa; Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable.
- Bejarano, R. M., & Vásquez, G. (2020). *Diseño de indicadores de gestión para el eslabón primario del proceso productivo de la piña para la asociación de productores de Casanare Fruitcas Tauramena Casanare* [Proyecto de investigación]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/35486>
- Cáceres, L. S., Pardo, C. E., & Torres, A. M. (2012). La asociatividad en la dinámica productiva del municipio de El Yopal, Casanare. *Gestión y Sociedad*, 5(2), 37–50.
- Camargo, A. Y., & Acevedo, Á. (2022). Procesos de innovación agroecológica campesina en Colombia: ejemplos de autogestión del desarrollo desde la base. *Revista Agroecología*, 15(1), 24. <https://doi.org/10.59187/revistaagroecologia.v15i1.16>
- Cano, J. G., & Monje, J. J. (2017). *Evaluación del aplicativo F.I.N.C.A.S (Funciones para el Cálculo de Indicadores Numéricos y Cualitativos Aproximados de Sustentabilidad) en la práctica de protección de fuentes hídricas como estrategia al efecto del cambio climático en las comunidades de las inspecciones Chuscales y Claraval municipio de Junín – Cundinamarca* [Jornadas de Investigación]. En VI Jornadas de Investigación y IV de Semilleros de Investigación Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Combatt, E., Jarma, A., & Cleves, A. (2008). Efecto del enclamiento de suelos sulfatados ácidos en Córdoba (Colombia) sobre el fruto de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(2), 175–179. <https://doi.org/10.17584/rcch.2008v2i2.1185>
- de Olde, E. M., Oudshoorn, F. W., Sørensen, C. A. G., Bokkers, E. A. M., & de Boer, I. J. M. (2016). Assessing sustainability at farm-level: lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*, 66, 391–404. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). Principales características del cultivo de la piña (*Ananas comosus* L.). *Boletín Mensual Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*, (54), 1–99.
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Porcentaje de población Rural Colombia*. [database Terridata]. <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/comparaciones>
- Garzón, J. I. (2016). *Establecimiento y manejo de un cultivo de piña en la sede de la asociación de ingenieros agrónomos del Llano en Villavicencio* [Informe de pasantía, Universidad de los Llanos]. Repositorio Universidad de los Llanos. <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/341/1/Establecimiento%20y%20manejo%20de%20un%20cultivo%20de%20pi%C3%B1a.pdf>
- Giraldo, O. F. (2018). *Ecología política de la agricultura: Agroecología y posdesarrollo*. El Colegio de la Frontera Sur.
- Gliessman, S. R. (2015). Agroecology: a global movement for food security and sovereignty. En FAO, *Agroecology for food security and nutrition. Proceedings of the FAO international symposium*. <https://www.fao.org/3/i4729e/i4729e.pdf>

- Jiménez, A. F., Camargo, D., & García, D. Y. (2020). Sistema inteligente para el manejo de malezas en el cultivo de piña con conceptos de agricultura de precisión. *Ciencia y Agricultura*, 17(3), 122–136. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.10830>
- León, T. (2021). *La estructura agroecológica principal de los agroecosistemas*. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Universidad Nacional de Colombia.
- MAG & Servicio Fitosanitario del Estado. (2010). *Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de piña*.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2023). *Portal Nacional de Datos Abiertos - Piña*. <https://www.datos.gov.co/>
- Monje, J., & Rojas, F. (2015). *Manual para la evaluación del equilibrio ambiental por medio de criterios agroecológicos*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Morales, J., & López, J. (2002). *El cultivo de la piña perolera*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Olmos, A. (2015). *Cadena regional de piña departamento de Casanare. Gobernación de Casanare*. <https://www.casanare.gov.co/Dependencias/Agricultura/DocumentosCadenaPia/Documento%20cadena.pdf>
- Rohrbach, K. G., Leal, F., & d'Eekenbrugge, G. C. (2003). History, distribution and world production. En D. P. Bartholomew, R. Paull, & K. G. Rohrbach (Eds.), *The pineapple. Botany, production and uses* (pp. 1–12). CABI Publishing.
- Rúa, E. B., Barrera, A. I., & Pinzón, B. (2016). Caracterización y diagnóstico de la cadena productiva de la piña en el departamento del Casanare. *Revista Estrategia Organizacional*, 5(14–2), 29–47.
- Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 393–414). Ediciones Científicas Americanas.
- Sevilla, E. (2011). *Sobre los orígenes de la agroecología en el pensamiento marxista y libertario*. CDE; Plural Editores; AGRUCO; NCCR.
- Tonolli, A. J., & Ferrer, C. S. (2018). Una aproximación a las semejanzas y diferencias entre propuestas metodológicas latinoamericanas para la evaluación de agroecosistemas desde el enfoque de la sustentabilidad. *Boletín de Estudios Geográficos*, (110), 37–65.
- Vásquez, H. D., Saavedra, R., Guerrero, D. J., & Quintero, M. A. (2022). *Sistema productivo de la piña MD2 en las zonas de ladera en el Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Yépez, V. E. (2018). *Comportamiento agronómico de la piña, (Ananas comosus L.) variedad perolera, en cuatro distancias de siembra, en el centro de producción y prácticas, Río Verde, de la UPSE, en el cantón Santa Elena* [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4307/1/UPSE-TIA-2018-0005.pdf>
- Zarta, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, (28), 409–423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>