

# LA AGROECOLOGÍA Y SU IMPACTO EN LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: EVOLUCIÓN EN CUBA<sup>a</sup>

## AGROECOLOGY AND ITS IMPACT ON AGRICULTURAL SUSTAINABILITY AND CLIMATE CHANGE: EVOLUTION IN CUBA.

KOLIMA PEÑA CALZADA<sup>b\*</sup>, CARLOS MANUEL PALAU RODRÍGUEZ<sup>c</sup>, YAIMA HERNÁNDEZ BELTRÁN<sup>d</sup>, LEIDY CASIMIRO RODRÍGUEZ<sup>e</sup>, ALEXANDER CALERO HURTADO<sup>f</sup>, THIAGO FELIPH SILVA FERNANDES<sup>g</sup>, RUBÉN VIERA MARÍN<sup>b</sup>, JUAN CARLOS RODRÍGUEZ<sup>d</sup>

Recibido para revisar 24-06-2024, aceptado 11-12-2024, versión final 30-12-2024.

Artículo de Revisión

**RESUMEN:** El cambio climático representa una amenaza significativa en el presente y futuro para los agroecosistemas. El acelerado crecimiento de la población mundial ha incrementado la demanda de alimentos, lo que a su vez ha llevado a un uso intensivo de fertilizantes químicos y plaguicidas para el control de plagas. Esta práctica, sin embargo, compromete la calidad del suelo y puede tener consecuencias devastadoras para la productividad agrícola. En este contexto, las prácticas agroecológicas emergen como una estrategia viable y preventiva para mitigar los efectos del cambio climático, especialmente en los países en vías de desarrollo. En este sentido, la presente revisión tiene como objetivo conceptualizar la agroecología como un enfoque transformador frente a la crisis global, analizar su evolución en Cuba y determinar las principales técnicas agroecológicas utilizadas en el país, así como su impacto en la producción de alimentos. Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo una Revisión Cuantitativa Sistemática, en la que se consultaron bases de datos como Web of Science, Scopus, Springer Nature, Frontier, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), WILEY, Google Académico y Taylor and Francis. Los hallazgos indican que la agroecología es reconocida por su capacidad transformadora ante las crisis climática, alimentaria y ecosistémica. Además, se observa un crecimiento gradual del enfoque agroecológico en Cuba, donde las técnicas más empleadas incluyen la aplicación de abonos orgánicos, el uso de bioproductos y el control biológico de plagas. No obstante, es fundamental impulsar aún más la agroecología mediante políticas públicas y acciones concretas que promuevan la adopción de estos sistemas en el país.

<sup>a</sup>Peña-Calzada, K., Palau-Rodríguez, C. M., Hernández-Beltrán, Y., Casimiro-Rodríguez, L. Calero- Hurtado, A., Silva-Fernandes, T. F., Viera- Marín, R., Rodríguez. J. C. (2025). Sostenibilidad agrícola y el cambio climático: evolución en Cuba. *Rev. Fac. Cienc.*, 14 (1), 39–69. DOI: <https://10.15446/rev.fac.cienc.v14n1.115264>

<sup>b</sup>Departamento Agronomía. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez (UNISS), Cuba.

\* Autor para correspondencia: kolimapena@gmail.com

<sup>c</sup>Departamento de proyectos. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez (UNISS), Cuba.

<sup>d</sup>Departamento Veterinaria. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez (UNISS), Cuba.

<sup>e</sup>Departamento de proyectos. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez (UNISS), Cuba.

<sup>f</sup>Departamento de Botánica y Ecología, Instituto de Biociencias. Universidad Federal de Mato Grosso, Brasil

<sup>g</sup>Departamento de Ciencias de la Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Universidad Estadual Paulista (UNESP), Brasil

**PALABRAS CLAVE:** Agricultura sostenible; bioproducto; materia orgánica; prácticas agroecológicas; sostenibilidad.

**ABSTRACT:** Climate change poses a significant threat to agroecosystems. The rapid growth of the global population has increased the demand for food, which in turn has led to intensive use of chemical fertilizers and pesticides for pest control. However, this practice compromises soil quality and can have devastating consequences for agricultural productivity. In this context, agroecological practices emerge as a viable and preventive strategy to mitigate the effects of climate change, especially in developing countries. In this regard, the present review aims to conceptualize agroecology as a transformative approach to the global crisis, analyze its evolution in Cuba, and determine the main agroecological techniques used in the country, as well as their impact on food production. To achieve these objectives, a Systematic Quantitative Review was conducted, consulting databases such as Web of Science, Scopus, Springer Nature, Frontier, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), WILEY, Google Scholar, and Taylor and Francis. The findings indicate that agroecology is recognized for its transformative capacity in the face of climate, food, and ecosystem crises. Furthermore, there is a gradual growth of the agroecological approach in Cuba, where the most commonly employed techniques include the application of organic fertilizers, the use of bioproducts, and biological pest control. Nevertheless, it is essential to further promote agroecology through public policies and concrete actions that encourage the adoption of these systems in the country.

**KEYWORDS:** Sustainable agriculture; bioproduct; organic matter; agroecological practices; sustainability.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa una grave amenaza para los sistemas naturales y humanos, con el potencial de ocasionar daños y pérdidas duraderas en los ecosistemas y en la población en un futuro cercano, comprendido entre 2021 y 2040. Estos efectos podrían ampliarse en el tiempo, si no se implementan medidas efectivas para mitigar su avance (Berhanu *et al.*, 2024). La agricultura se ve particularmente afectada por estas amenazas (Abdulkadir *et al.*, 2018). El aumento de la temperatura media de 1.5 °C a corto plazo, atribuido a la falta de compromiso en la reducción de los gases de efecto invernadero y a la ineficiencia humana (Berhanu *et al.*, 2024), ha provocado extremos climáticos con consecuencias adversas sobre los ecosistemas y la biodiversidad (Adeagbo *et al.*, 2021).

La agricultura y el cambio climático están internamente correlacionados entre sí en varios aspectos, ya que el cambio climático es la principal causa del estrés biótico y abiótico, que provoca efectos negativos en la producción de alimentos (Noya *et al.*, 2018). La tierra y su agricultura se ve afectada por este fenómeno de diferentes maneras, por ejemplo, variaciones en las precipitaciones y temperaturas promedio anuales, olas de calor, modificaciones en las malezas y la incidencia de plagas y enfermedades, cambios globales en el CO<sub>2</sub> atmosférico o en el nivel de ozono y fluctuaciones en el nivel del mar. La amenaza de un clima global variable ha atraído en gran medida la atención de los científicos, ya que estas variaciones están teniendo un impacto negativo en la producción agrícola global y comprometiendo la seguridad alimentaria en todo el

mundo (Raza *et al.*, 2019).

Según algunos informes previstos, la agricultura se considera la actividad más amenazada y afectada negativamente por estos cambios (Porcuna-Ferrer *et al.*, 2024). Hasta la fecha, la seguridad alimentaria y la resiliencia de los ecosistemas son los temas que más preocupan en todo el mundo (Bohan *et al.*, 2022). El enfoque agroecológico es la única manera de reducir el impacto negativo de las variaciones climáticas en la adaptación de los cultivos y la ganadería, antes de que pueda afectar drásticamente la producción agrícola mundial (Corson *et al.*, 2023; Peña Calzada *et al.*, 2022; Wakwya, 2023). Además de los aspectos socioculturales y políticos que trae a contexto para la transición de los sistemas alimentarios sobre bases sostenibles. Es conocido que la agroecología está generando un creciente interés político en todo el mundo, aún más después de la pandemia COVID-19, gracias a su potencial para hacer que los sistemas alimentarios sean más sostenibles y resilientes en las múltiples dimensiones de la sostenibilidad, (Altieri & Nicholls, 2020; Lucantonio *et al.*, 2023). Cada vez hay más pruebas que demuestran el impacto positivo de la agroecología en los ingresos de los hogares (Kansanga *et al.*, 2020; Stratton *et al.*, 2021; Van der Ploeg *et al.*, 2019) en la biodiversidad, la agroforestería y el medio ambiente (Caicedo-Vargas *et al.*, 2023; Najm *et al.*, 2024; Wanger *et al.*, 2020) sobre la salud del suelo (Muchane *et al.*, 2020) la seguridad alimentaria y la nutrición (Kansanga *et al.*, 2021; Sijpesteijn *et al.*, 2022) así como en la creación de capacidades en las personas y grupos para la toma de decisiones efectivas y enfocadas en la resiliencia socioecológica (Casimiro & Casimiro, 2018).

Sin embargo, no es menos cierto que el proceso de transición suele ser complejo y que han surgido preocupaciones sobre sus implicaciones para la seguridad alimentaria y la nutrición, particularmente en los países de bajos ingresos (De la Cruz & Dessein, 2021). Aunque investigadores han encontrado evidencias de resultados positivos relacionados con el uso de prácticas agroecológicas en materia de seguridad alimentaria y nutricional en hogares de países de ingresos bajos y medios y determinaron como prácticas agroecológicas más frecuentes en este tipo de países la diversificación de cultivos, la agrosilvicultura, los sistemas mixtos de cultivos y ganadería y prácticas que mejoran la calidad del suelo (Bezner *et al.*, 2021).

La agroecología en América Latina busca transformar los sistemas agroalimentarios convencionales a través del impulso de movimientos sociales que influyen en políticas públicas. Aunque se implementan programas de apoyo a la agricultura orgánica y sostenible, no cuestionan las bases del sistema convencional. La implementación de prácticas agroecológicas depende de las relaciones de poder en cada país. El desafío radica en convencer a agricultores, consumidores y responsables sobre temas de salud pública y seguridad alimentaria, a pesar de la fragilidad ante el apoyo a la agricultura convencional (Goris *et al.*, 2021; Sabourin, 2017).

Específicamente en Cuba se fomenta la agroecología desde hace varios años, entró en auge a finales de 1991 con la disolución de Unión Soviética de donde provenía un elevado número de insumos. A diferencia de otros países de la región, la agroecología en Cuba cuenta con el apoyo de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), Asociación Nacional de Técnicos Agrícolas Y Forestales (ACTAF), algu-

nos centros de investigación, proyectos nacionales e internacionales y el apoyo del estado (Machado, 2023). Además evolutivamente se ha logrado la eliminación de la correlación positiva entre el uso de fertilizantes y el rendimiento de los cultivos, cuando se aplican adecuadamente y de forma integral, las prácticas agroecológicas (Betancourt, 2020).

Sin embargo, aún queda mucho por hacer en este tema, por lo que el objetivo de esta revisión es conceptualizar la agroecología como un enfoque transformador frente a la crisis climática y alimentaria mundial, analizando su evolución en Cuba y las principales técnicas agroecológicas empleadas en el país y su impacto en la producción de alimentos y la protección del medio ambiente. Responde a dos preguntas de investigación: 1) ¿La agroecología es reconocida por su enfoque transformador ante el cambio climático y la sostenibilidad agrícola? 2) ¿Cómo ha evolucionado la agroecología en Cuba y cuáles son las tecnologías agroecológicas más utilizadas que pueden impactar en la producción de alimentos y la protección del medio ambiente?

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para identificar dar cumplimiento a los objetivos, se realizó una Revisión Sistemática Cuantitativa (Pickering & Byrne, 2014). Esta metodología limita el sesgo de investigación, supone un enfoque basado en protocolos para marcar posibles oportunidades de investigación y es explícita y reproducible (Pickering *et al.*, 2014; Pickering & Byrne, 2014).

### 2.1. Revisión de la literatura

Las bases de datos consultadas fueron: Web of Science, Scopus, Springer Nature, Frontier, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), WILEY, Google académico y Taylor and Francis. En las búsquedas, se utilizaron palabras claves específicas para identificar la literatura relevante. Las mismas se distribuyeron en tres grupos según el tema de la investigación: Agroecología, prácticas agroecológicas y Cuba (Figura 1).

La búsqueda se realizó por palabras claves y se realizaron tres consultas combinadas, para cada base de datos.

La primera consulta de búsqueda contenía las palabras claves de los clústeres agroecología y Cuba, la segunda Cuba y Prácticas agroecológicas y la tercera Agroecología y Prácticas agroecológicas (Figura 1).

### 2.2. Selección de los artículos

Se llevó a cabo una primera criba de posibles artículos para su inclusión, la cual se basó en los títulos y resúmenes, seguida de una evaluación más minuciosa de aquellos que superaron esta fase inicial. Se emplearon las listas de referencias de los artículos y revisiones, para corroborar los hallazgos y garantizar la

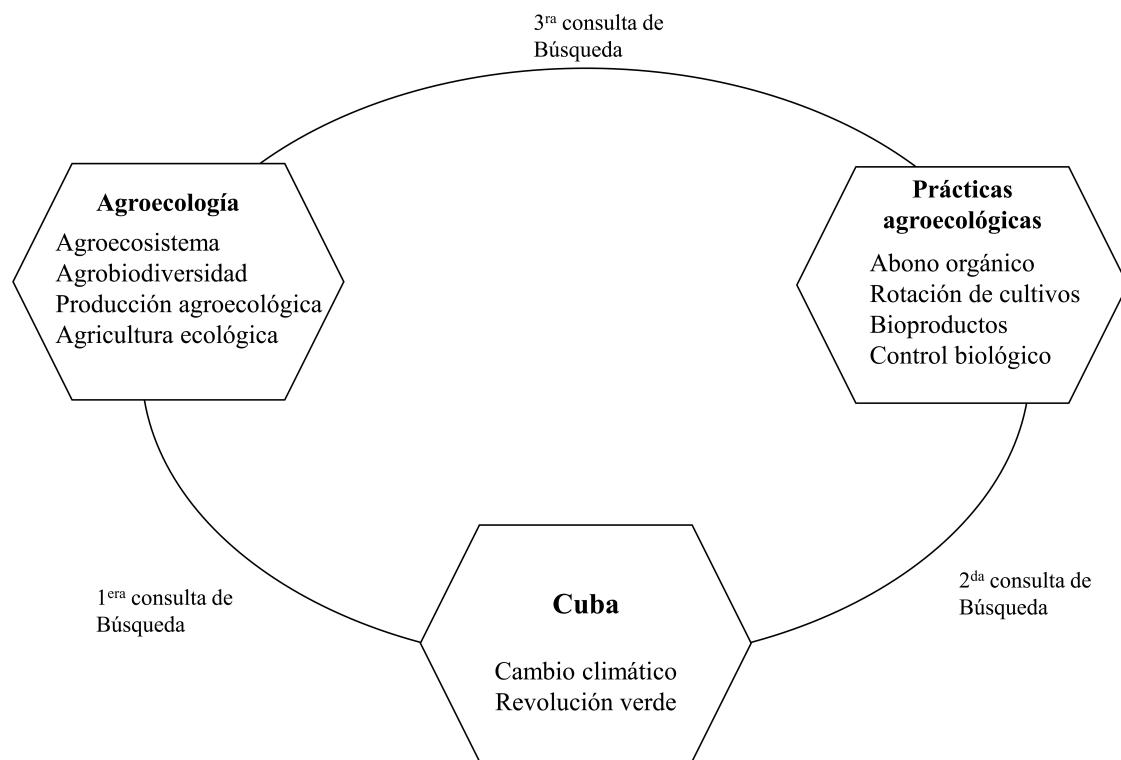


Figura 1: Palabras claves utilizadas para las consultas de búsqueda. Fuente: Elaboración propia.

exhaustividad de la revisión. Este proceso implicó un análisis detallado que abarcó las secciones de objetivos, materiales y métodos, resultados, conclusiones y perspectivas futuras de cada documento.

La selección de literatura estuvo sujeta a las siguientes condiciones: (1) año de publicación del 2017 al 2024, (2) trabajos originales de investigación científica publicados en revistas científicas revisadas por pares, no se excluyeron artículos de revisión, libros, capítulos de libros (3) áreas temáticas, agroecología (4) ubicación geográfica.

El idioma no fue excluyente fueron consultadas bibliografías en varios idiomas siempre que estuvieran relacionadas con el tema y no se consultó literatura gris. En el capítulo de resultados, a partir del epígrafe 3.2, solamente se incluyó bibliografía que vincula la agroecología y su actividad en Cuba, en la Introducción, Materiales y métodos y el epígrafe 3.1 de resultados, se utilizó bibliografía de contextualización siempre que tuviera estrecha relación con el área temática tratada.

Se elaboró una base de datos en la cual se recopiló la información referida a el país, la región y/o dónde se realizó el estudio, la fecha, la duración de la investigación, especie en estudio, se identificaron las variables evaluadas. También subcategorías como beneficios, recomendaciones y el hallazgo general del documento.

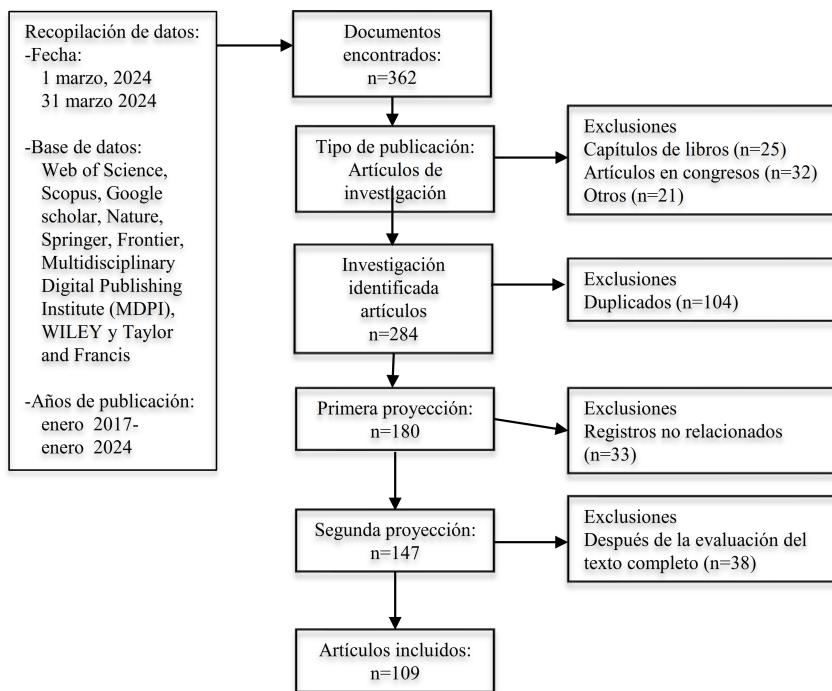


Figura 2: Diagrama de la metodología general de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Para enriquecer el diseño y la estrategia, se llevó a cabo una investigación exhaustiva de las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados, con el fin de identificar otros estudios relevantes que pudieran ser incorporados en la revisión.

El volumen total de información consultada fue de 362 documentos, sin embargo, luego del análisis de cada uno de ellos se realizaron varios procesos de exclusión. La primera proyección fue de 180 artículos, pero al realizar la revisión se determinó que 33 artículos, a pesar de tratar de agroecología, no daban salida al objetivo que se perseguía; quedaron 147 de los cuales se analizó el documento desde el título hasta los hallazgos y fueron excluidos 38, finalmente conformaron el documento 109 artículos (Figura 2).

### 2.3. Extracción de datos

Los datos se extrajeron de los estudios incluidos según las siguientes variables de interés: (1) tecnología; (2) especies estudiadas (3) tratamientos evaluados (dosis, factores, control, número) (4) variables en estudio (5) principales hallazgos.

### 2.4. Síntesis y análisis de datos

Todos los datos fueron sintetizados y analizados con el software Microsoft Excel®. Las variables de interés de cada artículo fueron recopiladas en este para poder compararlas y realizar su interpretación y de esta

forma mantener solo la información relevante.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. La agroecología como enfoque transformador ante la crisis climática, alimentaria y ecosistémica**

El cambio climático representa una amenaza significativa para la sostenibilidad de la agricultura, afectando tanto a factores bióticos, como plagas y brotes de patógenos, como a factores abióticos, incluyendo variaciones en la radiación solar, el agua y la temperatura (Aryal *et al.*, 2020). Además, la actividad humana inadecuada ha contribuido a un aumento de  $0.9^{\circ}\text{C}$  en la temperatura media global desde el siglo *XIX*, con proyecciones que sugieren un incremento de  $1.5^{\circ}\text{C}$  para 2050. Este fenómeno ha dado lugar a eventos climáticos extremos y pérdidas económicas considerables, impactando de manera particular al sector agrícola. Con una población proyectada de 9.7 mil millones para 2050, la agricultura enfrenta desafíos críticos para satisfacer la creciente demanda de alimentos en un contexto de cambios ambientales acelerados (Arora, 2019).

En este escenario, el calentamiento global afecta directamente tanto la producción agrícola como el manejo de plagas y la biodiversidad, incluido los polinizadores. Las variaciones en temperatura, niveles de  $\text{CO}_2$  y patrones de precipitación alteran la distribución y supervivencia de los insectos (perjudiciales y beneficiosos), lo que resulta en un aumento del número de plagas y un mayor riesgo de invasiones que pueden alcanzar niveles críticos. Esto conlleva pérdidas económicas en los cultivos y plantea serios desafíos para la seguridad alimentaria, especialmente en los países menos desarrollados (Muluneh, 2021; Shahzad *et al.*, 2021; Skendzic *et al.*, 2021).

Por otro lado, el incremento en la temperatura media mundial, junto con la salinización de los suelos debido a la sequía y la distribución desigual de las lluvias, impacta y seguirá impactando la productividad de los cultivos al aumentar la tasa de respiración y evapotranspiración. Asimismo, las fases fisiológicas de crecimiento y desarrollo se verán afectadas, lo que tendrá graves implicaciones para la reproducción de las plantas. Esto impactará negativamente a millones de personas que dependen de la agricultura para su sustento, exacerbando la inseguridad alimentaria con pérdidas económicas significativas (Malhi *et al.*, 2021).

Sin embargo, existen diversas medidas y sistemas de cultivo que pueden ayudar a mitigar estos efectos. La diversificación de cultivos, tanto en el espacio (sustitución de un cultivo por otro) como en el tiempo (mediante la rotación de cultivos o la implementación de diferentes sistemas de cultivo), se presenta como una estrategia lógica y rentable para fortalecer la resiliencia del sistema agrícola frente al cambio climático. Además, el manejo del suelo mediante el uso de enmiendas orgánicas, así como la adecuada gestión del agua y de la tierra, y el control biológico de plagas, son prácticas destacadas que no solo atenúan los efectos del cambio climático, sino que también contribuyen a evitar su agravamiento (Aryal *et al.*, 2020).

Se ha demostrado que la integración de todas las prácticas aumenta la resiliencia climática, Gil et al. (2017) en una revisión realizada sobre el tema, encontraron que, en conjunto, los artículos revisados presentaron evidencia de que mayores niveles de integración de prácticas agrícolas con enfoque agroecológico en las granjas están asociados con mayores niveles de resiliencia al cambio climático y la variabilidad, así como a la sostenibilidad del agroecosistema. De los artículos revisados, el 87% demostraron o identificaron una asociación positiva entre las prácticas y la resiliencia.

La agroecología es una ciencia y un movimiento social que busca transformar el sistema agroalimentario para abordar desafíos como la distribución injusta, la degradación ambiental, la seguridad alimentaria y la pobreza. Como movimiento social, desafía las estructuras de poder, promueve la soberanía alimentaria y busca el control popular de los medios de producción. Además, defiende la justicia de clase, la reforma agraria integral y se vincula con estrategias de descolonización y despatriarcalización (Giraldo, 2024). Este movimiento se centra en la investigación, implementación y defensa de modelos que sean socialmente justos, económicamente equitativos y ecológicamente resilientes (Fernandez *et al.*, 2018). En la actualidad, ha experimentado un crecimiento exponencial, trascendiendo su mera función en la producción de alimentos para convertirse en un pilar fundamental en las políticas de numerosos países. Este enfoque holístico no solo aborda la sostenibilidad agrícola, sino que también se posiciona como una solución integral a los desafíos sociales contemporáneos. El movimiento agroecológico se establece como una herramienta poderosa para la transformación de los sistemas alimentarios, promoviendo la equidad, la justicia social y la soberanía alimentaria en un contexto global cada vez más urgente (Galt *et al.*, 2024).

Además, la agroecología contemporánea aborda el cambio climático profundamente y promueve la resiliencia de los sistemas alimentarios a largo plazo. Incorpora principios ecológicos y de diversificación en las granjas. Propone la rotación de cultivos, uso de enmiendas orgánicas y minimización de insumos sintéticos. Además, incluye dimensiones sociales como la participación de los agricultores, relaciones laborales no salariales y gestión colectiva de recursos. En la actualidad se reconoce como clave para la adaptación y mitigación de efectos del cambio climático, así como para lograr ecosistemas saludables, seguridad alimentaria y equidad social (Bezner *et al.*, 2023).

Las prácticas agroecológicas, como el uso de tracción animal, la implementación de barreras vivas, la diversificación de cultivos, el control biológico de plagas, el manejo de bioproductos, así como la utilización de residuos vegetales, abonos orgánicos y un uso racional del agua, pueden contribuir a ralentizar el avance del cambio climático (Méndez & Hernández, 2019). Además, estas prácticas impactan positivamente en la sostenibilidad de los agroecosistemas. Según Terry-Alfonso *et al.* (2023), en diversos agroecosistemas donde se aplicaron la mayoría de estas técnicas, se observó un aumento significativo en el rendimiento de los cultivos, que abarcó desde un 14% en la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) hasta un 100% en el plátano (*Musa paradisiaca* L.). Este enfoque también permitió reducir la dependencia de insumos externos.

Para lograr una transición efectiva hacia una agricultura sostenible de bajos insumos, es fundamental adoptar un enfoque sistémico que integre la gestión agroecológica. Esto implica sustituir insumos químicos por biológicos e implementar prácticas que mejoren la fertilidad del suelo, protejan los cultivos y estabilicen el rendimiento. Hawes *et al.* (2021) destacan que las combinaciones de cultivos generan sinergias que optimizan el reciclaje de nutrientes y equilibran las poblaciones de plagas y sus enemigos naturales. Además, señalan que la intensificación ecológica beneficia tanto la producción de alimentos como el medio ambiente, y reconoce el impacto de las prácticas agroecológicas en todos los aspectos de la sostenibilidad económica, ambiental y social.

Los patrones actuales de cambio global amenazan los servicios ecosistémicos agrarios esenciales para el bienestar humano. En este contexto, la agroecología se presenta como una alternativa socialmente equitativa y ecológicamente sostenible frente a la agricultura convencional. Una revisión sistemática de 179 artículos científicos revela que más de la mitad de las relaciones entre prácticas agroecológicas y servicios ecosistémicos son positivas, (Palomo-Campesino *et al.*, 2018).

La adopción de prácticas agroecológicas como soluciones basadas en la biodiversidad han sido aplicadas para lograr la sostenibilidad de los agroecosistemas. Un estudio reciente comparó granjas hortícolas agroecológicas y convencionales y reveló que las primeras aplican más prácticas agroecológicas y tienen un mayor potencial para ofrecer servicios ecosistémicos. Prácticas como la diversificación de cultivos y el uso de pesticidas orgánicos mejoran la fertilidad del suelo y los servicios de polinización, lo que es de relevancia en el contexto global actual (Palomo-Campesino *et al.*, 2022).

La agroecología se caracteriza por su enfoque holístico al integrar la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y la seguridad alimentaria en un solo sistema. Al promover prácticas como la diversificación de cultivos y el manejo integrado de plagas, se mejora la resiliencia y estabilidad de la producción de alimentos, se protege a las especies locales y se fomenta la salud del suelo. Así, la agroecología aborda interdependencias críticas para construir sistemas agrícolas sostenibles y adaptativos (Vikas & Ranjan, 2024).

Por otra parte, el sistema alimentario mundial enfrenta el desafío de satisfacer la demanda creciente de alimentos y reducir impactos ambientales. La Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Sistema Alimentario ha llamado a una transformación global, pero existen discrepancias que podrían retrasar su implementación. Es necesario centrarse más en soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en la agricultura, integrar la agroecología con innovaciones tecnológicas y promover la diversificación agrícola en todos los tipos de paisajes (Zeng & Wanger, 2023).

Enfrentar los desafíos de la transición agroecológica en un contexto de cambio climático requiere el uso de diversas estrategias, como regulaciones biológicas, genotipos animales y vegetales adaptados, sistemas de

producción diversificados y tecnologías digitales (Nogué *et al.*, 2024).

Las contribuciones de esta forma de producción agroecológica, podrían amplificarse si la agroecología se extendiera para optimizar, restaurar y mejorar las capacidades productivas de los sistemas campesinos existentes. Para extender tal potencial, la dimensión científico-técnica de la agroecología debe seguir siendo la piedra angular de diseño de un sistema agrícola biodiverso, productivo y resiliente, los cuales deben ser implementados y diseminados por la acción social colectiva. De esta forma, las iniciativas agroecológicas locales exitosas, pueden difundirse ampliamente mediante estrategias pedagógicas de campesino a campesino, la creación de faros agroecológicos, la reactivación de sistemas tradicionales y la reconfiguración de territorios enteros bajo manejo agroecológico (Nicholls & Altieri, 2018). La figura 3 muestra las rutas para la amplificación de la agroecología desde las fincas a todo el territorio.



Figura 3: Rutas para la amplificación de la agroecología: desde la finca hasta el nivel territorial. Fuente: (Nicholls & Altieri, 2018).

### 3.2. Surgimiento y evolución de la agroecología en Cuba

Durante las últimas décadas, Cuba ha experimentado una profunda transformación en diversos ámbitos como respuesta a la crisis provocada por el colapso de la Unión Soviética. Desde 1959, y especialmente durante el “Período Especial”, el país ha buscado alcanzar la soberanía alimentaria a través de la agroecología, la agricultura orgánica, sostenible y urbana, así como el control biológico de plagas. La imposibilidad de importar alimentos y materiales agrícolas ha llevado a los cubanos a buscar la autosuficiencia, fomentando prácticas agrícolas más sostenibles. A pesar de que inicialmente fue por necesidad, estas prácticas se han convertido en un enfoque fundamental en la agricultura cubana, con experiencias exitosas en fincas campesinas que han adoptado los principios agroecológicos (Casimiro-Rodríguez, 2019; Casimiro & Casimiro, 2018).

El crecimiento del movimiento agroecológico en el país se debe en parte a las actividades de la ACTAF, que promueve la agroecología en toda la isla. También otras organizaciones contribuyeron al desarrollo y crecimiento de la agroecología en el país como: el Programa Nacional de Agricultura Urbana, Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), la fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre y toda la red de centros científicos y universidades que pertenecen al Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba (MINAG), el Ministerio de Educación Superior (MES) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (Funes, 2017). Sin embargo, el corazón de la revolución agroecológica cubana son los esfuerzos de unas 100 000 familias, un tercio de los pequeños agricultores independientes en Cuba, que son miembros de la ANAP. Estos campesinos practican métodos de diversificación agroecológica en sus granjas, produciendo más alimentos por hectárea que cualquier granja agrícola industrial comercial, siendo responsables del 65 % de la producción alimentaria del país en solo el 25 % de la tierra (Machado, 2023).

Por otra parte, debido a las condiciones económicas, energéticas y climáticas de la isla, el campesinado cubano ha logrado altos índices de producción, sostenibilidad y resiliencia mediante estrategias agroecológicas. El Movimiento Agroecológico de Campesino a Campesino (MACaC) impulsa la agroecología como el método más eficiente para producir alimentos. Cada vez más familias de agricultores se unen a esta revolución agroecológica con el objetivo de alcanzar 1.5 millones de hectáreas bajo manejo agroecológico y lograr la soberanía alimentaria en la isla (Carballosa *et al.*, 2023).

De igual forma, los logros de Cuba en agricultura urbana suburbana y familiar, bajo principios agroecológicos, son notables: Por esta vía, se produce alrededor del 50 % de los vegetales y condimentos frescos del país, se cuenta con 2855 unidades productivas en 1366 hectáreas de organopónicos y 6875 huertos intensivos en 6787 hectáreas, además 278 hectáreas de organoponía semiprotegida. Este nivel de éxito en una forma de agricultura que reduce los kilómetros recorridos por alimentos, el uso de energía e insumos y cierra efectivamente los ciclos locales de producción y consumo no ha sido alcanzado por ningún otro país en el mundo (Companioni *et al.*, 2018; Moya & Agüero, 2023).

Tabla 1: Lista de las principales leyes y regulaciones relevantes que afectan directa o indirectamente al sector alimentario y agrícola desde el Período Especial. Fuente: Machado (2023)

Legislación	Año	Impactos
Decreto-Ley 142	1993	Se establecieron cooperativas UBPC fuera de tierras estatales; gran transferencia de tenencia de la tierra entre estados y no estados
Decreto-Ley 191	1994	Se establecieron mercados de agricultores MLC (mercados libres campesinos)
Ley N° 77	1995	Inversión extranjera ampliada y formalizada como parte de empresas mixtas, a partir del Decreto-Ley 50 (1982).
Decreto-Ley 259	2008	Estableció reglas para otorgar tierras en usufructo a pequeños agricultores; cambio masivo en la tenencia, aumento en la agricultura. Producción.
Decreto-Ley 300	2012	Permite a los agricultores sin tierra obtener hasta 13,2 ha; UBPC, CPA y fincas estatales podrán ampliar tierras en usufructo a 67 ha
Decreto-Ley 305	2012	Permite la creación de mercados de agricultores por parte de cooperativas no agrícolas.
Decreto-Ley 309	2012	Regulaciones establecidas para cooperativas no agrícolas
Decreto-Ley 318	2013	Permitió que una mayor variedad de actores participase en la venta de productos agrícolas, venta descentralizada de alimentos/agrícolas. Productos.
Res. 673 (MINAG)	2013	Autonomía ampliada de las cooperativas UBPC, CCS y CPA sobre la producción, los servicios y las ventas agrícolas.
Decreto-Ley 311	2014	Permite a cooperativas CCS ampliar tierras en usufructo a 67 ha. (habían quedado fuera del Decreto-Ley 305).
Decreto-Ley 365	2019	Mayor autonomía del sector agrícola de pequeña escala para: contratar mano de obra, vender excedentes, acceder a créditos y servicios.
Constitución cubana	2019	Reconoce la propiedad privada, expande los mercados libres, aumenta la autoridad gubernamental municipal.

Entre tanto, surgen fincas diversificadas que sirvieron como “faros agroecológicos” de los cuales los principios agroecológicos se irradian a la comunidad y a agricultores de otras regiones, ayudándoles a construir la base de una estrategia agrícola que promueve eficiencia, diversidad, sinergia y resiliencia. Con el advenimiento de Internet y otras formas de información, muchos agricultores exitosos han tenido visibilidad y se han convertido en faros que proporcionan testimonios vivos sobre cómo diseñar y administrar sus fincas de acuerdo con los principios agroecológicos (Nicholls & Altieri, 2018).

Además, se fomentaron un grupo de leyes o legislaciones que favorecieron la tenencia de la tierra y la producción y comercialización de los alimentos, así como el fomento de las pequeñas producciones con bases agroecológicas (Tabla 1) (Machado, 2023).

Más recientemente se implementó la Ley 148/2022 conocida como Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional, (SSAN), para apoyar la producción sostenible de alimentos. La cual aborda con claridad qué es la seguridad y soberanía alimentaria para un país, además cuáles pueden ser los aportes que desde la agroecología pueden contribuir al desarrollo y cumplimiento de esta ley (Mohedano *et*

Tabla 2: Lista de proyectos clave de cooperación internacional orientados a la producción local de alimentos y conocimiento.

Título del proyecto	Descripción	Socios cubanos	Socios internacionales
Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local (BASAL) [2012 – 2017]	Facilitar el intercambio de conocimientos, promover estrategias de adaptación para abordar las amenazas del cambio climático.	CITMA MINAG	PNUD COSUDE UE
Proyecto de Apoyo a una Agricultura Sostenible en Cuba (PAAS) [2013 – <i>presente</i> ]	Capacitación y desarrollo de capacidades para mejorar la producción y el acceso a alimentos cultivados orgánicamente y desarrollar un sistema de certificación participativo.	ACTAF	COSUDE Hivos
Biodiversidad Agrícola en Ecosistemas Protegidos Cubanos (COBARB) [2013 – <i>presente</i> ]	Aborda cuestiones de seguridad alimentaria y conservación mediante la integración de sistemas agroecológicos en áreas protegidas cubanas.	INIFAT MINAG MINREX CITMA	UNESCO FAO Biodiversidad Internacional
Articulación Agroecología [2011 – 2015]	Demostrar escalabilidad y sostenibilidad funcional del modelo agroecológico para lograr la nutrición y la seguridad alimentaria local.	ACTAF MINAG	UE Hivos COSUDE
Programa Innovación Agrícola Local (PIAL) [2000 – 2022]	Mejorar la innovación y el intercambio de agricultores y cooperativas a nivel local, centrado en las semillas.	INCA	COSUDE
Co-Innovación [2011 – 2017]	Integración horizontal entre actores/ instituciones para apoyar la innovación, el intercambio y la tecnología en la producción de alimentos.	Indio Hatuey CIAP IBP	EU CARE Francia
La biomasa como fuente de energía renovable para el medio rural (BIOMAS) [2009 – 2017]	Integrar la producción local de biogás/biodiesel con la producción de alimentos para la seguridad alimentaria y energética	Indio Hatuey MINAG MINEM	COSUDE

al., 2023).

La evolución de la agroecología en Cuba ha sido impulsada tanto por actores locales como internacionales. Organizaciones como la FAO, Oxfam, Welt Hunger Hilfe, Pan para el Mundo, Food First, Hivos, Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Mundubat, OIKOS, CARE, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), entre otras, han contribuido con financiamiento, investigación y apoyo político. La Tabla 2 proporciona un resumen de proyectos de cooperación financiera internacional que han promovido la agricultura sostenible (Fernandez *et al.*, 2018).

A partir del 2018 se han implementado otros proyectos y programas importantes en el país que fomentan la agricultura sostenible con bases agroecológicas, entre los más importantes están: El proyecto “Resiliencia climática en ecosistemas agrícolas de Cuba (IRES), Proyecto Fortalecimiento de Políticas para la Seguridad Alimentaria Sostenible en Cuba (POSAS), proyecto Fortalecimiento del Sistema Integrado de Gestión del Conocimiento para la Seguridad Alimentaria en Cuba (CONSAS), Apoyo a la seguridad alimentaria y

nutricional en dos municipios de Camagüey, con enfoque de género y generacional (CAPROCA), Programa Impacto, Resiliencia, Sostenibilidad y Transformación para la Seguridad Alimentaria y Nutricional (FIRST), proyecto para la conservación de la biodiversidad y el manejo agrícola sostenible (COBIMAS), Proyecto Sistema de Información, Gestión e Innovación para el Seguimiento y Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional de Cuba (SIGISAN) (Díaz *et al.*, 2021). A pesar de los avances expuestos, aún persisten factores sociales como la pérdida de tradiciones familiares en el campo y el éxodo a las ciudades, generando falta de interés en la agricultura. Se necesita desarrollar modelos agropecuarios alternativos. La agroecología promueve la soberanía alimentaria con inclusión social, equidad y sabiduría campesina. En Cuba, la agricultura familiar agroecológica es sostenible en la producción de alimentos. Se requieren medidas y directrices para una transición agroecológica eficaz y a mayor escala. Promover sistemas familiares agroecológicos con políticas públicas y acciones concretas puede satisfacer la demanda de alimentos sanos y nutritivos, logrando una Cuba soberana en alimentación (Bover-Felices & Suárez-Hernandez, 2020).

### **3.3. Principales tecnologías agroecológicas desarrolladas en Cuba**

En los últimos años, en Cuba se ha observado un notable avance en la implementación de diversas tecnologías agroecológicas, tal como lo señala (Funes, 2017). Estas innovaciones incluyen el empleo de abonos orgánicos, de bioproductos y estrategias de control biológico de plagas, lo que ha permitido una transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Terry-Alfonso *et al.*, 2023).

#### **3.3.1. Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos son materiales naturales que enriquecen el suelo con nutrientes y benefician a las plantas a lo largo del tiempo al liberar nutrientes gradualmente a medida que se descomponen en el suelo (Lestari *et al.*, 2024). En la actualidad, hay una tendencia creciente hacia el uso de abonos orgánicos en la agricultura, ya que proveen macro y micronutrientes esenciales de manera fácilmente asimilable durante la mineralización (Lahbouki *et al.*, 2024; Ma *et al.*, 2022). Además, contribuyen a mejorar el suelo al liberar nutrientes de forma constante, impactando positivamente en la productividad agrícola y promoviendo la sostenibilidad ambiental (Liang *et al.*, 2021). El uso de abonos orgánicos también reduce las emisiones de gases de efecto invernadero al disminuir la carga ambiental y la dependencia de fertilizantes químicos nitrogenados, mejorando la eficiencia en el uso del nitrógeno (He *et al.*, 2023).

Además, se ha encontrado que el uso de abonos orgánicos benefició la producción de arroz y tuvo un impacto ambiental positivo al mantener estable la estructura de la comunidad bacteriana en suelo (Kumar *et al.*, 2018). Otras investigaciones han indicado que los abonos orgánicos pueden influir en la composición microbiana y promover la presencia de bacterias beneficiosas en la rizosfera del té, lo que resulta en una mejor calidad del té y en una reducción del contenido de metales pesados tanto en el suelo de la rizosfera como en las hojas de té (Lin *et al.*, 2019).

En Cuba ha crecido gradualmente el uso de abonos orgánicos fundamentalmente en el cultivo de hortalizas en la agricultura urbana (Alves & Nenevé, 2019), pero también se ha ganado en la introducción de esta tecnología en la producción de cultivos varios dentro de los que destacan las viandas (González *et al.*, 2020). En algunas fincas agroecológicas esta práctica ha sido identificada como fortaleza (Dar *et al.*, 2024) y se ha avanzado en las investigaciones y caracterización de los productos (Apaza-Gomez *et al.*, 2022; Odales *et al.*, 2020; Rodriguez-Alfaro *et al.*, 2022), así como en el aumento de los rendimientos con el uso de estas prácticas (Tabla 3).

En el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*) se lograron resultados positivos al emplear mezclas de turba y fibra de coco, junto con soluciones nutritivas como abono orgánico. Estos tratamientos contribuyeron a mejorar la calidad de las plántulas, así como a aumentar el crecimiento, la producción de flores y frutos y el rendimiento agrícola en el campo (Sarduy Díaz *et al.*, 2017). Por otra parte, en (*Brassica oleracea L.*) se usaron tres soluciones de vermicompost y se consiguió estimular la germinación, el tamaño de los repollo y el rendimiento en un 88 % (Terry-Alfonso *et al.*, 2022). En la Tabla 3 se recogen algunas investigaciones de los últimos años donde se aplican tratamientos con diferentes abonos orgánicos y se reflejan los beneficios en cultivos de gran consumo e importancia en el país.

### **3.3.2. Uso de bioproductos en cultivos de importancia económica**

El uso de bioproductos es considerado una tecnología agroecológica fundamental que ofrece una alternativa económicamente atractiva para mejorar la cantidad y calidad de los productos agrícolas (Peña Calzada *et al.*, 2022)-Dentro de los bioproductos, el uso de bioestimulantes es una práctica agrícola sostenible que puede mantener el rendimiento de los cultivos en condiciones de fertilización reducida (Canellas *et al.*, 2024). Además, está demostrado que los biofertilizantes a base de los hongos micorrízicos y *Rhizobium spp* mejoran significativamente la nutrición de las plantas a través de su simbiosis con las raíces (Sevillano-Caño *et al.*, 2024).

Los microorganismos rizosféricos son capaces de colonizar la rizosfera y mejorar el crecimiento, desarrollo y eficiencia en el uso de nutrientes (NUE) de las plantas mediante una amplia variedad de mecanismos como la mineralización de materia orgánica, el control biológico contra patógenos transmitidos por el suelo, la fijación biológica de nitrógeno (N), la solubilización de potasio (K), fósforo (P) y zinc (Zn) y la promoción del crecimiento de las raíces a través del mejoramiento de la condiciones químicas físicas y biológicas del suelo (Meena *et al.*, 2017).

Otras investigaciones destacan el uso de biofertilizantes y bioestimulantes derivados de residuos agrícolas como una valiosa oportunidad para mejorar la productividad de los cultivos, así como para generar importantes beneficios ambientales. Al transformar estos residuos en materiales útiles para el suelo y las plantas, se contribuye a reducir el impacto ambiental de la agricultura, se fomenta la disminución del uso de com-

Tabla 3: Efecto de la aplicación de abonos orgánicos. Fuente: Elaboración Propia.

Abono orgánico	Especie	Dosis	Efecto	Referencia
Humus de lombriz estiércol de conejo	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>	20 t $ha^{-1}$ de ambos	Aumentó en número de vainas por planta, granos por vaina y rendimiento.	Boudet <i>et al.</i> (2017)
Estiércol vacuno	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>	100t $ha^{-1}$	Mejoró crecimiento, nodulación y productividad en granos.	Rodríguez-Fernández & Sánchez-Mora(2021)
Humus de lombriz y estiércol vacuno	<i>Glycine max L.</i>	2, 4 y 6 $tha^{-1}$ de humus de lombriz; 20; 40 y 60 $tha^{-1}$ de estiércol vacuno.	Beneficios en los componentes del rendimiento y en la producción final.	Torres <i>et al.</i> (2018)
Estiércol bovino	<i>Oryza sativa L.</i>	20-60 $tha^{-1}$	Aumento del crecimiento y del rendimiento.	Reyes-Pérez <i>et al.</i> (2019)
Estiércol de ganado vacuno	<i>Zea mayz L.</i>	20 $tha^{-1}$	Aumento del crecimiento y la productividad.	Cutiño-Mendoza <i>et al.</i> (2022)
Estiércol y humus de lombriz	<i>Solanum tuberosum L.</i>	En una relación 2:1	Se benefició la germinación de la semilla, el crecimiento de las plantas, el número de tubérculos y la masa final de los mismos.	Leyva <i>et al.</i> (2023)
Abono tipo bocashi	<i>Solanum lycopersicum L.</i>	2,33;2,66; 2,99 $tha^{-1}$	Aumento del rendimiento y sus componentes.	Antomarchi <i>et al.</i> (2017)
Abono organomineral natural (Zeofert)	<i>Panicum maximum</i> <i>Pennisetum purpureum</i>	25 $tha^{-1}$	El rendimiento aumentó en un 52% y un 77% para los pastos y la producción de leche en un 20/	Espinosa <i>et al.</i> (2022)
Fibra de Coco (descompuesta) (S:H:FC)	<i>Cocos nucifera L.</i>	Tres combinaciones de los abonos orgánicos y el suelo (2:1:1, 4:1:1 y 10:1:1)	Disminución en 30 días de la permanencia en vivero. incremento de valor/costo en el proceso productivo. Mayor supervivencia y crecimiento de las plántulas.	Noval-pons <i>et al.</i> (2022)

puestos sintéticos y se facilita la transición hacia una economía circular sostenible. Este enfoque integral optimiza el aprovechamiento de recursos y promueve prácticas agrícolas más sostenibles y responsables (Puglia *et al.*, 2021).

Existen en Cuba diversas investigaciones con el empleo de bioproductos dentro de los que destaca el uso de micorrizas para beneficiar el crecimiento y la producción de cultivos de interés económico como el frijol. En este sentido (Noval-pons *et al.*, 2022) coinocularon Hongos Micorrizógenos Arbusculares y rizobios en esta especie y obtuvieron aumentos en la producción.

Entre tanto, otros investigadores reportaron beneficios en microinjertos de *Theobroma cacao* L. cuando usaron fuentes locales de nutrientes e inoculantes micorrízicos arbusculares *Glomus cubense* (INCAM-4) y *Rhizoglomus irregulare* (INCAM-11). Las plántulas alcanzaron un mayor crecimiento y área foliar, así como se consiguió disminuir en 44% de las cantidades de abonos orgánicos (Aranda-Azaharez *et al.*, 2023).

Por otro lado, la utilización de cultivos mixtos de microorganismos ha demostrado ser beneficiosa para la agricultura con enfoque agroecológico (Freitas *et al.*, 2022). Las interacciones positivas entre los microorganismos mejoran la fertilidad del suelo y la productividad de las plantas, lo que contribuye al equilibrio ambiental. Esta tecnología agroecológica es ampliamente estudiada y utilizada en Cuba (Calero *et al.*, 2019). En la tabla ?? se reflejan resultados recientes que resaltan el potencial de la integración de los microorganismos eficientes a la producción agrícola.

### 3.3.3. El control biológico de plagas

El control biológico de plagas (CBP) es una estrategia sostenible que utiliza organismos naturales para gestionar plagas, reduciendo la dependencia de pesticidas químicos. Esta práctica mejora la salud del ecosistema al proteger organismos benéficos y minimizar la contaminación del suelo y el agua. Además, el CBP promueve cultivos más resistentes y resilientes y favorece la biodiversidad agrícola. Al fomentar métodos responsables y respetuosos con el medio ambiente, el control biológico contribuye a una producción agrícola más sostenible y equilibrada (Dara, 2019; Yousefi *et al.*, 2024).

El control biológico de plagas en el sistema agroalimentario cubano ha demostrado ser efectivo y sostenible, eliminando plaguicidas peligrosos y reduciendo su uso. Se destaca el enfoque en el control biológico aumentativo, con la reproducción de diversos agentes como parasitoides, entomopatógenos, antagonistas y nemátodos. Aunque la reproducción de ácaros depredadores es limitada, se han logrado avances significativos en el control biológico clásico y aumentativo. Estos logros han sentado bases sólidas para la conservación de enemigos naturales en la agricultura sostenible con bases agroecológicas en el país (Pérez-Consuegra *et al.*, 2018).

Por otra parte, se han desarrollado tecnologías para la producción masiva de agentes de control biológico,

Tabla 4: Efectos beneficiosos de los microorganismos eficientes en cultivos de interés económico. Fuente: Elaboración propia.

Espece	Dosis/ Espece	Vías de/ aplicación	Efectos	Referencia
<i>Daucus carota L.</i>	4, 8 y 10 mL m <sup>-2</sup>	Suelo	Manifiesta efectos positivos en el rendimiento y sus componentes. Aumenta los parámetros del crecimiento y el rendimiento de la planta.	Núñez-Sosa <i>et al.</i> (2017)
<i>Allium cepa L.</i>	5% v/v	Suelo	Aumenta el crecimiento y desarrollo y productividad de las plantas y una reducción significativa en el biocontrol de <i>Rhizoctonia solani</i> .	López-Dávila <i>et al.</i> (2017)
<i>Solanum lycopersicum L.</i>	5% v/v	Suelo	Incrementos positivos en los parámetros morfofisiológicos y el rendimiento.	López-Dávila <i>et al.</i> (2017)
<i>Raphanus sativus L.</i>	50mL L <sup>-1</sup>	Foliar	Mejora los parámetros del crecimiento y producción de plántulas y el rendimiento.	Hurtado <i>et al.</i> (2019)
<i>Solanum lycopersicum L.</i>	100mL L <sup>-1</sup>	Semilla foliar y la combinación	Aumenta el número de hojas y frutos, así como, la masa y longitud de los frutos y el rendimiento.	Calero Hurtado <i>et al.</i> (2019)
<i>Cucumis sativus L.</i>	100mL L <sup>-1</sup>	Suelo	Estimula los parámetros morfológicos y productivos en ambas variedades y la concentración de 100 mL L <sup>-1</sup> promovió los mejores resultados.	Calero <i>et al.</i> (2019)
<i>Phaseolus vulgaris L.</i>	0,50,200 y 200mg L <sup>-1</sup>	Foliar	Aumento del crecimiento y la productividad en época de siembra tardía	Calero Hurtado <i>et al.</i> (2018)
<i>Phaseolus vulgaris L.</i>	100mg L <sup>-1</sup>	Suelo y Foliar	Incrementa los indicadores morfoprodutivos y el rendimiento.	Calero Hurtado <i>et al.</i> (2022)
<i>Vigna unguiculata L.</i>	100mg L <sup>-1</sup>	Suelo y Foliar	Potencia la productividad del arroz	Calero Hurtado <i>et al.</i> (2020)
<i>Oryza sativa L.</i>	100mg L <sup>-1</sup>	Suelo		Calero Hurtado <i>et al.</i> (2020)

utilizados en cultivos importantes en más de 1.7 millones de hectáreas anualmente. La red de Estaciones Territoriales de Protección de Plantas ha operado desde 1973 en las principales regiones agrícolas, consolidando un sistema territorial de manejo de plagas integrado a la producción agropecuaria, con potencial para contribuir a la soberanía tecnológica y alimentaria del país (Vázquez & Pérez, 2017).

Existen varias experiencias donde se manifiestan los beneficios del control biológico de plagas y el manejo integrado, como tecnologías agroecológicas de impacto. Álvarez *et al.* (2020) analizaron el impacto de diferentes métodos de manejo integrado de plagas en varios cultivos. Los resultados indicaron que el policultivo con el control biológico, la siembra directa y la menor distancia entre hileras, contribuyeron a reducir los niveles poblacionales de plagas clave en cada cultivo.

Por otra parte, en el cultivo del aguacate se logra establecer el manejo de la plaga mediante el empleo de hongos entomopatógenos como salida encaminada a evitar el uso de plaguicidas en el control de la principal plaga de este cultivo en Cuba *Pseudacysta perseae* Heid (Morales Romero & Grillo Ravelo, 2020). Entre tanto, se determina el potencial de *Beauveria bassiana* 18 SOR como un candidato prometedor para el control de chinches en frijol común en condiciones tropicales como alternativa a los insecticidas químicos convencionales en programas de manejo integrado de plagas (MIP) y se prevé que el uso futuro de *B. bassiana* mejorará la sostenibilidad y reducirá los impactos ambientales asociados al uso de pesticidas (Ramos *et al.*, 2024). Otras investigaciones posicionan al control biológico de plagas como una de las alternativas agroecológicas más atractivas. Investigadores evaluaron el establecimiento artificial de *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos en plantas de maíz, y su efecto en el control de larvas del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Los resultados sugieren que los hongos entomopatógenos podrían contribuir a un manejo sustentable de *S. frugiperda* en la producción de maíz en Cuba (Ramos *et al.*, 2020).

Mientras, se determina que la aplicación de biopreparados entomopatógenos *Heterorhabditis indica* (Cepa P2M), *Beauveria bassiana* (Cepa LbB-32) y *Metarhizium anisopliae* (Cepa LbM-11) reduce significativamente la afectación de *Homoeosoma electellum*, principal plaga del girasol (Rivero Aragón & Grillo Ravelo, 2020) y se estudia el potencial de los Baculovirus para el manejo de plagas agrícolas en Cuba (Ayala & Henderson, 2017).

## 4. CONCLUSIONES

Diversas investigaciones indican que el cambio climático tiene un impacto significativo en los sistemas agrícolas, lo que afecta una gran parte de la población que depende directamente de la agricultura para su sustento y seguridad alimentaria, incluida Cuba. La implementación de los principios y prácticas agroecológicas en los sistemas agrícolas se presenta como una estrategia efectiva para adaptarse a este fenómeno y promover la sostenibilidad en los sistemas alimentarios locales.

Cuba ha sido pionera en el desarrollo y la implementación de prácticas agroecológicas, las cuales se han convertido en una herramienta crucial para enfrentar los desafíos del cambio climático en el sector agrícola. Entre las tecnologías agroecológicas más relevantes se encuentran el uso de abonos orgánicos, la aplicación de bioproductos y el control biológico de plagas. Estas innovaciones han sido objeto de exhaustivos estudios que impactan en cultivos de alto valor económico en el país, destacándose como prometedoras soluciones para promover la sostenibilidad agrícola.

A pesar de los avances logrados, existe la necesidad urgente de promover la adopción generalizada de sistemas agroecológicos en Cuba. Para alcanzar este objetivo, es esencial que se implementen políticas públicas y acciones concretas que fomenten y respalden activamente estas prácticas sostenibles. La creación de incentivos para la transición hacia la agroecología, el acceso a capacitación técnica especializada y el apoyo financiero para la adquisición de tecnologías apropiadas son algunas de las medidas que podrían contribuir significativamente a la expansión de la agroecología en el país.

## Contribución de los autores

Kolima Peña Calzada y Carlos Manuel Palau Rodríguez: conceptualización y diseño del estudio, análisis y redacción del manuscrito final; Yaima Hernández Beltrán, Leydi Casimiro Rodríguez y Rubén Viera Marín: análisis de la información y redacción del manuscrito original; Alexander Calero Hurtado y Thiago Feliph Silva Fernandes: elaboración de tablas y figuras, revisión de datos y redacción del manuscrito final; Juan Carlos Rodríguez Fernández: análisis de la bibliografía y redacción del manuscrito original.

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al proyecto institucional: Educación agroecológica y nutricional desde el proceso de formación de la Universidad de Sancti Spíritus José Martí en el contexto de la actualización del modelo económico y social cubano, código: NA223SS500-011.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## Referencias

- Abdulkadir, A., Maryam Lawal, A., & Muhammad, T. I. (2018). Climate change and its implications on human existence in Nigeria: a review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(2), 152. <https://doi.org/10.4314/bajopas.v10i2.26>

- Adeagbo, O. A., Ojo, T. O. & Adetoro, A. A. (2021). Understanding the determinants of climate change adaptation strategies among smallholder maize farmers in South-west, Nigeria. *Heliyon*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06231>
- Altieri, M. A. & Nicholls, C. I. (2020). Agroecology and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture. *Journal of Peasant Studies*, 881–898. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1782891>
- Álvarez, U. H., Cruz, A. L., Villarreal, A. C. & Almeida, A. R. (2020). Experiencias de manejo integrado de plagas en Cuba. Estudio de casos. *Centro Agrícola*, 47, 15–19.
- Alves, A. & Nenevé, M. (2019). Agroecology, the Interaction between Agriculture and Environment: An Example from Cuba. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(10), 216–221. <https://doi.org/10.22161/ijaers.610.33>
- Antomarchi, A., Fabré, T., Durán, S., & Meriño, Y. (2017). Efecto sobre el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de diferentesdosis de abono orgánico bocashi en condiciones agroecológicas. *Centro Agrícola*, 44(4), 37–42. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Apaza-Gomez, Y. M., Sucaticona, R. S. & Navarro, W. M. (2022). Calidad de abono orgánico obtenido a través de vermicomposteo de lodos residuales con lombriz (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*, 49(4), 14–25. [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V49-Numero\\_4/cag024222380.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V49-Numero_4/cag024222380.pdf)
- Aranda-Azaharez, R., Pérez Díaz, A., Bustamante González, C., & Rivera Espinosa, R. (2023). Beneficios de fuentes locales de nutrientes e inoculantes micorrízicos en microinjertos de *Theobroma cacao* L. *Cultivos Tropicales*, 44(4), 1–9. <https://cu-id.com/2050/v44n4e03>
- Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2), 95–96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B. & Jat, M. L. (2020). Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. In *Environment, Development and Sustainability*, 22(6). <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4>
- Ayala, J. L. S. & Henderson, D. (2017). Potencial De Los Baculovirus Para El Manejo De Plagas Agrícolas En Cuba. *Revista Centro Agrícola*, 44(3), 80–87. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Berhanu, A. A., Ayele, Z. B., Dagnew, D. C., Melese, T., Fenta, A. B. & Kassie, K. E. (2024). Smallholder farmers? vulnerability to climate change and variability: Evidence from three agroecologies in the Upper Blue Nile, Ethiopia. *Heliyon*, 10(7), e28277. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28277>

- Betancourt, M. (2020). The effect of Cuban agroecology in mitigating the metabolic rift: A quantitative approach to Latin American food production. *Global Environmental Change*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102075>
- 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(2). <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100540>
- Bezner Kerr, R., Postigo, J. C., Smith, P., Cowie, A., Singh, P. K., Rivera-Ferre, M., Tirado-von der Pahlen, M. C., Campbell, D. & Neufeldt, H. (2023). Agroecology as a transformative approach to tackle climatic, food, and ecosystemic crises. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 62, 101275. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101275>
- Bohan, D. A., Richter, A., Bane, M., Therond, O.,& Pocock, M. J. O. (2022). Farmer-led agroecology for biodiversity with climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(11), 927–930. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.07.006>
- Boudet, A. A., Boicet, F. T. & Meriño, H. Y. (2017). Respuesta productiva del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de abonos orgánicos. *Agrotecnia de Cuba*, 41(1), 25–30.
- Bover-Felices, K. & Suárez-Hernandez, J. (2020). Contribution of the agroecology approach in the functioning and structure of integrated agroecosystems. *Pastos y Forrajes*, 43(2), 102–111.
- Caicedo-Vargas, C., Pérez-Neira, D., Abad-González, J., & Gallar, D. (2023). Agroecology as a means to improve energy metabolism and economic management in smallholder cocoa farmers in the Ecuadorian Amazon. *Sustainable Production and Consumption*, 41(7), 201–212. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.08.005>
- Calero H., A., Quintero R., E., Pérez D., Y., Olivera V., D., Peña C., K., Castro L., I., & Jiménez H., J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 67–78. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.99>
- Calero Hurtado, A., Olivera Viciedo, D., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., Yáñez Simón, L. A., & Peña Calzada, K. (2020). Manejo de diferentes densidades de plantación y aplicación de microorganismos eficientes incrementan la productividad del arroz. *Idesia (Arica)*, 38(2), 109–117. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200109>
- Calero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., González-Pardo Hurtado, Y., Yanes Simón, L. A., Peña Calzada, K., Olivera Viciedo, D. & Meléndrez Rodríguez, J. F. (2020). Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 9(1), 112–124. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.82584>

- Calero Hurtado, A., Quintero Rodríguez, E., Olivera Vicedo, D., Pérez Díaz, Y., Castro Lizazo, I., Jiménez, J. & López Dávila, E. (2018). Respuesta De Dos Cultivares De Frijol Común a La Aplicación Foliar De Microorganismos Eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3), 5–10.
- Calero, H. A., Quintero, R. E. & Pérez, D. Y. (2019). Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino Efficient microorganism and lixiviate vermicompost applications increase the cucumber production. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 1–9.
- Calero-Hurtado, A., Pérez-Díaz, Y., Rodríguez-Lorenzo, M. & Rodríguez-González, V. (2022). Aplicación conjunta del consorcio microorganismos benéficos y FitoMas-E® incrementan los indicadores agronómicos del frijol. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2252>
- Canellas, L. P., Canellas, N. A., Val, F., Spaccini, R., Mazzei, P., & Olivares, F. L. (2024). Changes in Amino Acids Profile and Uptake on Maize Seedlings Treated with Protein Hydrolysates and Humic Substances. *Nitrogen*, 5(2), 439–454. <https://doi.org/10.3390/nitrogen5020028>
- Carballosa, O. F., Escobedo, M., Vilar, D. A. & Ojeda, E. (2023). Sostenibilidad de fincas en el municipio Contramaestre Sustainability of farms in Contramaestre. *Cultivos Tropicales*, 44(4), 1–5. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1753/3641>
- Casimiro, L. R. & Casimiro, J. A. G. (2018). How to make prosperous and sustainable family farming in Cuba a reality. *Elementa*, 6. <https://doi.org/10.1525/elementa.324.s1>
- Casimiro-Rodriguez, L. (2019). Estudio De La Resiliencia En La Agricultura Familiar De Montaña En El Macizo Guamuhaya, Cuba. *Eco Solar*, 67, 28–35. <http://ecosolar.cubaenergia.cu/index.php/ecosolar/article/view/70/96>
- Companioni, N., A., R.-N. & Sardiñas, J. (2018). Avances de la agricultura urbana, suburbana y familiar. *Agroecología*, 12(1), 9198. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330401>
- Corson, M. S., Mondière, A., Morel, L.,& Van der Werf, H. M. G. (2023). Au-delà de l'agroécologie: le réensemencement agricole, une perspective pour les systèmes d'élevage? *INRAE Productions Animales*, 36(3), 7714. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.3.7714>
- Cutiño-Mendoza, A., Vuelta-Lorenzo, D. R., Molina-Lores, L. B., Vargas-Batis, B., Fernández-Hechavarria, M. & Muste-lier-Ocle, M. C. (2022). Evaluación agronómica de 3 variedades de maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones edafoclimáticas de la finca 'El Porvenir' Del consejo popular 'La Coronú', Contramaestre. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 2(3), 49-58.
- Dar, A. A., Chen, Z., Rodríguez-Rodríguez, S., Haghightat, F. & González-Rosales, B. (2024). Assessing greenhouse gas emissions in Cuban agricultural soils: Implications for climate change and rice (*Oryza sativa* L.) production. *Journal of Environmental Management*, 353(1). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120088>

- Dara, S. K. (2019). The New Integrated Pest Management Paradigm for the Modern Age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw010>
- De La Cruz S., M. & Dessein, J. (2021). Beyond institutional bricolage: An 'intertwining approach' to understanding the transition towards agroecology in Peru. *Ecological Economics*, 187(7). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107091>
- Díaz, M. P., Triana, Y. V., Brizuela, P., Rodríguez, R. J., Giráldez, R. & Blanco, J. (2021). Soberanía alimentaria. *Universidad y Sociedad*, 13(5), 9–19. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n5/2218-3620-rus-13-05-9.pdf>
- Espinosa, W. A., Díaz, T. E. & Arteaga, O. R. (2022). Uso de zeolita y estiércol vacuno para el mejoramiento del suelo e incremento del rendimiento pecuario Use of zeolite and cattle manure for soil improvement and increase of livestock yield. *Centro Agrícola*, 49(4), 26–33. [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V49-Número\\_4/cag034222381.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V49-Número_4/cag034222381.pdf)
- Fernandez, M., Williams, J., Figueroa, G., Graddy-Lovelace, G., MacHado, M., Vazquez, L., Perez, N., Casimiro, L., Romero, G. & Funes-Aguilar, F. (2018). New opportunities, new challenges: Harnessing Cuba's advances in agroecology and sustainable agriculture in the context of changing relations with the United States. *Elementa*, 6. <https://doi.org/10.1525/elementa.337>
- Freitas, I. S., Trennepohl, B. I., Machado, T., Acioly, S., Justi, V., Mello, S. C., Neto, D. D., Kluge, R. A. & Azevedo, R. A. (2022). Exogenous Application of L-Arginine Improves Protein Content and Increases Yield of Pereskia aculeata Mill. Grown in Soilless Media Container. *Horticulturae*, 8(142), 2–11.
- Funes Aguilar, F. (2017). Reseña Sobre El Estado Actual De La Agroecología En Cuba. *Agroecología*, 12(1), 7–18.
- Galt, R. E., Pinzón, N., Robinson, N. I. & Baukloh Coronil, M. B. (2024). Agroecology and the social sciences: A half-century systematic review. *Agricultural Systems*, 216(June 2023). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103881>
- Gil, J. D. B., Cohn, A. S., Duncan, J., Newton, P., & Vermeulen, S. (2017). The resilience of integrated agricultural systems to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 8(4), 1–15. <https://doi.org/10.1002/wcc.461>
- Giraldo, O. F. (2024). The agroecological movement. A panoramic view. *The Journal of Peasant Studies*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/03066150.2024.2318463>
- González, J. S., Espinosa, R. R., Martínez, L. R. & Martín Alonso, G. (2020). The integration of amf inoculants, green manure and organo mineral fertilization, in banana plantations on calcic haplic phaeozems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(1).

- Goris, M. B., Silva Lopes, I., Verschoor, G., Behagel, J. & Botelho, M. I. V. (2021). Popular education, youth and peasant agroecology in Brazil. *Journal of Rural Studies*, 87(9), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.08.003>
- Hawes, C., Iannetta, P. P. M. & Squire, G. R. (2021). Agroecological practices for whole-system sustainability. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 16(5), 1–22. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202116005>
- He, Z., Ding, B., Pei, S., Cao, H., Liang, J. & Li, Z. (2023). The impact of organic fertilizer replacement on greenhouse gas emissions and its influencing factors. *Science of the Total Environment*, 905(23). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166917>
- Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., Calzada, K. P., Rodríguez, E. Q. & Viciedo, D. O. (2019). Efecto de tres bioestimulantes en el comportamiento morfológico y productivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 36(1), 54–73.
- Kansanga, M. M., Luginaah, I., Bezner Kerr, R., Lupafya, E. & Dakishoni, L. (2020). Beyond ecological synergies: examining the impact of participatory agroecology on social capital in smallholder farming communities. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 27(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1655811>
- Kansanga, Moses, M., Kangmennaang, J., Bezner Kerr, R., Lupafya, E., Dakishoni, L. & Luginaah, I. (2021). Agroecology and household production diversity and dietary diversity: Evidence from a five-year agroecological intervention in rural Malawi. *Social Science and Medicine*, 288(11). <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113550>
- Kumar, U., Kumar Nayak, A., Shahid, M., Gupta, V. V. S. R., Panneerselvam, P., Mohanty, S., Kaviraj, M., Kumar, A., Chatterjee, D., Lal, B., Gautam, P., Tripathi, R. & Panda, B. B. (2018). Continuous application of inorganic and organic fertilizers over 47 years in paddy soil alters the bacterial community structure and its influence on rice production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 262, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.016>
- Lahbouki, S., Hashem, A., Kumar, A., AbdAllah, E. F. & Meddich, A. (2024). Integration of Horse Manure Vermicompost Doses and Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Improve Fruit Quality, and Soil Fertility in Tomato Field Facing Drought Stress. *Plants*, 13(11), 1449. <https://doi.org/10.3390/plants13111449>
- Lestari, P. G., Yap Sinaga, A. O., Marpaung, D. S. S., Nurhayu, W. & Oktaviani, I. (2024). Application of organic fertilizer for improving soybean production under acidic stress. *Oil Crop Science*, 9(12), 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2024.02.001>

Leyva, G. A., López, R. Y., Salomón, D. J. L. & Terry, A. E. (2023). Producción agroecológica de papa (*Solanum tuberosum* L.) con semilla sexual y uso de alternativas nutricionales. *Cultivos Tropicales*, 4(3), 1–4.

Liang, J. P., Xue, Z. Q., Yang, Z. Y., Chai, Z., Niu, J. P. & Shi, Z. Y. (2021). Effects of microbial organic fertilizers on *Astragalus membranaceus* growth and rhizosphere microbial community. *Annals of Microbiology*, 71(1). <https://doi.org/10.1186/s13213-021-01623-x>

Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z. & Lin, W. (2019). The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PLoS ONE*, 14(5), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217018>

López Dávila, E., Calero Hurtado, A., Gómez León, Y., Gil Unday, Z., Henderson, D. & Jimenez, J. (2017). Efecto agronómico del biosólido en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*): control biológico de *Rhizoctonia solani* TT - Agronomic effect of the biosolid in tomato cultivation (*Solanum lycopersicum*): biological control of *Rhizoctonia solani*. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 13–23. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362017000100002&lang=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000100002&lang=pt)

López-Dávila, E., Unday, Z. G., Henderson, D., Calero, A. & Jiménez, J. (2017). Uso de efluente de planta de biogás y microorganismos eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepa* L., cv. 'Caribe-71'). *Cultivos Tropicales*, 38(4), 7–14.

Lucantoni, D., Sy, M. R., Goïta, M., Veyret-Picot, M., Vicovaro, M., Bicksler, A. & Mottet, A. (2023). Evidence on the multidimensional performance of agroecology in Mali using TAPE. *Agricultural Systems*, 204(9). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103499>

Ma, K., Wang, Y., Jin, X., Zhao, Y., Yan, H., Zhang, H., Zhou, X., Lu, G. & Deng, Y. (2022). Application of Organic Fertilizer Changes the Rhizosphere Microbial Communities of a Gramineous Grass on Qinghai-Tibet Plateau. *Microorganisms*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10061148>

Machado, M. R. (2023). Smallholder farming for sustainable development: lessons on public policy from the Cuban agroecological transition. *Journal of Peasant Studies*, 50(5), 1878–1898. <https://doi.org/10.1080/03066150.2022.2072214>

Malhi, G. S., Kaur, M. & Kaushik, P. (2021). Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su13031318>

Meena, V. S., Meena, S. K., Verma, J. P., Kumar, A., Aeron, A., Mishra, P. K., Bisht, J. K., Pattanayak, A., Naveed, M. & Dotaniya, M. L. (2017). Plant beneficial rhizospheric microorganism (PBRM) strategies to improve nutrients use efficiency: A review. *Ecological Engineering*, 107, 8–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.058>

- Méndez, V. E. & Hernández, J. R. (2019) Agrobiodiversidad y agroecología, de la mano hacia sistemas agroalimentarios más ecológicos y justos. *LEISA*, 35(2), 16–17.
- Mohedano, M. R., Casimiro, L. & García, I. (2023). Economía circular y agroecología, pilares hacia la soberanía alimentaria y educación nutricional en Cuba. *ECO SOLAR*, 83, 1–9. <https://ecosolar.cubaenergia.cu/index.php/ecosolar/article/view/131/264>
- Morales Romero, L. & Grillo Ravelo, H. (2020). La chinche de encaje del aguacatero: *Pseudacysta perseae* ( Heid.) ( Hemiptera: Tingidae ). Bioecología y lucha biológica en las condiciones de Cuba. *Centro Agrícola*, 47, 59–62. [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V47-Numero\\_E/cag12NE20.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V47-Numero_E/cag12NE20.pdf)
- Moya García, A. L. & Agüero Contreras, F. C. (2023). Vista de Estudio socioantropológico de la agricultura urbana y cultura nutricional desde percepciones socioculturales en Cienfuegos. *Revista Conrado*, 19(93), 360–373. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/3198/3062>
- Muchane, M. N., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., Jonsson, M., Pumariño, L. & Barrios, E. (2020). Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 295(11). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106899>
- Muluneh, M. G. (2021). Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective-a review article. *Agriculture and Food Security*, 10(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00318-5>
- Najm, E., Mugnier, M. L., Gary, C., Baget, J. F., Métral, R. & Garcia, L. (2024). Integrating data and knowledge to support the selection of service plant species in agroecology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 217(12). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108594>
- Nicholls, C. I. & Altieri, M. A. (2018). Caminos para la Amplificación de la Agroecología. *Boletín Científico 1*, CELIA Ediciones. Medellín, Colombia, 5–9.
- Nogué, F., Causse, M., Debaeke, P., Déjardin, A., Lemarié, S., Richard, G., Rogowsky, P. & Caranta, C. (2024). Can genome editing help transitioning to agroecology? *IScience*, 27(3), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109159>
- Noval-Pons, B. M. De, Alvarado-Ruffo, K., Blanco-Imbert, A., Martín-Alonso, G. M., Furrazola, E., Capdesuñer-Rojas, R. & Matos-Thompson, K. (2022). Hongos micorrizógenos arbusculares y niveles de abonado orgánico en la obtención de posturas de coco. *Cultivos Tropicales*, 43(4), 1–7. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1705/3379>
- Noya, I., González-García, S., Bacenetti, J., Fiala, M. & Moreira, M. T. (2018). Environmental impacts of the cultivation-phase associated with agricultural crops for feed production. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3721—3733. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.132>

Núñez-Sosa, B. D., González, R. L., Pérez Hernández, Y., Placeres espinosa, I. & Sianeh Zawolo, G. (2017). Respuesta de *Daucus carota*, L. a la aplicación de microorganismos nativos en condiciones de organopónico. *Centro Agrícola*, 44(2), 7.

Odales, L., López, E., López, L. M., Jiménez, J. & Barrera, E. L. (2020). Biofertilizer potential of digestates from small-scale biogas plants in the Cuban context. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 37(2), 14–26. <https://doi.org/10.22267/rcia.203702.134>

Palomo-Campesino, S., García-Llorente, M., Hevia, V., Boeraeve, F., Dendoncker, N., & González, J. A. (2022). Do agroecological practices enhance the supply of ecosystem services? A comparison between agroecological and conventional horticultural farms. *Ecosystem Services*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101474>

Palomo-Campesino, S., González, J. A. & García-Llorente, M. (2018). Exploring the connections between agroecological practices and ecosystem services: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/su10124339>

Peña Calzada, K., Olivera Viciedo, D., Habermann, E., Calero Hurtado, A., Lupino Gratão, P., De Mello Prado, R., Lata-Tenesaca, L. F., Martínez, C. A., Ajila Celi, G. E., & Rodríguez, J. C. (2022). Exogenous Application of Amino Acids Mitigates the Deleterious Effects of Salt Stress on Soybean Plants. *Agronomy*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy12092014>

Pérez-Consuegra, N., Mirabal, L., & Jiménez, L. C. (2018). The role of biological control in the sustainability of the Cuban agri-food system. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 6(79), 2–15. <https://doi.org/10.1525/elementa.326>

Pickering, C. & Byrne, J. (2014). The benefits of publishing systematic quantitative literature reviews for PhD candidates and other early-career researchers. *Higher Education Research and Development*, 33(3), 534–548. <https://doi.org/10.1080/07294360.2013.841651>

Pickering, C., Grignon, J., Steven, R., Guitart, D., & Byrne, J. (2014). Publishing not perishing: How research students transition from novice to knowledgeable using systematic quantitative literature reviews. *Studies in Higher Education*, 40(10), 1756–1769. <https://doi.org/10.1080/03075079.2014.914907>

Porcuna-Ferrer, A., Calvet-Mir, L., Faye, N. F., Klappoth, B., Reyes-García, V. & Labeyrie, V. (2024). Drought-tolerant indigenous crop decline in the face of climate change: A political agroecology account from south-eastern Senegal. *Journal of Rural Studies*, 105(9). <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103163>

Puglia, D., Pezzolla, D., Gigliotti, G., Torre, L., Bartucca, M. L., & Del Buono, D. (2021). The opportunity of valorizing agricultural waste, through its conversion into biostimulants, biofertilizers, and biopolymers. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–26. <https://doi.org/10.3390/su13052710>

- Quintero, E. R., Hurtado, A. C., Díaz, Y. P., & Gómez, L. E. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común Effect of different biostimulants in the yields of common beans. *Centro Agrícola*, 45(3), 73–80.
- Ramos, Y., Portal, O., Meyling, N. V. & Klingen, I. (2024). Biological control potential of two Beauveria bassiana isolates against the stink bugs *Nezara viridula* L. and *Piezodorus guildinii* Westwood (Hemiptera: Pentatomidae) in common bean. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00787-3>
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A. & Portal, O. (2020). Endophytic establishment of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y. & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Reyes-Pérez, J. J., Pérez-Santo, M., Sariol-Sánchez, D. M., Enríquez-Acosta, A. E., Bermeo-Toledo, C. R., & Llerena Ramos, L. T. (2019). Respuesta agroproductiva del arroz var. INCA LP-7 a la aplicación de estiércol vacuno Agropredictive response of rice var. INCA LP-7 to application of cow manure. *Centro Agrícola*, 46(3), 39–48. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Rivero Aragón, A., & Grillo Ravelo, V. H. (2020). Un enfoque agroecológico para el control de la polilla del girasol. *Centro Agrícola*, 47(1), 5–9. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852020000500005&lang=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000500005&lang=pt)
- Rodríguez-Alfaro, M., Muñiz-Ugarte, O., Nascimento, C. W. A. & Montero-Álvarez, A. (2022). Rangos permisibles de Cadmio y Plomo en abonos orgánicos utilizados en la producción de alimentos. *Cultivos Tropicales*, 43(1). <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1637/3220>
- Rodríguez-Fernández, P., & Sánchez-Mora, C. (2021). Producción ecológica de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en las condiciones edafoclimáticas del III Frente. *Ciencia en su PC*, 2, 60–70.
- Sabourin, E. (2017). Políticas públicas para a agroecología na América Latina e Caribe. Seminário Ciclo de Debates 'Diálogos Entre Campos' 7 p. <http://agritrop.cirad.fr/585636/1/PoliticaspublicasparaagroecologianaAméricaLatinaeCaribe.pdf%0Ahttp://fup.unb.br/ppgmader/2017/08/29/dialogos-entre-campos/>
- Sarduy Díaz, M., Díaz Aguila, I., Castellanos González, L., Soto Ortiz, R. & Pérez Rodríguez, Y. (2017). Sustratos y soluciones nutritivas para la obtención de plántulas de pimiento y su influencia en la producción en cultivos protegido. *Centro Agrícola*, 43(4), 42–48.

- Sevillano-Caño, J., García, M. J., Córdoba-Galván, C., Luque-Cruz, C., Agustí-Brisach, C., Lucena, C., Ramos, J., Pérez-Vicente, R., & Romera, F. J. (2024). Exploring the Role of Debaryomyces hansenii as Biofertilizer in Iron-Deficient Environments to Enhance Plant Nutrition and Crop Production Sustainability. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(11), 5729. <https://doi.org/10.3390/ijms25115729>
- Shahzad, A., Ullah, S., Dar, A. A., Sardar, M. F., Mehmood, T., Tufail, M. A., Shakoor, A. & Haris, M. (2021). Nexus on climate change: agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 14211–14232. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12649-8>
- Sijpesteijn, G. F., Wezel, A., & Chriki, S. (2022). Can agroecology help in meeting our 2050 protein requirements? *Livestock Science*, 256(6). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104822>
- Skendzic, S., Zovko, M., Zivkovic, I. P., Lesic, V., & Lemic, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. In *Insects*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Stratton, A. E., Wittman, H., & Blesh, J. (2021). Diversification supports farm income and improved working conditions during agroecological transitions in southern Brazil. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00688-x>
- Terry-Alfonso, E., González, E. Y., & Martínez, R. Y. (2023). Prácticas agroecológicas para incrementar la productividad en fincas agrícolas de Cuba. *Investigación Agraria*, 25(1), 32–38.
- Terry-Alfonso, E., Ruiz-Padrón, J., Armas, M. M. D., & Carrillo-Sosa, Y. (2022). Vista de Efecto del vermicompost sobre la productividad biológica y agrícola del cultivo de la col (*Brassica oleracea* L.). *Cultivos Tropicales*, 43(3), 1–7. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1686/3335>
- Torres, M. G. T., Garcia, T. L., Blanco, Y. G. P., Lopez, L. A. T., Machado, R. G., Jaguaco, W. R. G., & Batista, E. L. (2018). Productive response of Glycine max to different doses of organic fertilizers in Cambisol soil. *Centro Agrícola*, 45(3), 37–43.
- Van der Ploeg, J. D., Barjolle, D., Bruij, J., Brunori, G., Costa Madureira, L. M., Dessein, J., Drag, Z., Fink-Kessler, A., Gasselin, P., Gonzalez de Molina, M., Gorlach, K., Jürgens, K., Kinsella, J., Kirwan, J., Knickel, K., Lucas, V., Marsden, T., Maye, D., Migliorini, P., ..., Wezel, A. (2019). The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe. *Journal of Rural Studies*, 71(9), 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.09.003>
- Vázquez, L., & Pérez, N. (2017). El Control Biológico Integrado Al Manejo Territorial De Plagas De Insectos En Cuba. In *Agroecología*, 12(1), 39–46.
- Vikas, & Ranjan, R. (2024). Agroecological approaches to sustainable development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1405409>

- Wakweya, R. B. (2023). Challenges and prospects of adopting climate-smart agricultural practices and technologies: Implications for food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14(1). <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100698>
- Wanger, T. C., DeClerck, F., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Kleijn, D., Klein, A. M., Kremen, C., Mooney, H., Perfecto, I., Powell, L. L., Settele, J., Solé, M., Tscharntke, T., & Weisser, W. (2020). Integrating agroecological production in a robust post-2020 Global Biodiversity Framework. *Nature Ecology and Evolution*, 4(9), 1150–1152. <https://doi.org/10.1038/s41559-020-1262-y>
- Yousefi, M., Marja, R., Barmettler, E., Six, J., Dray, A. & Ghazoul, J. (2024). The effectiveness of intercropping and agri-environmental schemes on ecosystem service of biological pest control: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 44(2), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s13593-024-00947-7>
- Zeng, S., Li, J. & Wanger, T. C. (2023). Agroecology, technology, and stakeholder awareness: Implementing the UN Food Systems Summit call for action. *IScience*, 26(9), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107510>