Transición agroecológica en agroecosistemas de Estelí, Nicaragua: aportes a la sostenibilidad territorial

Agroecological transition in agroecosystems of Estelí, Nicaragua: contributions to territorial sustainability

Roberto Armando Ramos Andino[1] y Noemi del Carmen Obregon[2]
[1]Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, robertoramosandino02@gmail.com, http://orcid.org/0000-0002-2917-1271, Nicaragua
[2]Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, noheobregon21@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4758-7182, Nicaragua

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 28-07-2026
Revisado 18-08-2026
Aceptado 15-10-2026

Palabras Clave:

Agroecología
Transición agroecológica
Sostenibilidad
Agroecosistemas
Resiliencia

RESUMEN

La transición hacia sistemas agroecológicos sostenibles constituye un proceso clave para fortalecer la sostenibilidad de los territorios rurales frente a desafíos ambientales, productivos y sociales. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el nivel de transición agroecológica y la relación entre los elementos de la agroecología en 20 agroecosistemas del departamento de Estelí, Nicaragua. La investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental, con enfoque mixto, alcance descriptivo, correlacional y corte transversal, mediante encuestas, entrevistas semiestructuradas, observación directa y revisión documental. Los resultados evidenciaron un valor promedio del Índice de Transición Agroecológica (CAET) de 60.11%, lo que ubica a la mayoría de los agroecosistemas en una fase de transición inicial. Los elementos con mayor desarrollo fueron cultura y tradición alimentaria, resiliencia y diversidad, mientras que gobernanza responsable y valores humanos y sociales presentaron los niveles más bajos. El análisis de correlación mostró que la economía circular y solidaria, la gobernanza y la eficiencia productiva presentan mayor asociación con el nivel de transición agroecológica. Asimismo, los sistemas que no utilizan pesticidas químicos alcanzaron mayores valores de CAET, evidenciando un mejor desempeño agroecológico. Se concluye que la transición agroecológica en los agroecosistemas constituye un proceso multidimensional y heterogéneo, condicionado por la integración de factores ecológicos, sociales y económicos. Por tanto, se requiere fortalecer el acompañamiento técnico, la organización territorial, el intercambio de conocimientos, y la reducción progresiva de insumos externos para avanzar hacia sistemas sostenibles y resilientes.

Keywords:

Agroecology
Agroecological transition
Sustainability
Agroecosystems
Resilience

ABSTRACT

The transition to sustainable agroecological systems is a key process for strengthening the sustainability of rural territories in the face of environmental, productive, and social challenges. This study aimed to characterize the level of agroecological transition and the relationship between agroecological elements in 20 agroecosystems in the department of Estelí, Nicaragua. The research was conducted using a non-experimental, mixed-methods approach, with a descriptive, correlational, and cross-sectional scope, employing surveys, semi-structured interviews, direct observation, and document review. The results showed an average Agroecological Transition Index (ATI) value of 60.11%, placing most agroecosystems in an initial transition phase. The most developed elements were food culture and traditions, resilience, and diversity, while responsible governance and human and social values showed the lowest levels. Correlation analysis revealed that the circular and solidarity economy, governance, and productive efficiency are most strongly associated with the level of agroecological transition. Likewise, systems that do not use chemical pesticides achieved higher CAET values, demonstrating better agroecological

performance. It is concluded that the agroecological transition in agroecosystems is a multidimensional and heterogeneous process, conditioned by the integration of ecological, social, and economic factors. Therefore, it is necessary to strengthen technical support, territorial organization, knowledge sharing, and the progressive reduction of external inputs to move towards sustainable and resilient systems.

INTRODUCCIÓN

La transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI, en un contexto marcado por el cambio climático, la degradación de los recursos naturales y la creciente demanda de alimentos. En este escenario la agroecología ha emergido como un enfoque integral que promueve la sostenibilidad ambiental, la equidad social y la viabilidad económica de los sistemas productivos, mediante la integración de los principios agroecológicos y conocimientos locales en la gestión de los agroecosistemas (HLPE, 2019; Tittonell *et al*., 2020)

La agroecología se fundamenta en el diseño de sistemas agrícolas diversificados, resilientes y autosuficientes, capaces de reducir la dependencia de insumos externos y fortalecer los procesos ecológicos internos. En este sentido, Altieri y Nicholls (2017) señalan que los agroecosistemas sostenibles se caracterizan por una alta biodiversidad funcional, el reciclaje eficiente de nutrientes y la regulación natural de plagas.

A nivel global, los sistemas agrícolas convencionales, caracterizados por el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y pesticidas químicos, han generado impactos negativos sobre la biodiversidad, los suelos y los servicios ecosistémicos (Dainese *et al*., 2019). En contraste, la agroecología promueve prácticas como la diversificación productiva, el manejo ecológico de las plagas y el fortalecimiento de la resiliencia, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Tamburini *et al*., 2020).

En América Latina, la transición agroecológica se ha desarrollado de manera progresiva y heterogénea, influenciada por factores socioeconómicos, culturales e institucionales. Diversos estudios destacan que este proceso depende del acceso al conocimiento, la innovación local y la articulación entre los actores territoriales (Anderson *et al*., 2019; Bezner Kerr *et al*., 2021). En este contexto, la evaluación del desempeño agroecológico se convierte en una herramienta clave para analizar el estado de los sistemas productivos y orientar estrategias de sostenibilidad.

Para ello, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha desarrollado el Instrumento para la Evaluación del Desempeño Agroecológico (TAPE), el cual permite evaluar los sistemas productivos a partir de diez elementos clave, incluyendo diversidad, resiliencia, eficiencia, reciclaje y gobernanza (FAO, 2019). Este enfoque facilita la medición del nivel de transición agroecológica y su relación con la sostenibilidad de los agroecosistemas.

En Nicaragua, particularmente en el departamento de Estelí, los sistemas productivos enfrentan desafíos asociados a la variabilidad climática, la degradación de los suelos y la dependencia de insumos externos, lo que limita la sostenibilidad. No obstante, en los últimos años se han impulsado iniciativas orientadas a la adopción de prácticas agroecológicas, promoviendo la diversificación productiva el manejo sostenible de los recursos y la organización comunitaria. Sin embargo, aún existe limitada información sistematizada sobre el nivel de transición agroecológica y su relación con los distintos elementos que conforman el sistema.

Por consiguiente, el objetivo del estudio fue caracterizar el nivel de transición agroecológica y la relación entre los elementos de la agroecología en 20 sistemas agrícolas del departamento de Estelí, Nicaragua, a partir de la aplicación del marco de evaluación del desempeño agroecológico, con el propósito de comprender la dinámica y aportar al fortalecimiento de estrategias y modelos de sostenibilidad agroecológica territorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en los municipios de Estelí, San Juan de Limay y Pueblo Nuevo del departamento de Estelí, localizado en la región centro norte de Nicaragua entre las coordenadas 13°05’35’’ latitud norte y 86°21’22’’ de longitud oeste. El estudio fue de tipo no experimental, con un alcance descriptivo, correlacional y explicativo, de corte transversal, bajo un enfoque mixto que integró métodos cuantitativos y cualitativos.

Desde el paradigma positivista se emplearon técnicas cuantitativas orientada a la medición objetiva del desempeño de la transición agroecológica, evaluando los diez elementos propuestos en el marco de la

agroecología. Complementariamente se incorporó un enfoque interpretativo propio del paradigma cualitativo con el propósito de comprender las dinámicas socio ecológicas, prácticas productivas y percepciones de los agricultores y actores de cada agroecosistema.

La población estuvo conformada por agroecosistemas que implementan prácticas agroecológicas en el departamento de Estelí. Se aplico un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionando 20 unidades productivas distribuidas en los municipios de Estelí (8), San Juan de Limay (4) y Pueblo Nuevo (8). Los criterios de inclusión consideraron agricultores que implementaran al menos tres prácticas agroecológicas, que hubieran recibido procesos de capacitación, formación o escuelas de campo, y que participaran en programas, proyectos o iniciativas agroecológicas por instituciones públicas o privadas.

La recolección de la información se realizó mediante encuestas estructuradas, entrevistas semiestructuradas y observación directa en recorridos participativos en campo. Los instrumentos fueron adaptados del marco metodológico del Instrumento para la Evaluación del Desempeño Agroecológico (TAPE) propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019).

La metodología TAPE, se organiza en una secuencia de pasos. El Paso 0, corresponde a la caracterización del contexto territorial y del sistema productivo; el paso 1, consiste en la caracterización de la transición agroecológica, mediante los 10 elementos de la agroecología: el paso 2, evalúa el desempeño del sistema en función de criterios relacionados con la sostenibilidad.

Los datos cuantitativos y cualitativos fueron organizados, codificados y analizados conforme el marco analítico de TAPE, utilizando plantillas en Microsoft Excel 365 y el software estadístico InfoStat versión 2020 para el cálculo de estadísticos descriptivos y análisis de correlación. Adicionalmente, se realizó una revisión documental de literatura científica indexada para sustentar e interpretar los resultados obtenidos.

El estudio se desarrolló bajo los principios éticos que garantizaron el respeto, confidencialidad y protección de los participantes. Se obtuvo el consentimiento informado de las familias agricultoras, asegurando su participación voluntaria, el resguardo del anonimato y el respeto a las prácticas culturales, así como la devolución transparente de los resultados a los actores involucrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentan la caracterización del nivel de transición agroecológica de los 20 sistemas agrícolas evaluados en el departamento de Estelí, a partir del análisis del valor CAET y de los 10 elementos de la agroecología propuestos en la metodología TAPE.

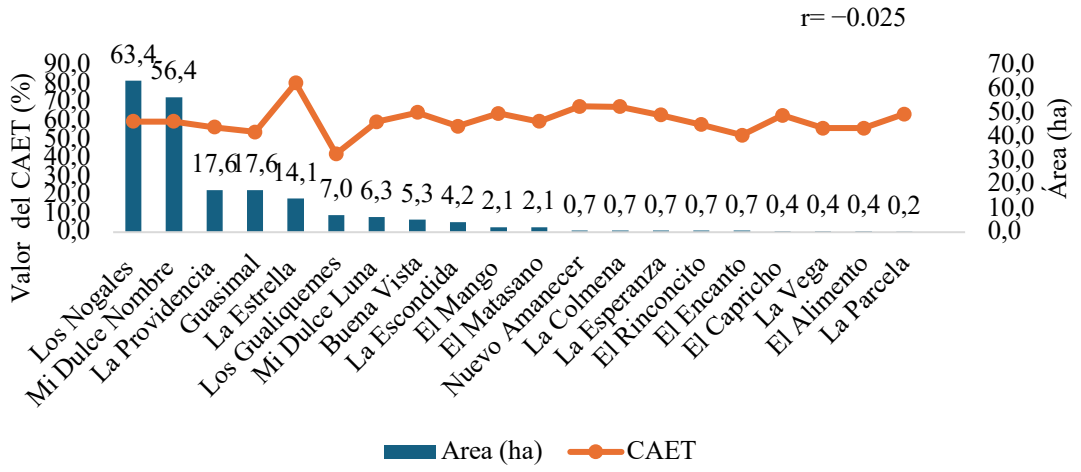


Fig. 1: Correlación entre el nivel de transición y el tamaño de la parcela

La Figura 1 muestra la relación entre el tamaño de la parcela y el nivel de transición agroecológica, con una correlación negativa muy débil (r = - 0.025). Este resultado indica que el nivel de reconversión agroecológica no se relaciona directamente con la extensión de la finca, sino que podría estar asociado con otros factores vinculados con el manejo, el conocimiento local, la organización productiva y la adopción progresiva de las prácticas sostenibles.

De los 20 agroecosistemas evaluados, una finca se clasifica como sistema agroecológico consolidado (CAET 80.2%), siete como sistemas en transición hacia la agroecología (CAET: 62.8 a 67.6%), once como sistemas en transición inicial (CAET: 52.1 a 59.58%) y uno como sistema convencional con elementos de

sostenibilidad (CAET: 42.1%). Esta distribución indica que la mayoría de las fincas se encuentran en una fase intermedia o inicial del proceso de transición con el valor promedio del CAET (60.11%), lo que sugiere que la reconversión agroecológica en el territorio es gradual, heterogénea y aún en proceso de consolidación.

Desde esta perspectiva, la ausencia de una relación significativa entre el área de la finca y el CAET, sugiere que tanto las fincas pequeñas como de mayor extensión pueden avanzar hacia modelos agroecológicos sostenibles si logran integrar prácticas de diversificación productiva, reciclaje, eficiencia, resiliencia y gobernanza. Este comportamiento coincide con estudios que señalan que la sostenibilidad agroecológica no está determinada únicamente por la escala del sistema productivo, sino por la interacción entre prácticas ecológicas, capacidades sociales, innovación local y gestión territorial (FAO, 2019; Gliessman, 2021; Wezel *et al*., 2020).

De igual manera, Pretty *et al*. (2018) y la FAO (2021), han demostrado que los sistemas de pequeña escala pueden alcanzar altos niveles de sostenibilidad cuando integran prácticas agroecológicas de forma eficiente, especialmente mediante diversificación productiva, reducción de insumos externos y fortalecimiento del conocimiento campesino. Por lo cual la Figura 1 permite inferir que el avance de la reconversión agroecológica en Estelí requiere fortalecer procesos de acompañamiento técnico, organización local y apropiación de los diez elementos de la agroecología.

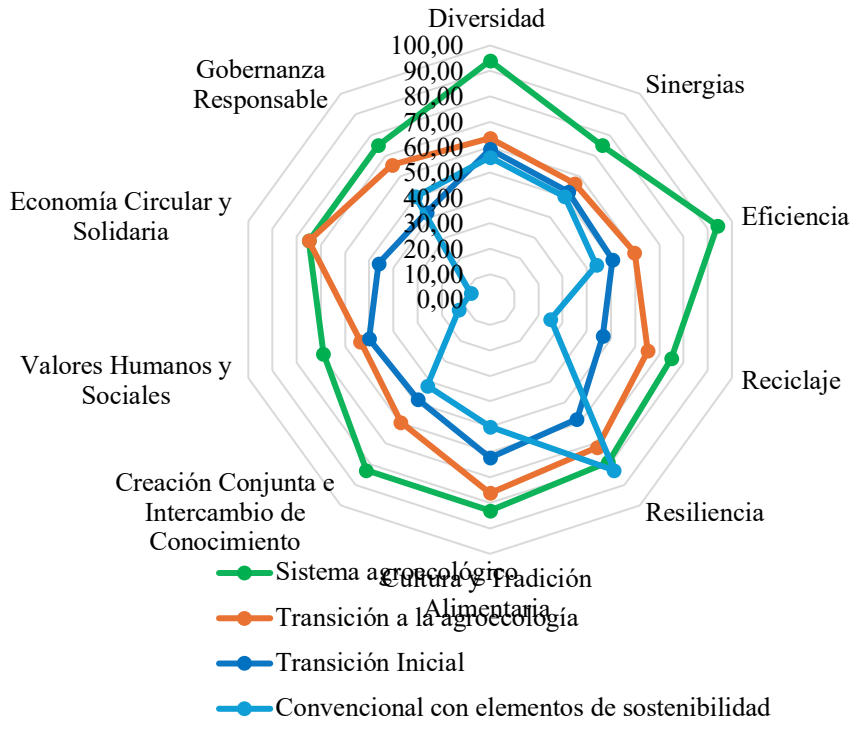


Fig. 2: Caracterización agroecológica de las fincas según la tipología de transición

La Figura 2 presenta la caracterización de las fincas según la tipología de la transición agroecológica. La mayor proporción de agroecosistemas se ubicó en la categoría de transición inicial (55%), seguida por sistemas en transición hacia la agroecología (35%). En menor proporción, se identificó pun sistema agroecológico consolidado (5%) y un sistema convencional con elementos de sostenibilidad (5%). Esta distribución evidencia que la mayoría de las fincas se encuentran en una etapa intermedia de reconversión productiva, en la que coexisten prácticas convencionales y agroecológica, reflejando un proceso de transición gradual hacia sistemas más sostenibles, aunque aún limitado en la adopción integral de los elementos de la agroecología, especialmente en aquellos relacionados con la gobernanza y articulación social; sin embargo, la presencia de fincas en transición avanzada representa experiencias claves para el escalamiento agroecológico en el territorio.

Estos resultados coinciden con los reportados por la FAO (2019), quienes destacan que los procesos de reconversión agroecológica suelen desarrollarse en fases progresivas, donde la mayoría de los sistemas se ubican inicialmente en niveles intermedios antes de alcanzar estados más consolidados. Así mismo diversos estudios señalan que la reconversión hacia sistemas agroecológicos depende de la interacción entre factores ecológicos, sociales y económicos, así como del fortalecimiento de las capacidades locales (Gliessman, 2021; Wezel *et al*., 2020; Pretty *et al*., 2018).

En este sentido la figura 2, evidencia la necesidad del fortalecimiento de las estrategias territoriales con modelos orientados a consolidar la reconversión agroecológica, promoviendo la diversificación productiva, el manejo sostenible de los recursos naturales, y una efectiva articulación entre los diferentes actores locales, con el fin de avanzar hacia sistemas más resilientes y sostenibles (FAO, 2021).

Tabla 1: Descripción estadística de los elementos de la agroecología y del valor CAET en las fincas evaluadas del departamento de Estelí

Variable	n	Media	Mediana	Mín	Máx	D.E (σ)	CV (%)	Asimetría	Curtosis
Diversidad	20	66.03	63	44	94	13.24	20.05	0.45	-0.33
Sinergias	20	57.94	62.50	31.00	75.00	11.67	20.14	-0.54	-0.15
Eficiencia	20	57.83	56.00	19.00	94.00	16.31	28.21	0.13	1.26
Reciclaje	20	55.96	53.00	25.00	75.00	14.43	25.79	-0.34	-0.30
Resiliencia	20	68.98	69.38	40.00	83.00	10.07	14.60	-1.08	2.30
Cultura y Tradición Alimentaria	20	71.25	71.00	50.00	92.00	14.92	20.94	-0.14	-1.32
Creación Conjunta e Intercambio de Conocimiento	20	55.85	54.00	33.00	83.00	14.01	25.08	0.37	-0.83
Valores Humanos y Sociales	20	53.21	56.00	13.00	69.00	12.04	22.62	-1.81	6.18
Economía Circular y Solidaria	20	59.08	58.33	8.00	100.00	20.69	35.02	-0.62	0.96
Gobernanza Responsable	20	55.02	54.17	25.00	83.00	16.73	30.41	-0.18	-0.60
CAET	20	60.11	59.58	42.10	80.20	7.49	12.45	0.32	2.93

Nota. D.E. = desviación estándar; CV = coeficiente de variación; CAET = Índice de Transición Agroecológica.

La Tabla 1 presenta la descripción estadística de los diez elementos de la agroecología y del nivel de transición agroecológica (CAET) en los agroecosistemas evaluados del departamento de Estelí. En términos generales, el valor promedio del CAET fue de 60.11 ± 7.49, con un índice de variación de 12.45%, lo que indica una variabilidad relativamente baja en el índice general y ubica a las fincas predominantemente en una fase de transición inicial a la agroecología.

Al analizar los elementos de la agroecología, se observa que cultura y tradición alimentaria (71.25 ± 14.92) y resiliencia (68.98 ± 10.07) presentan los valores promedios más altos, lo que demuestra una base sociocultural sólida y una adecuada capacidad adaptativa frente a cambios ambientales y productivos, no obstante, el elemento diversidad (66.03 ± 13.24), que representa el tercer valor promedio más alto, evidencian avances importantes en la diversificación productiva y funcional de los agroecosistemas, lo que contribuye al fortalecimiento de la estabilidad ecológica y la sostenibilidad del sistema. Estos elementos además muestran un coeficiente de variación moderado del 20.97%, 14.60% y 20.05% respectivamente, indicando una consistencia relativa entre los agroecosistemas evaluados.

En contraste, los valores más bajos corresponden a valores humanos y sociales (53.21 ± 12.04) y gobernanza responsable (55.02 ± 16.73), lo que sugiere limitaciones en los procesos organizativos, de articulación social y toma de decisiones colectivas. La elevada cuartosis elevada en valores humanos y sociales (6.18) indica una concentración de datos en torno a la media con presencia de valores extremos, reflejando una heterogeneidad significativa en este componente.

Por su parte, elementos como la eficiencia (CV = 28.21%), reciclaje (CV=25.79%) y economía circular y solidaria (CV=35.02) presentan los mayores niveles de variabilidad, lo que evidencian diferencias marcadas entre los sistemas productivos en cuanto a la gestión de recursos, uso de insumos y estrategias económicas.

En particular, la alta variabilidad en economía circular sugiere que la integración de prácticas orientadas al cierre de los ciclos productivos aún es incipiente y desigual en el territorio.

El análisis de asimetría muestra valores cercanos a la normalidad en la mayoría de los elementos, aunque destacan valores negativos en resiliencia (-1.08) y valores humanos y sociales (-1.81), indicando una concentración de fincas con valores relativamente altos en estos componentes, pero con algunos casos de menor desempeño. Así mismo, la curtosis positiva en resiliencia (2.30) y CAET (2.93), sugiere distribuciones leptocúrticas, con mayor concentración de valores alrededor de la media; esto sugiere que la mayoría de los agroecosistemas presentan niveles similares en estos elementos, aunque con la presencia de algunos casos extremos que reflejan diferencias puntuales en el desempeño agroecológico.

En su conjunto, estos resultados indican que la transición agroecológica en el territorio presenta un comportamiento heterogéneo, donde los componentes ecológicos y culturales muestran mayores niveles de desarrollo, mientras que los aspectos sociales, organizativos y económicos aún representan limitantes para la consolidación de sistemas agroecológicos integrales.

Estos resultados son consistentes con lo planteado por FAO (2019), quienes destacan que la transición agroecológica suele iniciar con cambios en prácticas productivas y culturales, mientras que los aspectos de gobernanza tienden a fortalecerse en etapas avanzadas. Así mismo, otros estudios indican que la resiliencia y la cultura alimentaria constituyen pilares fundamentales en la sostenibilidad de los agroecosistemas, especialmente en contextos rurales de América Latina (Wezel *at al*., 2020: HLPE, 2019).

Tabla 2: Correlaciones estadísticas de Pearson entre los elementos de la agroecología y el valor CAET de las fincas evaluadas

Elementos Agroecológicos	**Sin.**	**Efic.**	**Rec.**	**Res.**	**CyTr.**	**CCIC**	**VHS**	**ESC**	**Gob. Resp.**	**CAET**
Diversidad	0.47	0.42	-0.12	0.41	-0.12	0.34	0.25	0	-0.08	0.44
Sinergias		0.02	-0.04	0.39	-0.24	-0.08	0.27	0.11	0.41	0.39
Eficiencia			0.35	0.24	0.14	0.28	0.27	0.04	0.05	0.54
Reciclaje				-0.05	0.69	0.04	0.38	0.58	0.37	0.68
Resiliencia					-0.3	0.11	-0.28	0.02	0.12	0.26
Cultura y tradiciones alimentarias (CyTr.)						-0.05	0.18	0.18	0.19	0.38
Creación conjunta e intercambio de conocimientos (CCIC)							0.27	0.4	0.09	0.48
Valores humanos y sociales (VHS)								0.42	0.22	0.59
Economía solidaria y circular (ESC)									0.4	0.69
Gobernanza responsable										0.57

La Tabla 2 muestra las correlaciones de Pearson entre los elementos de agroecología y el nivel de transición agroecológica (CAET), identificando asociaciones mayoritariamente positivas entre los distintos componentes del sistema. En particular, se presentan correlaciones moderadas a altas entre economía circular y solidaria y CAET (r = 0.69), gobernanza responsable y CAET (r = 0.57) y eficiencia y CAET (r = 0.54), lo que indica que los elementos destacan una mayor asociación con el nivel de transición agroecológica.

La economía circular y solidaria que presenta la mayor correlación con el CAET, nos indica que la optimización de los recursos y el cierre de los ciclos productivos favorecen la sostenibilidad; así mismo la gobernanza responsable resalta la importancia de la organización y la toma de decisiones colectivas, mientras que la eficiencia productiva contribuye al desempeño del agroecosistema mediante el uso eficiente de insumos y energía.

Así mismo, se observa una fuerte correlación entre reciclaje y resiliencia (r = 0.69), indicando que prácticas orientadas al aprovechamiento de recursos internos del sistema como el uso de residuos orgánicos, la reutilización de la biomasa, manejo integrado de plagas y nutrientes, contribuyen directamente a la capacidad adaptativa de los agroecosistemas frente a perturbaciones ambientales y productivas; por otro lado, algunas correlaciones negativas o débiles reflejan la complejidad y multidimensionalidad de los sistemas agroecológicos.

En contraste, elementos como la diversidad (r = 0.44), creación conjunta e intercambio de conocimientos (r = 0.48) y valores humanos y sociales (r = 0.59) presentan correlaciones positivas, pero de menor magnitud

relativa, lo que indica que, si bien aportan al proceso de transición, su influencia es más indirecta o depende de su interacción con otros componentes del sistema.

En conjunto, estos hallazgos permiten inferir que el avance en la transición agroecológica está determinado principalmente por elementos vinculados a la gestión eficiente de los recursos, la organización social y la articulación económica, más que por los factores individuales aislados. Esto refuerza la idea de que la agroecología opera como un sistema integrado, donde la interacción sinérgica entre sus componentes define el nivel de sostenibilidad alcanzado.

Estos hallazgos coinciden con investigaciones que señalan que la transición agroecológica no depende de un solo factor, sino de la interacción sinérgica entre múltiples dimensiones ecológicas, sociales y económicas (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2021). En este sentido, la integración de prácticas de reciclaje, eficiencia productiva y gobernanza participativa ha sido identificada como clave para el fortalecimiento de sistemas sostenibles (Tittonell *et al*., 2020).

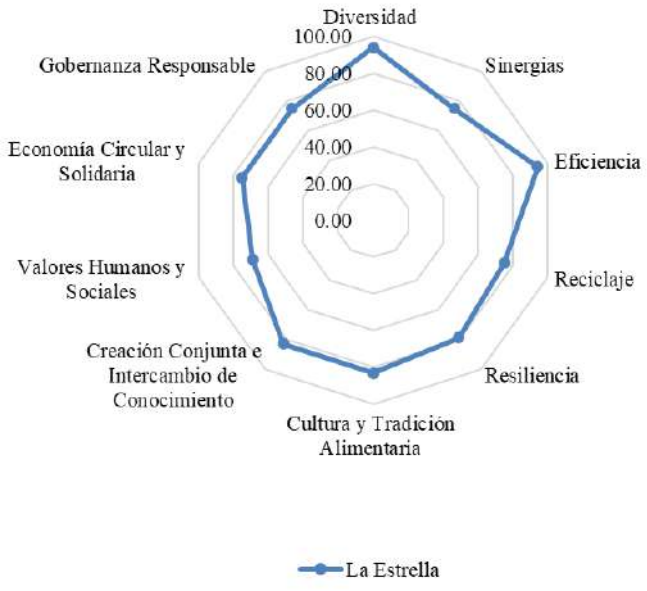


Fig. 3: Caracterización de la finca agroecológica con CAET:80.2%

La Figura 3 presenta la caracterización de la finca agroecológica (CAET: 80.2%), evidenciando altos valores en la mayoría de los elementos de la agroecología, particularmente en diversidad, eficiencia, reciclaje, resiliencia y cultura y tradición alimentaria. El alto desempeño se asocia a la implementación consolidada de prácticas agroecológicas como la diversificación productiva, el uso eficiente de recursos internos, el manejo integrado de plagas y el aprovechamiento de la biomasa, lo que favorece una mayor estabilidad ecológica y funcionalidad del sistema productivo.

Este comportamiento coincide con estudios que destacan que la sostenibilidad en sistemas agrícolas está asociada a la complejidad ecológica y la autosuficiencia funcional (Migliorini & Wezel, 2017; Garbach *et al*., 2017).

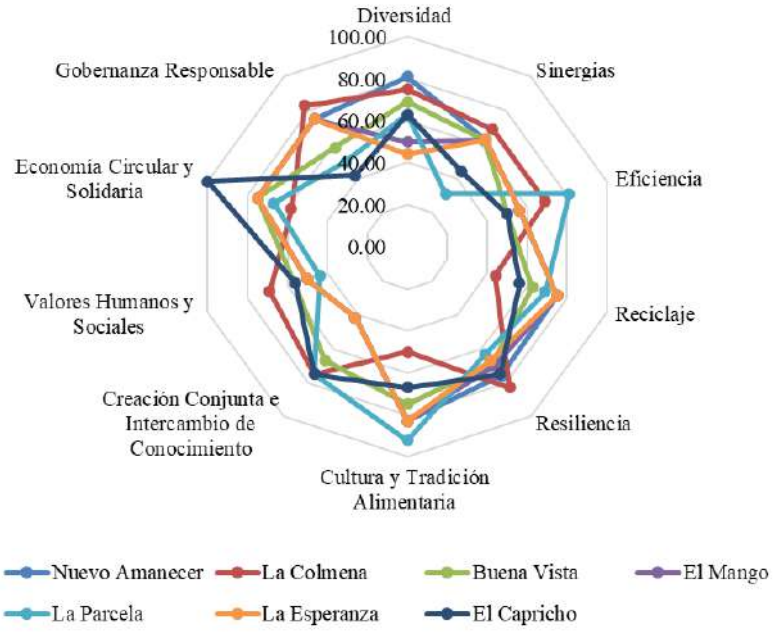


Fig. 4: Caracterización de las fincas en transición a la agroecología con CAET: 62.8 a 67.6%

La Figura 4 muestra la caracterización de las fincas en transición a la agroecología (CAET: 62.8 - 67.6%), donde se observa valores intermedios en los elementos agroecológicos, con un desarrollo moderado en diversidad, resiliencia y cultura alimentaria, pero con limitaciones en eficiencia, reciclaje y gobernanza. Este comportamiento puede atribuirse a la adopción parcial de prácticas agroecológicas, donde los sistemas han iniciado proceso de diversificación y reducción de insumos externos, pero aún no consolidan completamente el manejo integral de los recursos ni la articulación organizativa.

En este sentido, diversos estudios coinciden en que la consolidación de sistemas agroecológicos trasciende la implementación de cambios técnicos, requiriendo el fortalecimiento integral de dimensiones sociales, económicas e institucionales, particularmente en la organización, la articulación territorial y la gobernanza, elementos clave para avanzar hacia sistemas sostenibles y resilientes (Elsner *et al*., 2023; Dumont, 2020; Dumont *et al*., 2017).

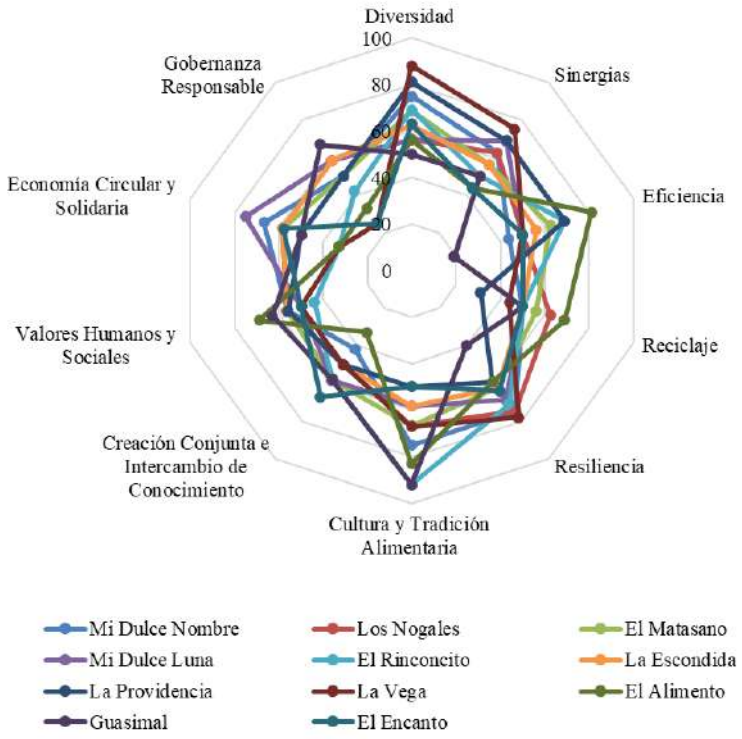


Fig. 5: Caracterización de las fincas en transición inicial con CAET: 52.1 a 59.58%

La Figura 5 presenta la caracterización de las fincas en transición inicial (CAET: 52.1–59.58%), indicando los valores más bajos en la mayoría de los elementos de la agroecología, particularmente en reciclaje, eficiencia y economía circular. Este comportamiento se relaciona con una limitada adopción de prácticas agroecológicas, donde persiste el uso de insumos externos y una baja diversificación productiva, lo que restringe la capacidad del sistema para optimizar recursos y fortalecer procesos ecológicos internos.
Esto coincide con estudios que señalan que la transición agroecológica inicia con cambios parciales en el manejo productivo antes de avanzar hacia transformaciones más profundas (Mottet *et al*., 2017; Dumont *et al*., 2017).

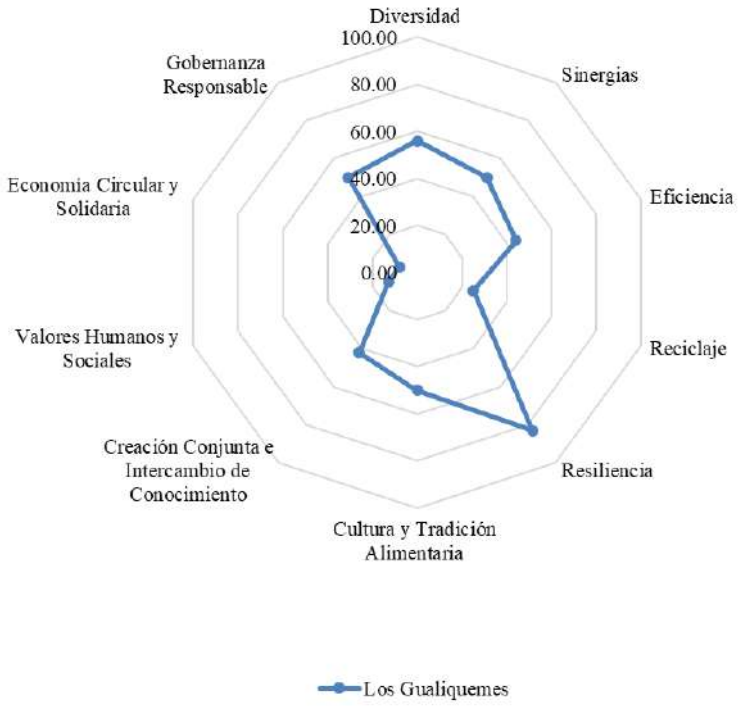


Fig. 6: Caracterización de la finca convencional con elementos de sostenibilidad con CAET: 42.1%

La Figura 6 muestra la caracterización de la finca convencional con elementos de sostenibilidad (CAET: 42.1%), con bajos valores en la mayoría de los elementos agroecológicos, especialmente en reciclaje, eficiencia y economía circular. Aunque se observa algunos avances en resiliencia y cultura alimentaria. Este comportamiento se explica por la predominancia de un modelo productivo convencional, con alta dependencia de insumos externos y escasa integración de prácticas agroecológicas, lo que limita el desarrollo de procesos agroecológicos y la sostenibilidad del sistema.

Estudios recientes señalan que este tipo de sistemas representa una etapa inicial del proceso de transición, donde aún predominan enfoques convencionales con incorporación parcial de prácticas sostenibles (Migliorini & Wezel, 2017).

En este sentido las Figuras 3, 4, 5 y 6 en su conjunto ilustran la caracterización especifica de los 20 agroecosistemas desagregado para los diez elementos de la agroecología, está nos muestra que las fincas se encuentras distribuidas en cuatro niveles de reconversión agroecológica desde sistemas altamente consolidados (CAET: 80.2%) hasta sistemas convencionales con elementos de sostenibilidad (CAET: 42.1%).

Los resultados indican que los sistemas con mayores valores del CAET, presentan una mayor integración de los diez elementos de la agroecología, particularmente en aspectos como diversidad, reciclaje, resiliencia y cultura alimentaria, lo que refleja una mayor complejidad ecológica, y funcional del sistema; en contraste, sistemas con menores niveles de transición muestran limitaciones en la implementación de prácticas sostenibles, menor diversidad productiva y una mayor dependencia de insumos externos.

Este comportamiento coincide con lo planteado por Altieri y Nicholls (2017), quienes señalan que los sistemas agroecológicos avanzados se caracterizan por una mayor diversificación, autosuficiencia y capacidad de regulación ecológica, lo que reduce la dependencia de insumos externos y fortalece la resiliencia del sistema. De igual manera Gliessman (2021), destaca que los sistemas en etapas avanzadas de transición logran integrar procesos ecológicos claves, mientras que aquellos en fases iniciales de transición mantienen características propias del modelo convencional.

Así mismo, estudios recientes indican que la intensificación de prácticas como el reciclaje de nutrientes, la diversificación de cultivos y el fortalecimiento de la base sociocultural contribuyen significativamente al incremento del desempeño agroecológico y la sostenibilidad de los sistemas productivos (Nicholls *et al*., 2020; Deguine *et al*., 2021).

En este sentido, las figuras analizadas permiten evidenciar que el avance en la transición agroecológica está a directamente relacionado con el nivel de integración funcional de estos elementos, consolidando sistemas más resilientes, eficientes y sostenibles.

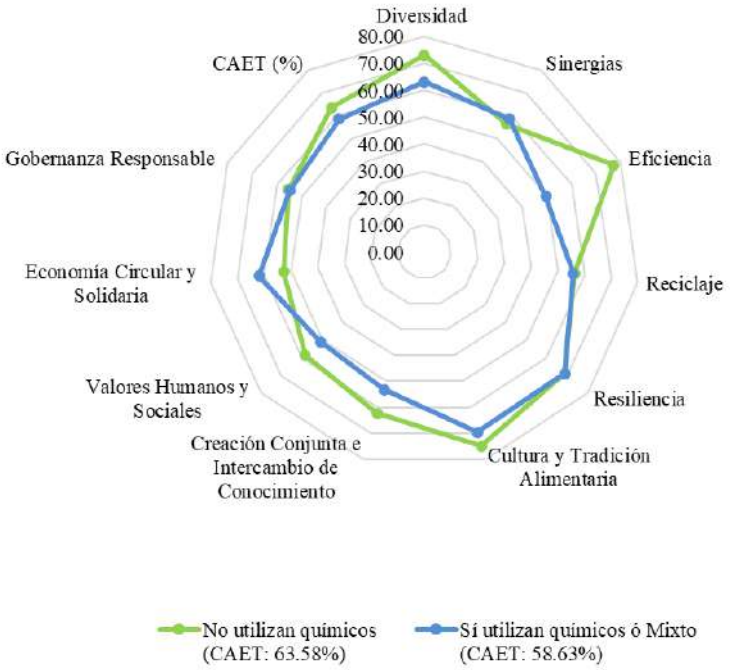


Fig. 7: Distribución porcentual de la caracterización de la transición agroecológica según el uso de pesticidas químicos en las fincas evaluadas del departamento, Estelí.

La Figura 7 muestra la distribución porcentual de los agroecosistemas según el uso de pesticidas químicos, demostrando que aquellos sistemas que no utilizan insumos químicos, presentan mayor valor promedio del CAET (63.58%) en comparación con los sistemas que emplean insumos químicos o de forma mixta (CAET 58.63%). Esta diferencia refleja una tendencia clara hacia mayores niveles de transición agroecológica en sistemas que han reducido o eliminado el uso de insumos sintéticos.

Estos resultados sugieren que la disminución del uso de pesticidas químicos está directamente asociada con un mejor desempeño agroecológico, ya que favorece la implementación de prácticas como el control botánico, biológico, el manejo integrado de plagas y la diversificación de cultivos, contribuyendo al fortalecimiento de los procesos ecológicos internos del sistema como es la regulación natural de las plagas, el reciclaje de nutrientes y la resiliencia ante perturbaciones.

Este comportamiento coincide con lo planteado por Altieri y Nicholls (2017), quienes señalan que la reducción de insumos externos constituye un principio fundamental de la agroecología, orientado al fortalecimiento de la autosuficiencia y la sostenibilidad de los sistemas productivos. De igual manera, la FAO (2019) destaca que la sustitución de pesticidas sintéticos por alternativas ecológicas es un componente clave en los procesos de transición agroecológica.

Por otro lado, otros estudios han demostrado que el uso intensivo de pesticidas químicos genera efectos negativos sobre la biodiversidad funcional, afectando organismos benéficos y debilitando los mecanismos naturales de regulación ecológica (Deguine *et al*., 2021; Nicholls *et al*., 2020). En contraste con los sistemas agroecológicos que tienden a mejorar la estabilidad ecológica y la sostenibilidad a largo plazo rediciendo la dependencia de insumos externos y fortaleciendo la resiliencia. En este sentido, la Figura 7 evidencia que el manejo de plagas basado en principios agroecológicos no solo contribuye a la reducción de impactos ambientales, sino también se traduce en un mayor nivel de transición agroecológica, lo que resalta la importancia de promover estrategias de manejo sostenible en el territorio.

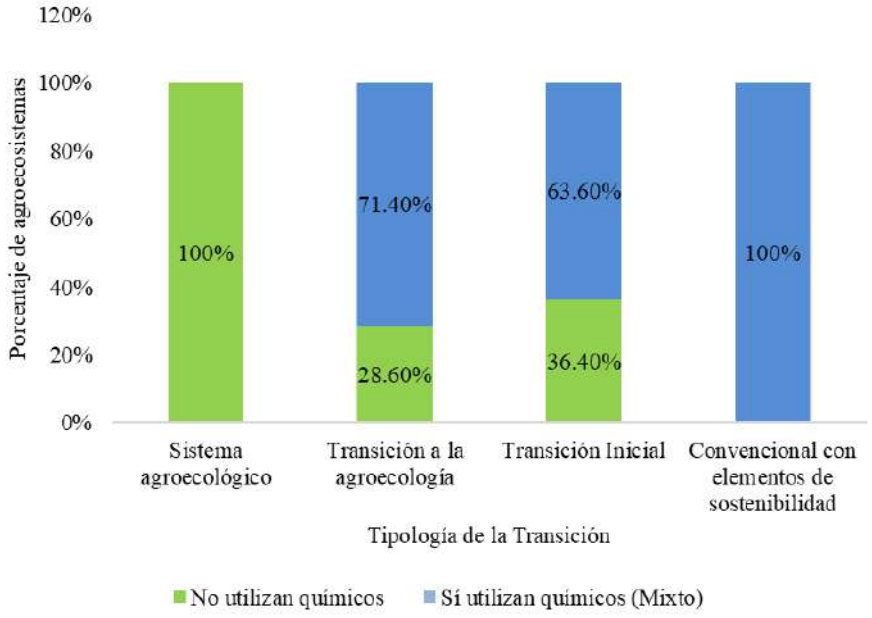


Fig. 8: Caracterización agroecológica por tipología del uso de insumos en el control de plagas en las fincas evaluadas del departamento, Estelí

La Figura 8 presenta la caracterización agroecológica según tipo de insumo utilizado en el control de plaga por tipo de transición, comprobando una diferenciación clara entre los sistemas que emplean enfoques agroecológicos y aquellos que un mantiene prácticas convencionales. Los sistemas que implementan prácticas como el control botánico, biológico, el uso de insumos orgánicos y la diversificación productiva presentan mejores indicadores en los elementos de la agroecología, principalmente en el reciclaje, eficiencia y resiliencia; por el contrario, los sistemas con mayor dependencia de insumos químicos muestran menores niveles de sostenibilidad.

Estos resultados coinciden con estudios recientes que destacan la importancia del manejo agroecológico de plagas como estrategia clave para mejorar la sostenibilidad y reducir los impactos ambientales negativos, al favorecer la biodiversidad funcional y los mecanismos de autorregulación ecológica (Judt *et al*., 2019; Dainese *et al*., 2019; Gurr *et al*., 2016).

Estos resultados coinciden con estudios recientes que destacan la importancia del manejo agroecológico de plagas como estrategia clave para mejorar la sostenibilidad y reducir impactos ambientales negativos (Deguine *et al*., 2021; Nicholls *et al*., 2020). Así mismo, se ha demostrado que la diversificación y el manejo ecológico de plagas contribuyen a reducir la dependencia de insumos sintéticos y a fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas frente a las perturbaciones ambientales (Tamburini *et al*., 2020; Karp *et al*., 2018).

CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio evidencian que los agroecosistemas evaluados en el departamento de Estelí, Nicaragua se encuentran predominantemente en una fase de transición inicial hacia a agroecología, con un nivel promedio de CAET que refleja un proceso de reconversión gradual, heterogéneo y aún en consolidación. Se identificó además que el avance en la transición agroecológica no mostró asociación lineal apreciable con el tamaño de la finca, sino por la integración efectiva de prácticas asociadas a la diversificación productiva, el reciclaje de recursos, la eficiencia en el uso de insumos y el fortalecimiento de la resiliencia del sistema.

Los elementos de la agroecología vinculados a la cultura y tradición alimentaria, resiliencia y la diversidad presentan los mayores niveles de desarrollo, evidenciando una fase ecológica y sociocultural favorable en los agroecosistemas. Sin embargo, persisten limitaciones en componentes como la gobernanza responsable y los valores humano y sociales, lo que indica la necesidad de fortalecer los procesos organizativos, la articulación territorial y la toma de decisiones colectivas.

El análisis de correlaciones permitió establecer que factores como la economía circular y solidaria, la gobernanza y la eficiencia productiva tienen una mayor influencia en el nivel de transición agroecológica, lo que resalta la importancia de enfoques integrales que articulen dimensiones ecológicas, sociales y

económicas. De igual manera, se observó que los sistemas que reducen o eliminan el uso de pesticidas químicos presentan mayores niveles de sostenibilidad, confirmando el papel clave del manejo agroecológico de plagas en la consolidación de sistemas resilientes.

En general, los resultados indican que la transición agroecológica en el territorio constituye un proceso multidimensional e integral, donde la interacción entre los distintos elementos del sistema define el nivel de sostenibilidad alcanzado. En este sentido, se hace necesario fortalecer estrategias agroecológicas territoriales orientadas a la capacitación técnica, el intercambio de conocimientos, la organización comunitaria, la promoción y adopción de prácticas agroecológicas, con el fin de avanzar hacia modelos productivos más sostenibles, resilientes y adaptados a las condiciones locales.

REFERENCIAS

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). Agroecology: A brief account of its origins and current status. *Agroecology and Sustainable Food Systems, 41*(3–4), 231–237. https://www.academia.edu/120126954/Agroecology_a_brief_account_of_its_origins_and_currents_of_thought_in_Latin_America?utm_source=chatgpt.com

Anderson, C. R., Bruil, J., Chappell, M. J., Kiss, C., & Pimbert, M. P. (2019). *From transition to domains of transformation: Getting to sustainable and just food systems through agroecology*. *Sustainability, 11*(19), 5272. https://doi.org/10.3390/su11195272

Bezner Kerr, R., Madsen, S., Stüber, M., Liebert, J., Enloe, S., Borghino, N., Parros, P., Mutyambai, D. M., Prudhon, M., & Wezel, A. (2021). Can agroecology improve food security and nutrition? A review. *Global Food Security, 29*, 100540. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100540

Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L. G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D. S., Kennedy, C. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Letourneau, D. K., Marini, L., … Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances, 5*(10), eaax0121.https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121

Deguine, J. P., Aubertot, J. N., Flor, R. J., Lescourret, F., Wyckhuys, K. A. G., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: Good intentions, hard realities. *Agronomy for Sustainable Development, 41*(3), 1–23. https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w

Dumont, A. M., Vanloqueren, G., Stassart, P. M., & Baret, P. V. (2017). Clarifying the socio-economic dimensions of agroecology: Between principles and practices. Agricultural Systems, 157, 24–35. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.09.002/https://goo.su/gzTn2z

Dumont, B. (2020). Mobilizing ecological processes for herbivore production: Principles, applications, and prospects. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 4*, 544828. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.544828

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *TAPE tool for agroecology performance evaluation*. https://www.fao.org/3/ca7407en/ca7407en.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. https://www.fao.org/3/cb4476en/cb4476en.pdf

Gliessman, S. R. (2021). *Package price agroecology: The ecology of sustainable food systems*. CRC press. https://goo.su/0OCGv

Gurr, G. M., Lu, Z., Zheng, X., Xu, H., Zhu, P., Chen, G., Yao, X., Cheng, J., Zhu, Z., Catindig, J. L., Villareal, S., Chien, H. V., Cuong, L. Q., Channoo, C., Chengwattana, N., Lan, L. P., Hai, L. H., Chaiwong, J., Nicol, H. I., Perovic, D. J., Wratten, S. D., & Heong, K. L. (2016).. Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. https://goo.su/CDiIi5G/ https://doi.org/10.1038/nplants.2016.14

High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (HLPE). (2019). *Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition*. https://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf

Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T. D., Martin, E. A., DeClerck, F., Grab, H., … Zou, Y. (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 115*(33), E7863–E7870. https://doi.org/10.1073/pnas.1800042115

Migliorini, P., & Wezel, A. (2017). Converging and diverging principles of organic agriculture and agroecology: A review. *Agronomy for Sustainable Development, 37*, 63. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0472-4

Mottet, A., De Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C., & Gerber, P. (2017). Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global food security*, *14*, 1-8. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211912416300013

Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Kobayashi, M. (2020). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development, 40*, 1–17. DOI 10.1007/s13593-015-0285-2

Judt, C., Guzmán, G., Gómez, J. A., Cabezas, J. M., Entrenas, J. A., Winter, S., Paredes, D., & Campos, M. (2019). *Diverging effects of landscape factors and inter-row management on the abundance of beneficial and herbivorous arthropods in Andalusian vineyards (Spain)*. *Insects, 10*(10), 320. https://doi.org/10.3390/insects10100320

Elsner, F., Herzig, C., & Strassner, C. (2023). Agri-food systems in sustainability transition: a systematic literature review on recent developments on the use of the multi-level perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*, 1207476. https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2023.1207476/full

Tamburini, G., Bommarco, R., Kleijn, D., Van der Putten, W. H., & Marini, L. (2020). *Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services*. *Science Advances, 6*(45), eaba1715. https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715

Tittonell, P., Piñeiro, G., Garibaldi, L. A., Dogliotti, S., Olff, H., & Jobbagy, E. G. (2020). Agroecology in large scale farming—A research agenda. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*, 584605. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.584605

Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review: Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for sustainable development*, *40*(6), 40. https://link.springer.com/article/10.1007/S13593-020-00646-Z