

Transición agroecológica hacia la sostenibilidad y sustentabilidad en agro sistemas de Estelí, Nicaragua

Agroecological transition towards sustainability in agrosystems in Estelí, Nicaragua

 Sara del Carmen Pérez Torrez ^{1*}
carmenpereztorrez86@gmail.com

 Roberto Armando Ramos Andino ¹
robertoramosandino02@gmail.com

Fecha de Recepción: 20-10-2025

Fecha de Aprobación: 24-11-2025

RESUMEN

El estudio evaluó el estado actual y el nivel de transición agroecológico de diez agroecosistemas ubicados en los municipios de Estelí y San Juan de Limay, Nicaragua, con el propósito de determinar su contribución a la sostenibilidad mediante indicadores de desempeño agroecológico. Se empleó un enfoque descriptivo de corte transversal y utilizó encuestas estructuradas, listas de cotejo, observaciones de campo y un grupo focal. Los instrumentos fueron adaptados a partir de la herramienta TAPE de la FAO, la cual permitió analizar componentes clave como diversidad, eficiencia, resiliencia, economía circular, sanidad vegetal y gobernanza local. Los resultados evidenciaron tres niveles de avance en la transición agroecológica. Cuatro agroecosistemas (40 %) alcanzaron un nivel agroecológico consolidado, caracterizado por alta diversificación productiva, manejo orgánico del suelo, reciclaje eficiente de nutrientes y baja dependencia de agroquímicos. Cinco agroecosistemas (50 %) se ubicaron en una etapa intermedia, con integración parcial de prácticas ecológicas y oportunidades de mejora en la gestión de recursos. Un agroecosistema (10 %) se clasificó en transición inicial debido al predominio de prácticas convencionales y menor diversidad funcional. La sanidad vegetal mostró una relación directa con el grado de transición: los agroecosistemas más diversificados y con mayor reciclaje presentaron plantas vigorosas, menor incidencia de plagas y mayor autorregulación ecológica, mientras que los sistemas menos diversificados expresaron mayor vulnerabilidad. Estos hallazgos confirman que la transición agroecológica fortalece la resiliencia, la estabilidad fitosanitaria y la sostenibilidad productiva, posicionando a la sanidad vegetal como un indicador clave del equilibrio ecológico en los sistemas agrícolas familiares.

Palabras clave: agricultura, desarrollo sostenible, economía agraria, ecosistema, seguridad alimentaria, sistemas de

ABSTRACT

The study evaluated the current status and level of agroecological transition of ten agroecosystems located in the municipalities of Estelí and San Juan de Limay, Nicaragua, in order to assess their contribution to sustainability through agroecological performance indicators. A descriptive, cross-sectional approach was applied using structured surveys, checklists, field observations, and a focus group. Data collection instruments were adapted from FAO's TAPE tool, which facilitated the analysis of key components such as diversity, efficiency, resilience, circular economy, plant health, and local governance. Results revealed three levels of progress toward agroecological transition. Four agroecosystems (40%) achieved a consolidated agroecological level, characterized by high productive diversification, organic soil management, efficient nutrient recycling, and low dependence on agrochemicals. Five agroecosystems (50%) were classified in an intermediate transition stage, showing partial integration of ecological practices and areas for improvement in resource management. One agroecosystem (10%) remained in an initial transition phase due to the predominance of conventional practices and lower functional diversity. Plant health showed a direct relationship with the degree of transition: highly diversified systems with greater nutrient cycling exhibited vigorous plants, lower pest incidence, and enhanced ecosystem self-regulation, whereas less diversified systems showed higher phytosanitary vulnerability. These findings demonstrate that agroecological transition strengthens resilience, phytosanitary stability, and productive sustainability, positioning plant health as a key indicator of ecological balance in family farming systems.

Keywords: agriculture, ecosystem, farming systems, food safety, rural economy, sustainable development

Para citar en APA: Pérez Tórrez , S. del C., & Ramos Andino, R. A. (2025). Transición agroecológica hacia la sostenibilidad y sustentabilidad en agro sistemas de Estelí, Nicaragua. *Wani*, (83), e21609. <https://doi.org/10.5377/wani.v1i83.21609>

INTRODUCCIÓN

La agroecología se ha consolidado como una alternativa científica y práctica frente a los modelos agrícolas convencionales basados en el uso intensivo de insumos químicos y la homogeneización de los ecosistemas. Se define como una ciencia que estudia los principios ecológicos que rigen los sistemas agrícolas, un conjunto de prácticas que promueven la sostenibilidad y un movimiento social que busca transformar los sistemas alimentarios hacia la equidad, la soberanía y el respeto ambiental (Altieri & Rosset, 2020; Gliessman, 2015; Caporal & Costabeber, 2016).

La transición agroecológica, entendida como el proceso de cambio desde modelos convencionales hacia sistemas sostenibles, implica la adopción gradual de prácticas basadas en el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas, la regeneración de suelos y la diversificación productiva. Zulaica et al. (2021) sostienen que evaluar el desempeño agroecológico permite identificar el grado de sostenibilidad de los sistemas productivos, mientras que González et al. (2015) destaca la importancia de medir la biodiversidad y las tecnologías apropiadas para reconocer los factores que impulsan o limitan la transición.



Sin embargo, esta transición no solo implica un cambio técnico, sino también cultural y político, que demanda la participación de los productores, la articulación comunitaria y el rescate de saberes locales (Bacon, et al., 2012; Pimbert, 2018; Sevilla Guzmán & Woodgate, 2013).

En coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 2, que promueve la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible, la agroecología aporta soluciones al deterioro ambiental y la vulnerabilidad climática (FAO, 2020; Silici, 2014). En este contexto, la sanidad vegetal se consolida como un indicador clave del equilibrio ecológico, determinado por la biodiversidad funcional, la microbiota del suelo y las interacciones biológicas que favorecen la autorregulación del ecosistema (Nicholls & Altieri, 2018; Zulaica et al., 2021).

En Nicaragua, el fortalecimiento de la agricultura familiar con enfoque agroecológico se ha convertido en una prioridad estratégica para avanzar hacia la sostenibilidad y la seguridad alimentaria (González-Esquivel et al., 2015; Wesel et al., 2009). En el departamento de Estelí, ubicado en el Corredor Seco Centroamericano, las variaciones climáticas, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad exigen estrategias de producción más sostenibles. En tal sentido, diversos sistemas han iniciado procesos de reconversión agroecológica apoyadas por instituciones académicas y programas de cooperación, generando experiencias valiosas que merecen ser sistematizadas.

En este marco, el presente estudio tiene como objetivo diagnosticar el estado actual de diez agroecosistemas del departamento de Estelí y evaluar su contribución a las dimensiones de sostenibilidad, con énfasis en la sanidad vegetal como indicador del equilibrio ecológico y del desempeño agroecológico.

Con respecto a los objetivos planteados, la evaluación de agroecosistemas modernos requiere enfoques multidimensionales que integren dimensiones ecológicas, productivas, socioeconómicas y culturales (los enfoques de resiliencia socio ecológica diseñados para caracterizar el desempeño agroecológico a distintas escalas). Estas herramientas subrayan la necesidad de combinar indicadores cuantitativos (suelos, biodiversidad, rendimiento, uso de insumos) con indicadores cualitativos (gobernanza local, conocimientos tradicionales, seguridad alimentaria).

Los resultados del estudio aportan información técnica para orientar políticas y acciones que fortalezcan la transición agroecológica hacia sistemas productivos sostenibles, resilientes y socialmente justos.

Esta investigación surge de la necesidad de comprender cómo avanzan los procesos de transición agroecológica en los agro sistemas del departamento de Estelí, una región altamente vulnerable a la degradación ambiental y a las variaciones climáticas propias del Corredor Seco. Esto responde a la creciente relevancia de la agroecología como alternativa científica y práctica frente a los sistemas agrícolas convencionales (Altieri & Rosset, 2020; Gliessman, 2015), y a la importancia de evaluar su desempeño para identificar avances, limitaciones y oportunidades de mejora (Zulaica et al., 2021).

La justificación de este estudio radica en su utilidad para generar información técnica que permita fortalecer la sostenibilidad, mejorar la sanidad vegetal y orientar estrategias de acompañamiento productivo y políticas públicas en la región. Además, la literatura demuestra que la biodiversidad funcional, la calidad del suelo y las prácticas ecológicas son determinantes clave para el equilibrio sanitario y la resiliencia agro ecosistémica (Nicholls & Altieri, 2018; González et al., 2015), lo cual fundamenta la hipótesis de que los agroecosistemas con mayor diversificación, manejo del suelo y presencia de interacciones biológicas tienden a presentar mejores niveles de sanidad vegetal y sostenibilidad. Estos antecedentes respaldan la pertinencia científica y práctica del estudio, así como su contribución al avance de la transición agroecológica en Nicaragua.

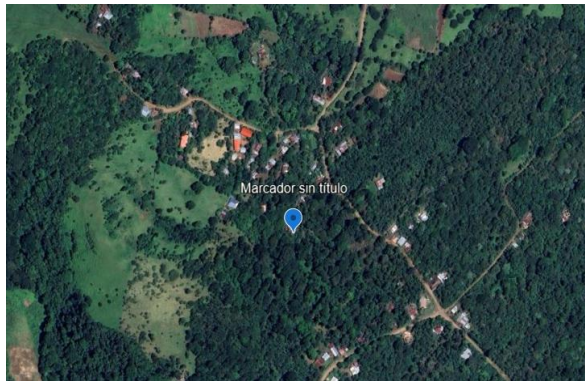
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

Dos de los agroecosistemas en estudio se ubican en el municipio de San Juan de Limay, a 195 kilómetros de la capital, el cual cuenta con una población aproximada de 15,154 habitantes. Estos agroecosistemas, denominados *La Estrella* y *Chilca*, se localizan en la comunidad de San Luis, con coordenadas aproximadas de 13°15'13"N, 86°28'36"W (Google Earth, 2023).

Figura 1

Ubicación geográfica



Fuente: Google Earth, 2023

En el municipio de Estelí se localiza el área protegida Miraflor–Moropotente, con una extensión de 13,174 ha. Esta área se encuentra a unos 25 km al norte de la ciudad de Estelí y está conformada por dos reservas contiguas que se gestionan de manera conjunta. Miraflor posee una alta diversidad ecológica, con distintos tipos de bosques y un clima más fresco debido a su altitud, lo que favorece diversas actividades agroecológicas y de conservación.

En esta área protegida, se encuentran ocho de los agroecosistemas analizados. De ellos, cuatro presentan niveles de transición agroecológica superiores al 70 %, lo que evidencia avances significativos hacia sistemas agrícolas más sostenibles.

Las características climáticas son variables, debido principalmente a la altitud, que va desde los 600 hasta los 1500 msnm, con una altura media municipal de 1.150 msnm. Las precipitaciones están marcadas por zonas muy secas (zonas bajas y urbanas) con precipitaciones anuales menores a los 892 mm y zonas húmedas (zonas altas) con precipitaciones superiores a los 1000 mm anuales, con una humedad relativa promedio anual del 70 %, y temperatura promedio anual que oscilan entre los 21.4 °C a 29 °C.

Tipo de paradigma

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, integrando componentes cuantitativos y cualitativos. Desde el paradigma positivista, se aplicaron métodos cuantitativos orientados al diagnóstico y evaluación de indicadores de desempeño agroecológico en diez agroecosistemas. Este enfoque permite obtener mediciones objetivas, comprobables y comparables entre sistemas.

Asimismo, se incorporó un paradigma interpretativo, propio de los estudios cualitativos, con el fin de comprender los procesos, significados y dinámicas socio ecológicas presentes en cada agroecosistema. A través de este enfoque fue posible caracterizar prácticas, percepciones y contextos locales que no pueden captarse únicamente por los datos numéricos.

Finalidad y profundidad de la investigación

El alcance de esta investigación se define como descriptivo, explicativo y correlacional, ya que el estudio se enfoca en el diagnóstico, descripción y correlación detallada del desempeño agroecológico y su contribución a las dimensiones de sostenibilidad en diez agro sistemas del departamento de Estelí. Esto implica una recopilación minuciosa de datos relacionado con el desarrollo de prácticas agroecológicas en el manejo de las plagas y enfermedades en los cultivos, la biodiversidad, la salud del suelo y la productividad de los sistemas en estudio, que permita proponer una matriz de conversión agroecológica para el avance de la transición a sistemas agrícolas sostenibles y sustentables.

Según su nivel de amplitud, la investigación se definió como un estudio de corte transversal, ya que las variables e indicadores se recopilaron en un periodo corto, no mayor a tres meses. Los instrumentos de recolección de datos se aplicaron una sola vez en cada agroecosistema seleccionado. Finalmente, la información obtenida se socializó en un grupo focal, lo que permitió su validación y análisis participativo.

Población y muestra

El estudio se llevó a cabo en dos municipios del departamento de Estelí: el área protegida de Miraflores–Moropotente, en el municipio de Estelí, y el municipio de San Juan de Limay.

Se utilizó un muestreo no probabilístico e intencional, seleccionando diez agroecosistemas que implementan prácticas agroecológicas en el departamento. De estos, ocho se ubican en el área



protegida de Miraflores–Moropotente y dos en el municipio de San Juan de Limay. Esta selección permitió caracterizar agroecosistemas con diferentes niveles de transición agroecológica y representativos de las dinámicas productivas del territorio.

Criterios de inclusión

A continuación, se detallan los criterios de inclusión definidos para la selección de la población de estudio.

- Agroecosistemas del proyecto Agricultura Familiar con Enfoque Agroecológico y Promoción de la Salud Ecológica.
- Agricultores o núcleo familiar que hayan participado en al menos 6 sesiones de la escuela de campo Unión de Campesinos para la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con enfoque agroecológico.
- Agricultores que hayan sido capacitados sobre prácticas de producción agroecológica.
- Haber implementado al menos tres prácticas de producción agroecológica en sus unidades de producción.
- Estar implementando prácticas de producción agroecológica al momento de la selección.
- Agroecosistemas de agricultores atendidos por el Instituto Nicaragüense de Tecnología

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

La recopilación de los datos en cada uno de los agroecosistemas se realizó mediante la aplicación de encuestas estructuradas, diseñadas con preguntas abiertas y cerradas. Los cuestionarios fueron adaptados a partir del *Instrumento para la Evaluación del Desempeño Agroecológico (TAPE)*, desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como herramienta metodológica para caracterizar sistemas productivos y medir su transición agroecológica (FAO, 2019).

En este sentido, se realizó un taller utilizando la técnica de grupo focal con los agricultores participantes. Esta estrategia permitió generar una interacción dinámica entre ellos, facilitando la retroalimentación y la construcción conjunta de información sobre la implementación de prácticas agroecológicas en sus agroecosistemas.

Consideraciones éticas de la investigación

La investigación se desarrolló bajo principios éticos que garantizaron el respeto y la protección de los participantes. Se obtuvo el consentimiento informado de las familias productoras, asegurando su comprensión de los objetivos, procedimientos y uso de datos, así como su participación voluntaria. Asimismo, se resguardó la confidencialidad y anonimato de la información recolectada, evitando toda forma de identificación personal en los informes. De igual modo, se procuró la equidad y justicia, promoviendo beneficios y retribuciones hacia la comunidad participante. Finalmente, se respetaron las prácticas culturales locales y se mantuvo transparencia en la

comunicación de los resultados, compartiéndolos con los productores interesados y con las instancias académicas correspondientes.

Procedimientos para el análisis de datos

Los datos obtenidos mediante las técnicas cuantitativas (listas de cotejo, matrices, mediciones de campo, encuestas estructuradas) y cualitativas (observación directa, entrevistas semiestructuradas y recorridos participativos) fueron sometidos a un proceso sistemático de ordenamiento, codificación, digitalización y análisis con apoyo de SPSS Statistics (v.25) y Microsoft Excel (2016), siguiendo los lineamientos metodológicos del Marco Analítico de la herramienta TAPE. Para este propósito, se diseñaron plantillas de ingreso de datos en Excel para los 10 elementos agroecológicos de TAPE.

Cada indicador fue registrado en formato numérico o categórico según correspondía:

Variables numéricas: Diversificación, número de especies, área cultivada, rendimiento, indicadores de suelo.

Variables categóricas: Adopción de prácticas, nivel de transición agroecológica y manejo sanitario.

Los indicadores de TAPE requieren transformaciones específicas:

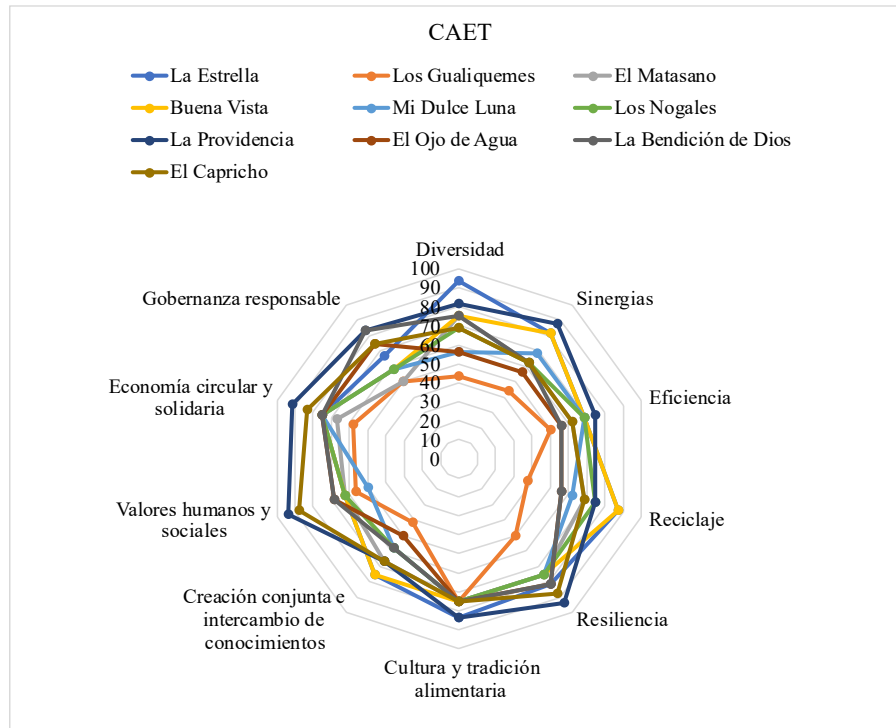
- Normalización de valores (0-1 o 0-100) para permitir comparaciones entre los agro sistemas
- Categorización de niveles de adopción: *Bajo (1), medio (2), alto (3)*.
- Construcción de índices compuestos por elementos agroecológicos (por ejemplo: biodiversidad, economía circular, insumos externos)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten caracterizar el grado de avance en la transición agroecológica de los diez agroecosistemas estudiados, evaluando su desempeño en relación con las dimensiones de sostenibilidad y sanidad vegetal. A partir de la aplicación de los indicadores agroecológicos, se identificaron diferencias significativas entre los agro sistemas en cuanto a diversidad, eficiencia, resiliencia y manejo de recursos. Estos hallazgos evidencian cómo las prácticas agroecológicas inciden directamente en la estabilidad ecológica, la reducción del uso de agroquímicos y la capacidad de autorregulación de los sistemas productivos. En conjunto, los resultados ofrecen una visión integral del estado actual de los agroecosistemas y de su potencial de transformación hacia modelos agrícolas más sostenibles y resilientes.

Figura 2

Caracterización agroecológica de diez agroecosistemas



Diversidad y sinergias

Los resultados muestran que el agro sistema La Estrella, ubicada en la comunidad de San Luis, municipio de San Juan de Limay, obtuvo el puntaje más alto en diversidad vegetal (93.75 %), seguida por el agroecosistema Buena Vista (75 %), ubicado en la comunidad de Santa Isabel, Mirafior, municipio de Estelí. En contraste, el agroecosistema Los Gualiquemes, localizado en la comunidad La Chilca, San Luis, presentó el valor más bajo (43.75 %).

El análisis del gráfico radar del CAET (Caracterización de la Agroecología en la Transición) evidencia variaciones notables entre los diez agroecosistemas en los diferentes indicadores evaluados, los cuales están estrechamente relacionados con la estabilidad fitosanitaria y la salud de los sistemas agrícolas.

Los agroecosistemas con mayor diversidad, como La Estrella y Buena Vista, muestran una mejor estabilidad ecológica. La diversidad de especies y hábitats favorece la presencia de enemigos naturales, reduce la incidencia de plagas y enfermedades, y promueve la autorregulación fitosanitaria. Estas sinergias entre cultivos, árboles y fauna benéfica conforman la base ecológica de una sanidad vegetal sostenida sin depender de agroquímicos.

El Agro sistema La Estrella, por su parte, obtuvo el mayor puntaje en diversidad vegetal (93.75%) porque integra un número elevado de especies, varios estratos productivos (cultivos anuales, frutales y árboles), prácticas agroecológicas consolidadas y condiciones micro climáticas favorables. Además, el productor mantiene una estrategia de diversificación orientada a la estabilidad y resiliencia, lo que incrementa la heterogeneidad del sistema y fortalece su equilibrio ecológico.

En contraste, Los Gualiquemes presentó menor diversidad (43.75 %), debido a la predominancia de un menor número de cultivos y poca presencia de árboles, lo que reduce la complejidad ecológica y aumenta la vulnerabilidad fitosanitaria.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Altieri y Nicholls (2017), Gliessman (2016) y Wezel et al. (2020), quienes sostienen que los sistemas más diversificados presentan mejores mecanismos de regulación biológica, mayor estabilidad fitosanitaria y menor dependencia de agroquímicos.

En síntesis, la alta diversidad vegetal de La Estrella genera sinergias entre cultivos, árboles y fauna benéfica que fortalecen su sanidad vegetal y explican su mejor desempeño en el CAET.

Eficiencia y reciclaje

Los indicadores de eficiencia del agro sistema Buena Vista presenta el mayor desempeño, tanto en el indicador de eficiencia como en el de reciclaje, alcanzando aproximadamente entre 70 % y 75 % en ambos criterios, reflejando la capacidad de los sistemas para cerrar los ciclos de nutrientes y energía, reducir pérdidas y aprovechar la materia orgánica disponible. Una adecuada gestión del reciclaje, a través del uso de compost, biofertilizantes o estiércol tratado, contribuye al fortalecimiento de la salud del suelo, aumentando la actividad microbiana benéfica que limita el desarrollo de patógenos radiculares.

Por consiguiente, la eficiencia en el uso de los recursos y la regeneración interna del sistema, se convierten en factores determinantes para la sanidad vegetal y la sostenibilidad agroecológica.

Resiliencia

La resiliencia, observada en niveles medios y altos en los agro sistemas como Mi Dulce Luna y El Matasano, representa la capacidad del agroecosistema para resistir y recuperarse frente a perturbaciones climáticas o biológicas, como sequías, plagas o enfermedades. Los sistemas más resilientes poseen suelos vivos, mayor diversidad funcional y prácticas agroecológicas integradas que previenen la proliferación de enfermedades, consolidando la sanidad vegetal como un componente estructural del equilibrio ecológico.

Estos agro sistemas son resilientes porque combinan suelos vivos, diversidad funcional y manejo agroecológico integrado, lo que les permite resistir, adaptarse y recuperarse frente a eventos



climáticos o biológicos. Esa combinación fortalece su sanidad vegetal y sostiene el equilibrio ecológico del agroecosistema.

Los hallazgos del estudio coinciden con los planteamientos de Nicholls y Altieri (2018), quienes destacan que los sistemas diversos y ecológicamente equilibrados son menos vulnerables a brotes de plagas y enfermedades.

Economía circular, valores sociales y gobernanza responsable

Aunque estos indicadores suelen asociarse a la dimensión social, también influyen en la sanidad vegetal. La organización comunitaria, el intercambio de conocimientos y la cooperación entre familias productoras, fomentan la adopción de prácticas fitosanitarias sostenibles como el control biológico, la rotación de cultivos o el uso de extractos botánicos.

De igual manera, la gobernanza responsable, basada en la participación local y el manejo colectivo de los recursos, permite reducir el uso indiscriminado de plaguicidas y fortalecer la gestión integrada de plagas a nivel comunitario.

Finalmente, los agroecosistemas que obtuvieron mejores puntajes en indicadores sociales, economía circular y gobernanza, principalmente La Estrella, Buena Vista y Mi Dulce Luna, también son los que muestran mejor estabilidad fitosanitaria y mayor resiliencia, debido a que la cooperación comunitaria, el intercambio de conocimientos y los acuerdos colectivos permiten adoptar prácticas agroecológicas más sostenibles, reducir el uso de plaguicidas y promover la autorregulación biológica a nivel de territorio.

Cultura y tradición alimentaria

El componente de cultura y tradición alimentaria se manifestó con mayor fuerza en los agroecosistemas La Estrella, Buena Vista y Mi Dulce Luna, donde predomina el uso de semillas criollas, la diversificación productiva y la conservación de prácticas agrícolas tradicionales. Estos sistemas mantienen asociaciones de cultivos, manejo manual de plagas, empleo de plantas repelentes y sistemas orientados al autoconsumo, elementos característicos de la agricultura campesina del territorio.

La presencia de estos saberes locales favorece la estabilidad ecológica, incrementa la diversidad funcional y reduce la dependencia de agroquímicos, lo que explica su mejor desempeño en la transición agroecológica. Asimismo, el fuerte tejido comunitario en Miraflor promueve el intercambio de conocimientos y la preservación de prácticas culturales que fortalecen la autosuficiencia alimentaria y la resiliencia de los sistemas productivos.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan el valor de la tradición alimentaria como base de la sostenibilidad agroecológica. Altieri y Nicholls (2017, 2018) afirman que las prácticas ancestrales y la diversificación favorecen la regulación natural de plagas y la estabilidad fitosanitaria, lo cual se refleja en los agroecosistemas con mayor diversidad. De igual manera,



Gliessman (2015) y Sevilla Guzmán & Woodgate (2013) señalan que la agricultura campesina mantiene sistemas integrados y orientados al autoconsumo, coherentes con las prácticas observadas en Miraflor. Zulaica et al. (2021) y la FAO (2020, 2021), por su parte, refuerzan que la cultura alimentaria y el uso de variedades locales son determinantes para la resiliencia y la sostenibilidad, confirmando que la preservación de saberes tradicionales potencia la transición agroecológica en los territorios rurales.

Nivel de transición agroecológica

La evaluación del nivel de transición agroecológica de los diez agroecosistemas evidencia distintos grados de avance hacia sistemas sostenibles, en correspondencia directa con la sanidad vegetal observada. Las diversas prácticas que han venido desarrollando en los indicadores biofísicos son, por ejemplo:

Diversidad de cultivos (riqueza y dominancia)

Rotación o asociación de cultivos. Cobertura vegetal del suelo, Materia orgánica, pH, CIC, macro y micronutrientes. Incidencia y severidad de plagas, enfermedades. Presencia de controladores biológicos (enemigos naturales).

Indicadores socioeconómicos

Costos de producción vs. costo en insumos externos, mano de obra familiar, Rendimiento y estabilidad del rendimiento, dependencia del mercado vs. autosuficiencia alimentaria.

Indicadores de manejo

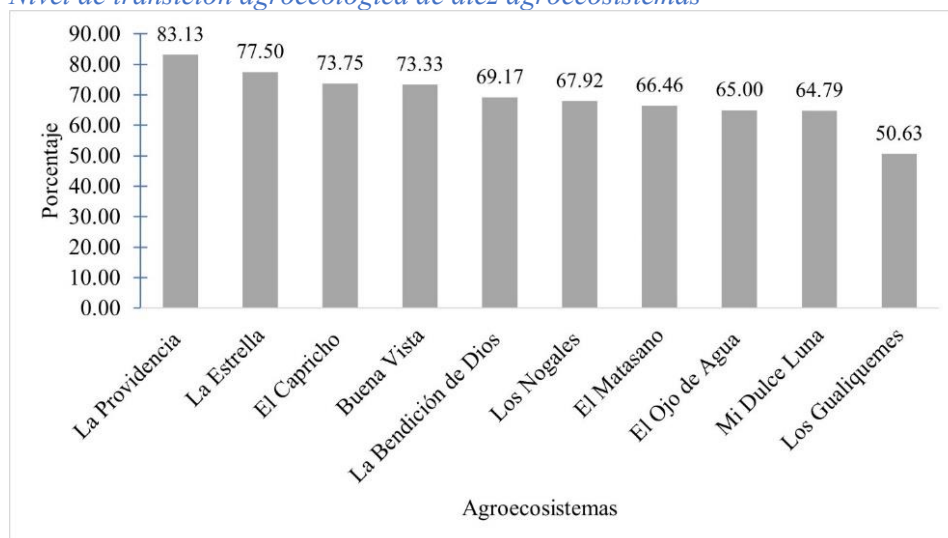
- Uso de abonos orgánicos y bioinsumos, implementación de prácticas conservacionistas, nivel de integración agricultura–ganadería, uso de semillas criollas o mejoradas.
- Los productores de estos agro sistemas han reflejado indicadores reales hacia la sostenibilidad
- Se ha venido trabajando en indicadores ecológicos como es la Incorporación de materia orgánica del suelo, Actividad microbiana, Diversidad de cultivos y cobertura vegetal. Presencia de enemigos naturales, Reducción de plagas y enfermedades. Indicadores productivos, Rendimiento estable o creciente, Eficiencia del uso del agua, Resiliencia a sequías o excesos de lluvia.

Indicadores socioculturales

Los agro sistemas La Providencia, La Estrella y El Capricho presentan los niveles más altos de transición, caracterizados por prácticas productivas sostenibles, manejo integral de recursos naturales y mayor resiliencia ambiental.

Figura 3

Nivel de transición agroecológica de diez agroecosistemas



En estos agroecosistemas, la sanidad vegetal se fortalece como resultado de la diversificación de cultivos, el uso de abonos orgánicos, la rotación de especies y la gestión ecológica del suelo. Dichas prácticas promueven la biodiversidad funcional, creando ambientes equilibrados donde las plagas y enfermedades encuentran condiciones menos favorables para su desarrollo.

Además, la incorporación de microorganismos benéficos y la reducción del uso de agroquímicos favorecen un microbiota del suelo saludable, que actúa como barrera biológica natural frente a patógenos.

Por el contrario, los agroecosistemas con niveles más bajos de transición aún dependientes de prácticas convencionales presentan mayores riesgos fitosanitarios, asociados a la homogeneidad del paisaje, la degradación del suelo y la pérdida de control biológico. Esto demuestra que el avance hacia la agroecología no solo mejora la productividad sostenible, sino que también restaura la sanidad vegetal como componente esencial del equilibrio ecológico.

Tipología de transición agroecológica

La tipología CAET, basada en los resultados del Paso 1 de la herramienta TAPE (FAO, 2021) y en el esquema de Lucantoni (2021), permitió clasificar los diez agroecosistemas en diferentes fases de transición agroecológica (Tabla 1).

Tabla 1

Tipología de Agroecosistemas según el CAET

Agroecosistemas	CAET (Nivel de transición %)	Tipología de transición
La Providencia	83.13	Agroecológica
La Estrella	77.50	Agroecológica
El Capricho	73.75	Agroecológica

Buena Vista	73.33	Agroecológica
La Bendición de Dios	69.17	En transición agroecológica
Los Nogales	67.92	En transición agroecológica
El Matasano	66.46	En transición agroecológica
El Ojo de Agua	65.00	En transición agroecológica
Mi Dulce Luna	64.79	En transición agroecológica
Los Gualiquemes	50.63	En transición inicial

Nota. Basada en TAPE (FAO, 2021) y Lucantoni (2021)

Cuatro agro sistemas: La Providencia (83.13 %), La Estrella (77.50 %), El Capricho (73.75 %) y Buena Vista (73.33 %) fueron clasificadas como agroecológicas consolidadas, de alta diversificación productiva, con manejo sostenible de los recursos y baja dependencia de insumos externos.

Cinco agroecosistemas: La Bendición de Dios, Los Nogales, El Matasano, El Ojo de Agua y Mi Dulce Luna se ubicaron en transición agroecológica intermedia, con avances significativos, pero aún con oportunidades de mejora en la integración de componentes productivos.

Finalmente, el agroecosistema Los Gualiquemes (50.63 %) clasificó en transición inicial, evidenciando predominio de prácticas convencionales y menor diversidad funcional. Los resultados indican que el 40 % de los agro sistemas ya alcanzaron un nivel agroecológico consolidado, mientras que un 50 % permanece en transición intermedia y un 10 % en fase inicial. Estas diferencias se explican por la diversidad integrada, el manejo sostenible del suelo, la economía circular, el acceso a capacitación, la experiencia del productor y la participación comunitaria.

En conjunto, este panorama evidencia un proceso de reconversión dinámico y progresivo, con avances claros hacia la sostenibilidad, pero también con brechas que requieren acompañamiento técnico y social para acelerar la transición.

Interpretación de resultados según tipología de transición (CAET)

El análisis de los diez agroecosistemas evaluados, utilizando la herramienta CAET y la clasificación propuesta, evidencia distintos niveles de avance hacia la agroecología:

Agroecológicos (CAET>70 %) Cuatro agro sistemas, La Providencia (83.13 %), La Estrella (77.50 %), El Capricho (73.75 %) y Buena Vista (73.33 %), alcanzaron el nivel más alto de transición, caracterizándose por una alta diversificación productiva, manejo sostenible de recursos y baja dependencia de insumos externos.

En transición a la agroecología (CAET 60–70 %):

Cinco agroecosistemas, La Bendición de Dios (69.17 %), Los Nogales (67.92 %), El Matasano (66.46 %), El Ojo de Agua (65.00 %) y Mi Dulce Luna (64.79 %), muestran avances significativos en prácticas agroecológicas, aunque todavía presentan áreas de mejora en integración de componentes y optimización de recursos.

En transición inicial (CAET 50–60 %):

Un agroecosistema, Los Gualiquemes (50.63 %), se encuentra en las etapas tempranas de reconversión, con predominio de prácticas convencionales y baja diversificación.

Convencionales (CAET < 40 %):

Ninguno de los sistemas evaluados se ubicó en esta categoría, lo que indica que todos han iniciado, en distinta medida, su transición hacia modelos más sostenibles.

En conjunto, los datos muestran que el 40 % ya se ubica en un nivel agroecológico consolidado, mientras que el 50 % se encuentra en una etapa intermedia de transición y solo el 10 % permanece en una fase inicial. Esto evidencia un panorama alentador para continuar fortaleciendo las estrategias de reconversión agroecológica en el territorio.

La tipología de transición agroecológica, establecida a partir del análisis CAET y basada en el esquema de Lucantoni (2021), permitió clasificar los diez agroecosistemas evaluados en distintos niveles de avance hacia la sostenibilidad. Este proceso no solo evidencia el grado de adopción de principios agroecológicos, sino que también refleja el estado de la sanidad vegetal en cada sistema productivo, dado que ambos aspectos están íntimamente relacionados a través del manejo ecológico y la resiliencia ambiental.

La Providencia, La Estrella, El Capricho y Buena Vista, clasificadas como agroecológicas, presentan los niveles más altos de transición (entre 73 % y 83 %), lo que indica una consolidación de prácticas sostenibles tales como la diversificación productiva, el uso de bioinsumos, la gestión orgánica del suelo y la reducción del uso de agroquímicos. Estas condiciones promueven ecosistemas agrícolas equilibrados, donde las plantas desarrollan mecanismos naturales de defensa y los enemigos naturales de plagas se mantienen activos, favoreciendo así una sanidad vegetal estable y autorregulada.

En estos agro sistemas, la presencia de una mayor biodiversidad vegetal y microbiana permite romper los ciclos de vida de plagas y patógenos, al tiempo que mejora la estructura y fertilidad del suelo, generando un entorno fisiológicamente saludable para los cultivos. La sanidad vegetal, por tanto, se convierte en un resultado emergente de la madurez agroecológica.

Por otra parte, los agroecosistemas, La Bendición de Dios, Los Nogales, El Matasano, El Ojo de Agua y Mi Dulce Luna, ubicados en fase de transición agroecológica, presentan avances notables, aunque aún mantienen cierta dependencia de insumos externos y menor integración de componentes productivos. Esto se traduce en mayor vulnerabilidad fitosanitaria, especialmente en cultivos de monocultivo parcial o con suelos poco diversificados biológicamente. Sin embargo, su

orientación hacia la agroecología permite prever mejoras progresivas en la sanidad vegetal a medida que se fortalezcan las prácticas ecológicas.

Finalmente, el agroecosistema Los Gualiquemes, con un 50.63 % de transición y clasificado como en transición inicial, evidencia un sistema aún dependiente de prácticas convencionales. Este tipo de manejo suele asociarse a mayor presión de plagas y enfermedades, dada la baja diversidad funcional, el uso de agroquímicos que afectan la biota del suelo y la escasa cobertura vegetal. En tales condiciones, la sanidad vegetal se ve comprometida por la falta de equilibrio ecológico y la limitada capacidad de autorregulación natural.

Los resultados confirman lo señalado por Gliessman (2015) y Zulaica et al. (2021): los agroecosistemas con mayor diversidad, reciclaje y resiliencia presentan mejores niveles de estabilidad fitosanitaria y sostenibilidad. Los agroecosistemas más agroecológicos tienden a mantener plantas más vigorosas, menor incidencia de plagas y mayor estabilidad ecosistémica, mientras que los sistemas en transición inicial presentan riesgos fitosanitarios más altos. La sanidad vegetal, en este contexto, se consolida como un indicador biológico del grado de sostenibilidad y resiliencia agroecológica alcanzado por cada agro sistemas.

CONCLUSIONES

El diagnóstico realizado en los diez agroecosistemas del departamento de Estelí permitió identificar diferentes niveles de avance en la transición agroecológica, evidenciando que la adopción progresiva de prácticas sostenibles tiene un impacto directo en la sanidad vegetal, la resiliencia y la sostenibilidad productiva. Los resultados obtenidos mediante la herramienta CAET revelan que el 40 % alcanzó un nivel agroecológico consolidado, el 50 % se encuentra en etapa intermedia y el 10 % permanece en fase inicial.

Los agro sistemas con mayor grado de transición agroecológica presentaron una mejor estabilidad fitosanitaria, resultado de la diversificación productiva, el uso de abonos orgánicos, la cobertura vegetal y la integración de prácticas agroforestales. Estos elementos fortalecen los procesos ecológicos, como la regulación natural de plagas, el reciclaje de nutrientes y la conservación del suelo, consolidando la sanidad vegetal como un reflejo del equilibrio ecosistémico.

Por el contrario, los agroecosistemas en etapas iniciales mostraron mayor vulnerabilidad ante plagas y enfermedades, asociada al monocultivo, al uso de agroquímicos y a la degradación del suelo. Estos hallazgos confirman que la sanidad vegetal no depende únicamente del control químico, sino de la salud integral del sistema agroecológico.

En conjunto, los resultados demuestran que la transición agroecológica en Estelí avanza hacia la sostenibilidad, fortaleciendo la autonomía productiva de las familias, la resiliencia ambiental y la seguridad alimentaria. La sanidad vegetal se consolida como un indicador clave del desempeño agroecológico sostenible, pues refleja el grado de equilibrio y funcionalidad del agroecosistema.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial, a la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza, por su apoyo incondicional en el marco del programa de desarrollo de Maestría de Sanidad Vegetal.

REFERENCIAS

- Altieri, M. A., & Rosset, P. M. (2020). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Universidad de Antioquia.
- Bacon, C. M., Méndez, V. E., & Gliessman, S. R. (2012). *Agroecology and the transformation of agri-food systems: Transdisciplinary and participatory perspectives*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19500>
- Caporal, F. R., & Costabeber, J. A. (2016). *Agroecología: principios y estrategias para el desarrollo rural sostenible*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Pesca, Brasil.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Eds.). (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5th ed.). SAGE.
- FAO. (2019). The Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE): Process of development and guidelines for application. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca7407en>
- FAO. (2020). *Los 10 elementos de la agroecología: guía para la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/agroecology/overview/10-elements/es/>
- FAO. (2021). *Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE): Process of development and guidelines for application*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb5142en>
- Flick, U. (2018). *Doing qualitative data collection – Charting the routes*. SAGE. <https://doi.org/10.4135/9781529716641>.
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17881>
- González-Esquivel, C. E., Gavito, M. E., Astier, M., Cadena-Salgado, M., del-Val, E., Villamil-Echeverri, L., Merlín-Urbe, Y., & Balvanera, P. (2015). Ecosystem service trade-offs, perceived drivers, and sustainability in contrasting agroecosystems in central Mexico. *Ecology and Society*, 20(1). <https://doi.org/10.5751/ES-06875-200138>.
- Google. (2023). *Vista satelital del Departamento de Estelí, Nicaragua* [Imagen satelital en Google Earth]. <https://earth.google.com>
- Hernández-Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>

- Lucantoni, D., Thulo, M., Makhoebe, L.M., Mottet, A., Bicksler, A., Sy., M.R. 2022. Report on the use of the Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE) in Lesotho in the context of the Restoration of Landscape and Livelihoods Project (ROLL). Results and analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome. [10.13140/RG.2.2.14989.82401](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14989.82401)
- Mertens, D. M. (2015). Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods (4th ed.). SAGE
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2018). Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10), 1170–1193. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>
- Pimbert, M. P. (2018). *Food sovereignty, agroecology and biocultural diversity: Constructing and contesting knowledge*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315162651>
- Sevilla Guzmán E., & Woodgate, G. (2013). Agroecología: Fundamentos del pensamiento social agrario y teoría sociológica. *Agroecología*, 8(2), 27–34. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212161>
- Silici, L. (2014). *Agroecology: What it is and what it has to offer*. IIED Issue Paper. International Institute for Environment and Development. <https://pubs.iied.org/14629iied>
- Wesel, E., Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2009). *Agroecología y cambio climático: avances hacia una agricultura sostenible*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).
- Zulaica, L., Molpeceres, C., Rouvier, M., Cendón, M. L., & Lucantoni, D. (2021). Evaluación del desempeño agroecológico de sistemas hortícolas del partido de General Pueyrredon: Agroecological performance assessment in horticultural systems in General Pueyrredon's district. *Revista Estudios Ambientales*, 9(2), 5–27. <https://doi.org/10.47069/estudios-ambientales.v9i2.1263>