

Construyendo sistemas sostenibles para el futuro por medio de la innovación **agroecología** y **agricultura familiar**

Daisy Leticia Ramírez Monzón

Ernesto José Bernal Gini

Héctor Casiano Piris da Motta Amaral

Organizadores



2026



Daisy Leticia Ramírez Monzón
Ernesto José Bernal Gini
Héctor Casiano Piris da Motta Amaral
Organizadores

**Construyendo sistemas sostenibles
para el futuro por medio de la
innovación agroecología y agricultura
familiar**



Pantanal Editora

2026

Copyright© Pantanal Editora

Editor Jefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Ejecutivos: Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diseño: El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

Consejo editorial

Grado académico y nombre	Institución
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos	OAB/PB
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu	Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois	UO (Cuba)
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior	IF SUDESTE MG
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña	Facultad de Medicina (Cuba)
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia	ISCM (Cuba)
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo	UEA
Prof. Dr. Caio Cesar Ensede de Abreu	UNEMAT
Prof. Dr. Carlos Nick	UFV
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia	AJES
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos	UFGD
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva	UEMS
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos	IFPA
Prof. MSc. David Chacon Alvarez	UNICENTRO
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira	IFMT
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira	UFMG
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão	URCA
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves	ISEPAM-FAETEC
Prof. Me. Ernane Rosa Martins	IFG
Prof. Dr. Fábio Steiner	UEMS
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza	UFF
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez	(Colômbia)
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles	UNAM (Peru)
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira	IFRR
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto	UCG (México)
Prof. MSc. João Camilo Sevilla	Rede Municipal de Niterói (RJ)
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales	UNMSM (Peru)
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski	UFMT
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira	SED Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques	UEMA
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes	IFB
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patrícia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes	UFG
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (<i>In Memoriam</i>)	UEMA
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos	IFB
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues	Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Prof. Dr. Ugur Azizoglu	Universidade Kayseri, Türkiye
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca	UFPI
Prof. MSc. Weslen Vilar Nogueira	FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix	UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme	UFT

Consejo Científico Técnico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

Catalogación en publicación
Elaborada por la Bibliotecaria Janaina Ramos – CRB-8/9166

C758

Construyendo sistemas sostenibles para el futuro por medio de la innovación agroecología y agricultura familiar / Organización de Daisy Leticia Ramírez Monzón, Ernesto José Bernal Gini, Héctor Casiano Piris da Motta Amaral. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2026.
135p. ; il.

Libro en formato PDF

ISBN 978-65-85756-84-6

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756846>

1. Agroecología. 2. Agricultura familiar. 3. Desarrollo sostenible. I. Ramírez Monzón, Daisy Leticia (Organizadora). II. Bernal Gini, Ernesto José (Organizador). III. Amaral, Héctor Casiano Piris da Motta (Organizador). IV. Título.

CDD 631.58

Índice del catálogo sistemático

I. Agroecología



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Presentación

La agricultura familiar y la agroecología constituyen pilares fundamentales para la construcción de sistemas productivos sostenibles, resilientes y capaces de responder a los desafíos que enfrenta la sociedad. En un escenario marcado por el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la degradación de los recursos naturales y la creciente demanda de alimentos, resulta imprescindible generar y difundir conocimientos que contribuyan al fortalecimiento del desarrollo rural y a la sostenibilidad de los agroecosistemas.

La obra *Construyendo sistemas sostenibles para el futuro por medio de la innovación agroecología y agricultura familiar*, reúne contribuciones científicas que abordan, desde diferentes perspectivas, temas relacionados con la producción sostenible, la conservación de los recursos naturales, la innovación agrícola, la seguridad alimentaria y el papel estratégico de la agricultura familiar en el desarrollo de los territorios. Los capítulos que integran este libro vinculan el conocimiento científico con la realidad nacional paraguaya, analizando problemáticas, desafíos y oportunidades que afectan directamente al sector agropecuario y a las comunidades rurales del país.

A través de investigaciones, análisis y reflexiones, los autores presentan evidencias que permiten comprender mejor la importancia de fortalecer sistemas productivos más equilibrados, productivos y ambientalmente responsables. Asimismo, se destaca la necesidad de integrar la investigación, la extensión universitaria y las políticas públicas como herramientas esenciales para impulsar transformaciones positivas en el medio rural paraguayo, donde aún persisten importantes desafíos relacionados con la sostenibilidad, la inclusión productiva y el acceso a la innovación.

Esperamos que esta obra aporte a la generación y difusión de conocimientos científicos y experiencias aplicadas sobre agroecología y agricultura familiar, promoviendo la reflexión crítica y el fortalecimiento de estrategias productivas sostenibles que favorezcan la conservación de los recursos naturales, la seguridad alimentaria, la resiliencia de los sistemas agropecuarios y el desarrollo rural sostenible en Paraguay.

Los Organizadores

Capitulación

Presentación	4
Capítulo I	6
Contexto global y desafíos de la Agricultura Familiar; Un análisis bibliométrico de la producción científica mundial (2010–2025)	6
Capítulo II	18
Fundamentos de la agroecología aplicada: principios, prácticas e indicadores para la transición hacia sistemas agrícolas sostenibles	18
Capítulo III	32
Análisis comparativo de los instrumentos legales y experiencias territoriales sobre agroecología, suelo y agua en América Latina	32
Capítulo IV	49
Conservación, manejo y mejoramiento de semillas como eje estratégico de la sostenibilidad agrícola ante el cambio climático	49
Capítulo V	64
Producción agroecológica en huertas familiares: prácticas sostenibles para la seguridad alimentaria	64
Capítulo VI	81
Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura familiar	81
Capítulo VII	92
Comercialización y economía de la agricultura familiar	92
Capítulo VIII	106
Innovación, extensión y políticas públicas para la sostenibilidad en Paraguay	106
Capítulo VIII	124
Tecnología satelital aplicada a la agricultura para monitoreo, sostenibilidad y productividad en sistemas agrícolas modernos	124
Índice	132
Los organizadores	134

Contexto global y desafíos de la Agricultura Familiar; Un análisis bibliométrico de la producción científica mundial (2010–2025)

 10.46420/9786585756846cap1

Fernando Ariel Delvalle Quiñonez 

INTRODUCCIÓN

La agricultura familiar históricamente se centra en el trabajo de la familia para obtener productos para su subsistencia, así como para la comercialización de los excedentes de la producción y generar algunos ingresos para los gastos de la familia; (García et al., 2025). Una de las características tradicionales de la agricultura familiar es la resiliencia al cambio, aunque siempre está relacionado y expuesto a los distintos cambios socioambientales (Barría et al., 2024).

A pesar de que la Agricultura familiar tienen gran relevancia a nivel general no está posicionado en el lugar que debería estar por su importancia estratégica en la alimentación y en la forma de vida de tantas personas.

En vista a esto, la Declaración del Año Internacional de la Agricultura Familiar en el 2014, por las Naciones Unidas representó un paso hacia la visualización del área, sin embargo eso fue solo uno de los pasos, siendo necesario mayor visibilidad, mayor investigación y apoyo a un sector de grandísima importancia en la seguridad alimentaria a nivel mundial (Graeub et al., 2016).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2014), más de 500 millones de explotaciones familiares a lo largo del mundo se dedican a la producción de alimentos, aportando la mayor parte de los productos para la alimentación global.

Conforme mencionado por Salcedo y Guzmán (2014), la agricultura familiar constituye uno de los principales protagonistas dentro del esfuerzo de los países en erradicar el hambre en América Latina siendo fundamentalmente clave ya que según los números el 80% de las explotaciones están dadas por lo pequeños productores involucrando directamente a 60 millones de personas, siendo capaz de dar empleo en las zonas rurales, mencionando que las producciones son bien diversificadas en diferentes rubros agrícolas formando parte fundamental de la canasta básica para la alimentación interna de los países de la región, y la diversidad de alimentos fomenta la riqueza en la biodiversidad y fomenta sistemas alimentarios sostenibles.

Sin embargo, Riquelme (2016), plantea que la agricultura familiar latinoamericana cuenta con algunos problemas relacionados a la producción, como la capacidad que tienen para elevar la productividad y generar mayor competencia, de los varios países de la región que tienen fuerte arraigo de producción de pequeños agricultores, entre ellos el que posee más es Paraguay, que tiene oportunidades para desarrollarse, sin embargo con algunas falencias como la seguridad alimentaria, el acceso al título de tierra, generación de empleo a jóvenes y efectos ambientales, su forma de producción está relacionada a un grupo social que se le denomina como campesina.

Además, los desafíos que afronta la agricultura familiar a nivel mundial son numerosos, según Ogada et al. (2020), el cambio climático es uno de ellos, donde el aumento de las temperaturas y el cambio en el régimen de las lluvias afecta indudablemente la supervivencia de las poblaciones más vulnerables y que no cuentan con las tecnologías capaces de amortiguar esos cambios, por lo que resulta fundamental mitigar estos impactos para asegurar el sustento de quienes se dedican a la agricultura.

Otro punto clave en esta discusión es el envejecimiento de la población rural, fenómeno que representa una problemática creciente a nivel global en especial en la agricultura familiar.

Al respecto, Ren et al. (2023), mencionan casos como China, donde el envejecimiento de la fuerza de las personas que trabajan en el área agrícola ha impactado negativamente la productividad en aproximadamente un 4%, afectando la eficiencia productiva.

A esto se suma la reducción del número de explotaciones agrícolas, producto de los procesos de transferencia de tierras, y el deterioro por el mal manejo de la fertilidad del suelo, factores que en conjunto han afectado la economía rural y reducido los ingresos de los agricultores hasta en un 15%. Al abordar la agricultura familiar, resulta imprescindible considerar el fuerte sentido de pertenencia que los productores desarrollan hacia sus fincas, entendidas no solo como espacios de trabajo y producción, sino también como ámbitos de vida, identidad y arraigo familiar (Ellis y Albrecht, 2017). En concordancia con esta perspectiva, la FAO y el FIDA (2019), presentaron el Plan de acción mundial del Decenio de las Naciones Unidas para la Agricultura Familiar (2019–2028), orientado a promover un conjunto de medidas concretas destinadas a fortalecer la agricultura familiar, mejorar sus condiciones de desarrollo y reconocer su contribución a la sostenibilidad de los sistemas alimentarios.

En este contexto, los estudios bibliométricos han cobrado relevancia como herramientas metodológicas que permiten analizar la evolución del conocimiento científico, identificar tendencias emergentes y reconocer a los principales actores (Öztürk et al., 2024), en el campo de la agricultura familiar.

Delante de ello, el estudio tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico de la producción científica global sobre la Agricultura Familiar durante el período 2010-2025, con el propósito de evaluar el avance del conocimiento científico tras la declaración del Año Internacional de la Agricultura Familiar, (Graeub et al., 2016). Para ello, se identifican y analizan los principales indicadores bibliométricos,

incluyendo los autores más relevantes, las redes de coautoría, el desarrollo semántico de la literatura y la producción científica por países.

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque del estudio fue de carácter cuantitativo implementando métodos de bibliometría para el análisis de la producción científica en el contexto global y desafíos de la Agricultura Familiar. El diseño es de carácter retrospectivo y descriptivo, y recurre al mapeo científico como herramienta para identificar las principales áreas de investigación, los temas semánticos emergentes y los autores más relevantes en la materia (Vela Melendez et al., 2025).

Este tipo de análisis permite describir las características centrales del campo y rastrear la evolución del conocimiento a lo largo del tiempo (Öztürk et al., 2024). La búsqueda bibliográfica se realizó en *Scopus*, la cual es una de las bases de datos más prestigiosas y completas que garantiza la presencia de documentos indexados (Baas et al., 2020).

Se emplearon términos clave, estableciendo como criterio de inclusión que el termino Agricultura Familiar estuvieran presentes en el título, y el eje relacionado con el contexto global y desafíos debía estar presente en el título, el resumen y las palabras clave de cada documento, hasta el año 2025.

La primera búsqueda arrojó como resultado un total de 62,038 documentos sin utilizar los criterios de inclusión como que la palabra estuviera presente en el título. Después fueron excluidos aquellos documentos que no cumplían con los criterios de presencia de términos en la ecuación de búsqueda, considerándolos parte del ruido documental, así como los documentos del año 2026, dado que la carga de documentos en *Scopus* aún se encuentra incompleta para el presente año.

Tras todos los filtros se obtuvo una cantidad de 823 documentos que fue descargado en formato CSV, estos fueron los documentos que se utilizaron para los análisis tanto en bibliometrix(Aria & Cuccurullo, 2017)y VOSviewer, (van Eck & Waltman, 2010), utilizado para redes de colaboración.

Ecuación de busqueda:

TITLE (“family farm*” OR “smallholder farm*” OR “agricultura familiar” OR “agricultura campesina”) AND TITLE-ABS-KEY (“global context” OR “international perspective” OR “global trend*” OR “challenge*” OR “desafío*” OR “reto*” OR “Latin America*” OR “América Latina“ OR “South America*” OR “Suramérica”) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2026 AND (EXCLUDE (DOCTYPE , “cp”) OR EXCLUDE (DOCTYPE , “dp”) OR EXCLUDE (DOCTYPE , “sh”) OR EXCLUDE (DOCTYPE , “er”)) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2024

Identificación de estudios a través de bases de datos y registros

**Busqueda inicial generada en
Scopus:
N: 62,038**

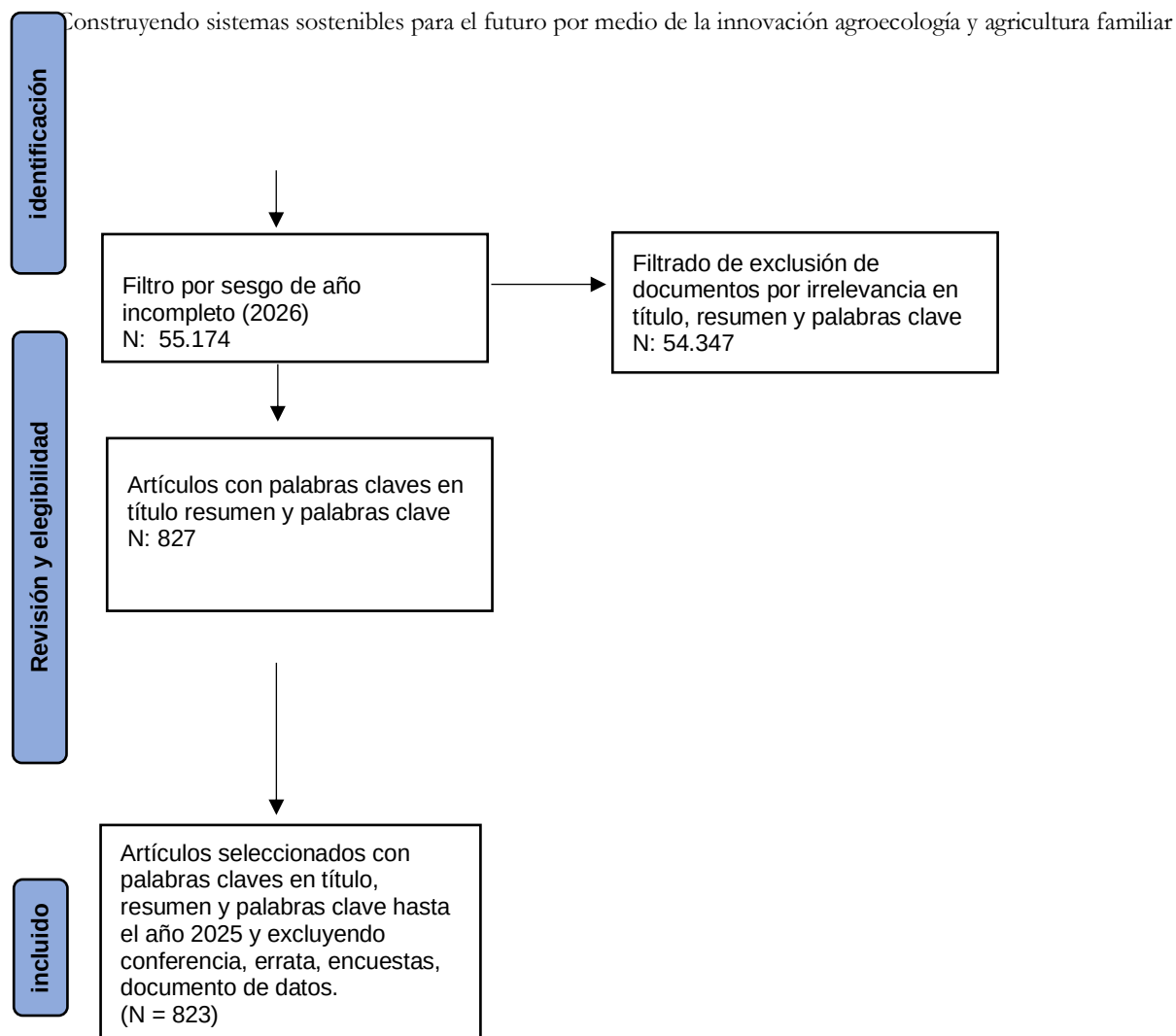


Figura 1. Búsqueda para identificación de estudios dentro de bases de datos de *Scopus*. Proceso de selección adaptado con base en PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presenta la revisión bibliométrica sobre Contexto global y desafíos de la Agricultura Familiar, donde se procesó un total de 823 documentos entre 2010 y 2025, provenientes de 438 fuentes, lo que denota una amplia variedad de fuentes relacionadas al tema de estudio. La colección presenta una tasa de crecimiento anual del 22,55%, coherente con el interés creciente y el apoyo de instituciones como la FAO para el cumplimiento de la agenda de desarrollo sostenible 2030 (FAO & FIDA, 2019).

Tabla 1. Información general de la colección analizada sobre el Contexto Global y desafíos de la Agricultura Familiar (Scopus, 2010–2025). Fuente: Datos extraídos de *Scopus*.

DESCRIPTION	RESULTS
-------------	---------

MAIN INFORMATION ABOUT DATA	
Timespan	2010:2025
Sources (Journals, Books, etc)	438
Documents	823
Annual Growth Rate %	22.55
Document Average Age	4.9
Average citations per doc	21.64
References	103789
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	2076
Author's Keywords (DE)	2344
AUTHORS	
Authors	3136
Authors of single-authored docs	81
AUTHORS COLLABORATION	
Single-authored docs	81
Co-Authors per Doc	4.32
International co-authorships %	43.86
Review	81

Fuente: Datos extraídos de Scopus y procesados mediante Bibliometrix (R). Elaboración propia.

El número medio de citas por documento es de 21.64, lo que indica un alto impacto siendo uno de los indicadores más importantes (Hicks et al., 2015), complementando la media de los documentos de la colección es de 4,9, refleja la vigencia, el contenido de palabras refleja buena diversidad con 2.076 palabras claves plus (ID), y 2.347 palabras clave de autor (DE), lo que demuestra que hay riqueza en el tema de estudio. Además, la colección evidencia una colaboración científica internacional que alcanzó 43,86%, con 4,32 coautores promedio por documento, lo que evidencia la presencia de varios autores por documento y la colaboración entre los distintos países.

Tabla 2. Autores más relevantes de la colección analizada sobre el Contexto Global y desafíos de la Agricultura Familiar (*Scopus*, 2010–2025). Fuente: Datos extraídos de Scopus. h-índice: productividad e impacto acumulado; m-índice: impacto normalizado por años de actividad. Elaboración propia.

Autores	h_index	m_index	Total de citas	Número de publicaciones	Año de inicio
---------	---------	---------	----------------	-------------------------	---------------

WANG C	7	0,63	1040	7	2016
ZHANG F	7	0,63	2075	7	2016
CUI Z	5	0,45	2010	5	2016
LIU Y	5	0,55	1337	5	2018
GILLER KE	4	0,28	231	4	2013
LUGINAAH I	4	0,33	183	4	2015
ZHANG H	4	0,36	1870	4	2016
ABDOULAYE T	3	0,3	146	3	2017
AYELE ZB	3	1	82	3	2024
AYISI KK	3	0,42	34	3	2020

La productividad científica se evalúa mediante indicadores de impacto como el índice h y el índice m. El índice h mide la productividad y el impacto de un autor, mientras que el índice m se encarga de evaluar según los años de actividad de publicación, permitiendo comparar trayectorias académicas de diferente duración en condiciones de igualdad (Roldan-Valadez et al., 2019), y según lo observado en la tabla 2, el autor con más relevancia en base a los artículos analizados es Zhang, F y Wang, C, con un índice h de 7 y un índice m de 0,63 para ambos autores así como que cuentan 7 publicaciones cada uno y un total de 2075 y 1040 citas respectivamente.

Según se observa en la figura 2, sobre la coocurrencia de palabras clave de la colección, donde en este caso los nodos representan a las palabras claves, cuyo tamaño representa la frecuencia de aparición y las líneas representan la aparición que tuvieron en el mismo documento, cuanto más gruesa y corta es la línea, mayor es la intensidad de coocurrencia entre los términos vinculados (van Eck & Waltman, 2010), añadiendo que la escala de colores de los nodos que oscila entre violeta, azul claro y amarillo, buscando representar el promedio del año donde los colores más fríos son antes del 2019 los moderados son entre el 2021-2022 y los más cálidos con tono amarillo los más recientes desde el 2023 acercándose a la actualidad, lo cual nos permite identificar los términos ya consolidados con los temas emergentes (Corsi et al., 2022).

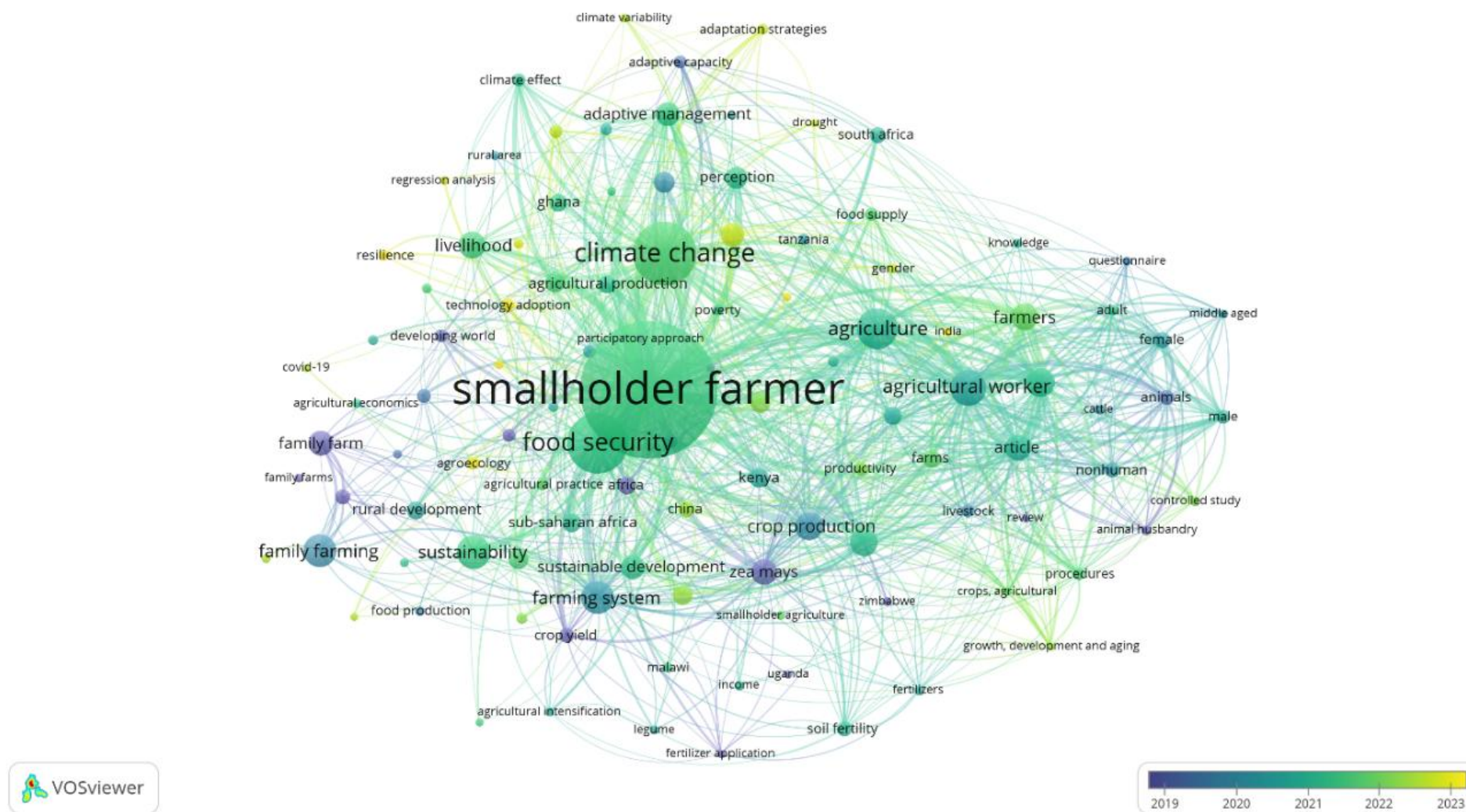


Figura 2. Desarrollo semántico de co-ocurrencia de palabras clave sobre el Contexto Global y desafíos de la Agricultura Familiar (*Scopus*, 2010–2025). Fuente: Frecuencias estimadas basadas en el análisis de co-ocurrencia de palabras clave en VOSviewer. Los períodos predominantes son aproximados. Elaboración propia.

El análisis de la red revela un nodo central de tamaño notablemente superior al resto, correspondiente al término *Smallholder Farmer* o pequeño agricultor. Lo que tiene coherencia ya que ellos son las personas claves en el desarrollo de la agricultura familiar, las personas que trabajan y los que producen los alimentos (Lowder et al., 2016), no pudiendo mencionar la estrecha relación que tiene con los términos seguridad alimentaria y cambio climático, que son claves cuando se habla de Agricultura familiar. Además, términos como producción agrícola, desarrollo sostenible y pobreza aparecen como nodos azules o violetas los cuales indican que fueron pilares en el tema y actualmente los nodos amarillos indican términos tales como estrategias de *adaptación, resiliencia, variabilidad climática y género*, señalando las nuevas tendencias en la rama de investigación.

En la figura 3, se presenta la red de coautoría y producción científica por países sobre Contexto global y desafíos de la Agricultura Familiar durante el periodo 2010–2025, donde se aprecian los nodos que representa en este análisis los países, donde el tamaño representa directamente el volumen de publicaciones realizados por los autores afiliados a esos territorios en cuestión y las líneas representan coautorías, mientras más pronunciada las líneas mayor será la colaboración entre los países vinculados (van Eck; Waltman, 2010).

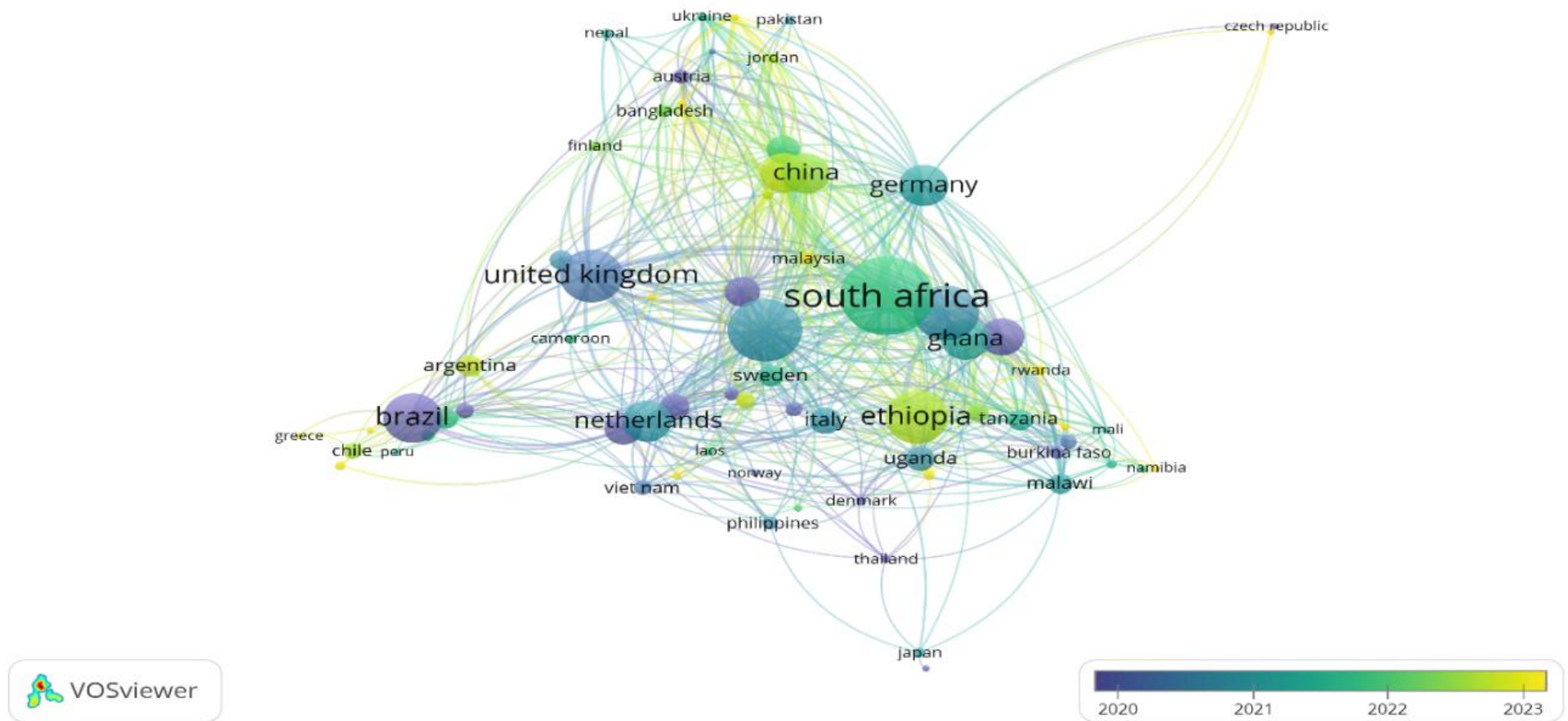


Figura 3. Red de coautoría y producción científica por países sobre el Contexto Global y desafíos de la Agricultura Familiar. Fuente: coautoría y producción científica por países de la colección analizada. Elaboración propia.

Por otra parte, la escala de colores de los nodos que oscila entre violeta, azul claro y amarillo, refleja el promedio del año de publicaciones relacionados con la concentración de las producciones donde los colores más fríos son antes del 2022 los moderados son entre el 2022 y los más cálidos con tono amarillo los más recientes (Corsi et al., 2022).

En cuanto a los resultados del análisis los nodos que más se destacan son de Sudáfrica, Reino Unido, Brasil y China, los cuales por el color de los nodos refleja que tuvieron una producción muy fuerte desde el inicio de las publicaciones, además destacan países nuevamente China y además Etiopía en producción científica reciente por la coloración amarilla de sus nodos.

CONCLUSIÓN

El análisis bibliométrico permitió identificar que el estudio del Contexto global y desafíos de la Agricultura Familiar es un tema fundamental de la investigación moderna con los desafíos y oportunidades en el mundo. La gran tasa de crecimiento anual (22.55 %) confirma que la comunidad científica reconoce la importancia de este sector en el día a día y que sin su existencia la cadena mundial de alimentación no sería posible como la conocemos hoy.

Además de existir una interesante red de colaboración internacional con un 43,86 % de coautoría entre investigadores de diferentes países, lo que facilita la creación de nuevos conocimientos para combatir las diversas dificultades que enfrentan los pequeños agricultores alrededor de todo el mundo.

Al analizar las palabras claves se entiende que el foco está en los pequeños agricultores, el cual, es un hecho sumamente razonable teniendo en cuenta que ellos son la mano de obra y los que trabajan para producir los alimentos, añadiendo la presencia de términos como seguridad alimentaria, que el objetivo de la mayoría de los programas, lograr que las personas no pasen hambre, indudablemente en una tarea sumamente compleja y ahí es donde una de los términos clave que aparece es el de cambio climático, que genera un desafío en la agricultura familiar.

Por otro lado, mediante el análisis se pudo identificar los principales países que trabajan y publican investigaciones relacionadas con la agricultura familiar, uno de ellos es Brasil, lo que es muy importante para algunos países de la región; como Paraguay para buscar realizar colaboraciones y tener una mayor participación en trabajos con este sector clave para todos los países de la región.

Por consiguiente, los hallazgos de esta investigación sirven como guía para futuras investigaciones, sugiriendo que la tendencia futura estará orientada a la resiliencia que pueden presentar los productores, a buscar alternativas ante la variabilidad climática y tener cada vez más inclusión de género.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 377-386. https://doi.org/10.1162/qss_a_00019
- Barría, C. O., Santiago, C. M., & Ibarra, J. T. (2024). Transformation of the Biocultural Heritage in the Chiloé Archipelago: A Globally Important Agricultural Heritage System. *RIVAR: Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 11(31), 230-247. <https://doi.org/10.35588/rivar.v10i31.6051>
- Corsi, S., Ruggeri, G., Zamboni, A., Bhakti, P., Espen, L., Ferrante, A., Noseda, M., Varanini, Z., & Scarafoni, A. (2022). A Bibliometric Analysis of the Scientific Literature on Biostimulants. *Agronomy*, 12(6), Artículo 1257. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061257>
- Ellis, N. R., & Albrecht, G. A. (2017). Climate change threats to family farmers' sense of place and mental wellbeing: A case study from the Western Australian Wheatbelt. *Social Science & Medicine*, 175, 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2017.01.009>
- FAO. (Ed.). (2014). *Innovation in family farming*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO, & IFAD. (2019). *Decenio de las Naciones Unidas para la Agricultura Familiar 2019-2028: Plan de acción mundial*. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1f6d3ffe-6cb4-4cc0-9462-a60efcdfe584/content>
- García, A. J., Schmook, B. I., Wilhelmus Gerritsen, P. R., Fernández, A. C., & Van Der Wal, J. C. (2025). Family Agriculture and Socio-Productive Transformations in the Rural-Urban System of the Municipality of Centro, Tabasco, in southern Mexico. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 22, 1-22. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr22.afts>
- Graeub, B. E., Chappell, M. J., Wittman, H., Ledermann, S., Kerr, R. B., & Gemmill-Herren, B. (2016). The State of Family Farms in the World. *World Development*, 87, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.012>
- Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., de Rijcke, S., & Rafols, I. (2015). Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature*, 520(7548), 429-431. <https://doi.org/10.1038/520429a>
- Lowder, S. K., Scoet, J., & Raney, T. (2016). The Number, Size, and Distribution of Farms, Smallholder Farms, and Family Farms Worldwide. *World Development*, 87, 16-29. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041>
- Ogada, M. J., Rao, E. J. O., Radeny, M., Recha, J. W., & Solomon, D. (2020). Climate-smart agriculture, household income and asset accumulation among smallholder farmers in the Nyando basin of Kenya. *World Development Perspectives*, 18, Artículo 100203. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2020.100203>

- Öztürk, O., Kocaman, R., & Kanbach, D. K. (2024). How to design bibliometric research: An overview and a framework proposal. *Review of Managerial Science*, 18(11), 3333-3361. <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00738-0>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Artículo n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Ren, C., Zhou, X., Wang, C., Guo, Y., Diao, Y., Shen, S., Reis, S., Li, W., Xu, J., & Gu, B. (2023). Ageing threatens sustainability of smallholder farming in China. *Nature*, 616(7955), 96-103. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05738-w>
- Riquelme, Q. (con Centro de Análisis y Difusión de Economía Paraguaya). (2016). *Agricultura familiar campesina en el Paraguay*. Centro de Análisis y Difusión de Economía Paraguaya.
- Roldan-Valadez, E., Salazar-Ruiz, S. Y., Ibarra-Contreras, R., & Rios, C. (2019). Current concepts on bibliometrics: A brief review about impact factor, Eigenfactor score, CiteScore, SCImago Journal Rank, Source-Normalised Impact per Paper, H-index, and alternative metrics. *Irish Journal of Medical Science (1971-)*, 188(3), 939-951. <https://doi.org/10.1007/s11845-018-1936-5>
- Salcedo, S., & Guzmán, L. (Eds.). (2014). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de política*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i3788s/i3788s.pdf>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vela Meléndez, L., Dávila Cisneros, J., Llanos Díaz, E., Tello Flores, R., Fernández Celis, M., Castillo Seminario, L., Yesquén Zapata, P., & Llonto-Caicedo, Y. (2025). Empowerment of rural women: A bibliometric review (Versión 1). *F1000Research*, 14, Artículo 693. <https://doi.org/10.12688/f1000research.166893.1>

Fundamentos de la agroecología aplicada: principios, prácticas e indicadores para la transición hacia sistemas agrícolas sostenibles

 10.46420/9786585756846cap2

Marga Belén Gómez Garay 

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la agricultura se desarrolla en un escenario marcado por presiones sobre la productividad, la conservación ambiental, la estabilidad económica de los productores y la seguridad alimentaria. El incremento de la dependencia de insumos externos, la simplificación de los paisajes agrícolas, la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad funcional y la vulnerabilidad climática cuestionan la sostenibilidad de los sistemas agrícolas basados exclusivamente en intensificación convencional. Frente a este escenario, la agroecología ha ganado relevancia como enfoque científico y aplicado para rediseñar agroecosistemas desde principios ecológicos y sociales, articulando producción, biodiversidad, resiliencia y gobernanza territorial (Wezel et al., 2020; Ewert et al., 2023).

La agroecología aplicada no debe comprenderse como una agricultura «sin químicos» ni como una simple sustitución de insumos sintéticos por insumos biológicos. Su alcance es más amplio, ya que propone transformar la estructura y el funcionamiento de los agroecosistemas mediante diversificación, reciclaje de nutrientes, regulación biológica, eficiencia energética, restauración de procesos ecológicos y participación de los actores locales. Esta visión sistémica coincide con los planteamientos de Barrios et al. (2020), quienes explican que los elementos de la agroecología permiten orientar transiciones hacia sistemas agrícolas y alimentarios sostenibles mediante interacciones ecológicas, sociales, culturales, económicas y políticas.

Desde el punto de vista conceptual, la agroecología se reconoce como ciencia, práctica y movimiento social. Como ciencia, analiza las interacciones entre suelo, planta, agua, biodiversidad, microorganismos, clima, manejo humano y territorio. Como práctica, se expresa en rotaciones, policultivos, cultivos de cobertura, agroforestería, abonos orgánicos, bioinsumos, conservación de semillas, manejo ecológico de plagas e integración cultivo-animal. Como movimiento, promueve autonomía, justicia social, soberanía alimentaria, mercados territoriales y participación comunitaria en la toma de decisiones (Wezel et al., 2020; Mier y Terán et al., 2018).

Durante la última década, la agroecología ha sido posicionada como una alternativa para enfrentar crisis climáticas, alimentarias y ecosistémicas. Bezner Kerr et al. (2023), sostienen que la agroecología posee bases conceptuales y aplicaciones prácticas para responder a desafíos vinculados con cambio climático, degradación de ecosistemas, inseguridad alimentaria y pérdida de biodiversidad. En la misma línea, Quintero et al. (2024), documentan evidencias de contribución de la agroecología a la adaptación, mitigación y resiliencia climática en América Latina, aunque señalan la necesidad de fortalecer estudios comparativos y mediciones de largo plazo.

La diversificación productiva constituye uno de los pilares de la agroecología aplicada. La evidencia mencionada por Tamburini et al. (2020), muestra que prácticas como rotaciones, policultivos, cultivos de cobertura, manejo orgánico del suelo favorecen servicios ecosistémicos como biodiversidad, polinización, control biológico, fertilidad del suelo y regulación hídrica, sin comprometer necesariamente el rendimiento agrícola. Estos resultados refuerzan la idea de que productividad y sostenibilidad no deben ser interpretadas como opuestos, sino como dimensiones que pueden integrarse mediante un diseño agroecosistémico adecuado.

La agroecología aplicada también se relaciona con la seguridad alimentaria y nutricional, especialmente en sistemas de agricultura familiar y territorios rurales vulnerables. Del mismo modo, Bezner Kerr et al. (2021), encontraron evidencia positiva entre prácticas agroecológicas y mejoras en disponibilidad de alimentos, diversidad dietaria, estabilidad de medios de vida y reducción de vulnerabilidad alimentaria. Este aporte es relevante porque la evaluación de los sistemas agrícolas no puede limitarse al rendimiento comercial; también debe considerar la calidad nutricional, el autoconsumo, la diversidad productiva y la capacidad de los hogares rurales para sostener su alimentación ante crisis económicas o climáticas.

La evaluación de la agroecología aplicada requiere herramientas multidimensionales. Mottet et al. (2020), presentan TAPE (*Tool for Agroecology Performance Evaluation*) una metodología para caracterizar transiciones agroecológicas y evaluar el desempeño de los sistemas en dimensiones ambientales, sociales, económicas, culturales, nutricionales y de gobernanza. Asimismo, Geck et al. (2023), advierten que la medición de la agroecología todavía presenta desafíos metodológicos, especialmente en cuanto a estandarización, escala, comparabilidad e integración de indicadores cualitativos y cuantitativos.

En Paraguay, la discusión sobre agroecología aplicada adquiere relevancia por la existencia de agricultura familiar campesina, sistemas agroecológicos, agricultura convencional de pequeña escala, sistemas indígenas y agronegocios. Soldi et al. (2019), evaluaron la sostenibilidad de diferentes sistemas agrícolas paraguayos mediante el marco SAFA (*Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems*) y evidenciaron diferencias importantes entre modelos productivos en dimensiones ambientales, sociales, económicas y de gobernanza. Este antecedente demuestra que la sostenibilidad agrícola debe analizarse de forma integral, considerando no solo productividad, sino también organización social, recursos naturales, autonomía económica y condiciones territoriales.

En este contexto, se tiene como objetivo analizar los fundamentos científicos, principios operativos, prácticas e indicadores de la agroecología aplicada como base para la transición hacia sistemas agrícolas sostenibles. Mediante la organizar de la literatura reciente en un marco aplicado que permita comprender cómo los fundamentos agroecológicos pueden traducirse en estrategias concretas de rediseño productivo, evaluación multidimensional y fortalecimiento de sistemas alimentarios resilientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y enfoque del capítulo

El capítulo fue desarrollado como una revisión integrativa crítico-aplicada. Este enfoque permite reunir, comparar y sintetizar literatura científica de naturaleza conceptual, metodológica y empírica para construir una interpretación amplia de un campo de conocimiento. A diferencia de una revisión exclusivamente descriptiva, la revisión integrativa permite organizar evidencias dispersas, identificar relaciones entre conceptos y proponer un marco analítico útil para investigación, docencia y toma de decisiones (Torraco, 2016).

El enfoque crítico-aplicado se adoptó debido a que la agroecología no constituye únicamente un objeto teórico, sino un campo de intervención productiva, social y territorial. Por ello, la revisión no se limitó a definir conceptos, sino que analizó cómo los principios agroecológicos se expresan en prácticas, indicadores y rutas de transición.

Pregunta orientadora y objetivo metodológico

La pregunta orientadora fue: ¿cuáles son los fundamentos, principios, prácticas e indicadores que permiten comprender y aplicar la agroecología como estrategia de transición hacia sistemas agrícolas sostenibles? Esta pregunta permitió delimitar el alcance de la revisión hacia cuatro dimensiones: fundamentos conceptuales, principios operativos, prácticas agroecológicas e instrumentos de evaluación.

El objetivo metodológico fue identificar, seleccionar y sintetizar literatura reciente y verificable que permita construir un marco de agroecología aplicada con utilidad para sistemas agrícolas familiares, territoriales y de transición. La revisión priorizó fuentes con DOI, revisadas por pares y publicadas en revistas científicas de alcance internacional, incorporando estudios con evidencia global, latinoamericana y contribución paraguaya cuando estuvieron disponibles.

Fuentes de información y bases consultadas

La búsqueda documental se orientó hacia bases científicas y editoriales académicas reconocidas: *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect*, *SpringerLink*, *Frontiers*, *Annual Reviews*, *SAGE Journals*, *Nature Portfolio*, *PLOS* y *PubMed*. También se consideraron registros institucionales de FAO cuando conducían a artículos

científicos con DOI o a documentos metodológicos ampliamente utilizados en agroecología, especialmente en el caso de TAPE (Tool for Agroecology Performance Evaluation) (Mottet et al., 2020).

Se priorizó literatura publicada entre 2016 y 2024, con énfasis en revisiones, metaanálisis, artículos conceptuales y estudios aplicados que abordaran agroecología, transición agroecológica, biodiversidad funcional, seguridad alimentaria, resiliencia climática, evaluación multidimensional y sistemas agrícolas sostenibles. La delimitación temporal permitió asegurar actualidad científica sin excluir publicaciones recientes consideradas fundamentales para el desarrollo conceptual y metodológico del tema.

Estrategia de búsqueda

La búsqueda se estructuró mediante combinaciones de términos en inglés y español (Tabla 1), considerando que la literatura científica internacional sobre agroecología se encuentra mayoritariamente publicada en inglés. Se utilizaron operadores *booleanos* para vincular el concepto central de agroecología con dimensiones de transición, sostenibilidad, indicadores, biodiversidad, seguridad alimentaria y resiliencia climática.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda recomendada para bases científicas. Fuente: Autoría propia.

Componente	Términos utilizados	Finalidad metodológica
Concepto central	agroecology OR agroecological transition OR agroecological principles	Identificar literatura directamente vinculada con agroecología y transición agroecológica.
Dimensión ecológica	biodiversity OR ecosystem services OR agricultural diversification OR soil health	Localizar estudios sobre biodiversidad funcional, servicios ecosistémicos y rediseño agroecosistémico.
Dimensión social y alimentaria	family farming OR food security OR nutrition OR livelihoods OR food sovereignty	Incorporar evidencia sobre agricultura familiar, seguridad alimentaria y medios de vida.
Dimensión climática	climate resilience OR adaptation OR mitigation OR climate variability	Incluir estudios sobre resiliencia, adaptación y mitigación climática.
Evaluación	sustainability assessment OR indicators OR TAPE OR performance evaluation	Identificar herramientas e indicadores para evaluar transiciones agroecológicas.

*Fuente. Elaboración propia. con base en el enfoque de revisión integrativa y en recomendaciones de transparencia metodológica de Page et al. (2021) y Torracó (2016).

Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos científicos y revisiones publicadas principalmente entre 2016 y 2024, con DOI verificable, revisión por pares y relación directa con el objetivo del capítulo. También se incorporaron estudios de alcance global, regional o nacional cuando aportaban fundamentos, indicadores

o evidencias aplicadas sobre agroecología, sostenibilidad agrícola, transición agroecológica, seguridad alimentaria, resiliencia climática o biodiversidad funcional.

Se priorizaron documentos con capacidad de aportar a una síntesis publicable: revisiones sistemáticas, metaanálisis, artículos teóricos de alto impacto, evaluaciones comparativas, estudios sobre herramientas de medición y trabajos aplicados en América Latina o Paraguay. Esta decisión metodológica respondió a la necesidad de evitar una revisión superficial y asegurar que cada fuente citada contribuyera al argumento central del capítulo.

Criterios de exclusión

Se excluyeron documentos sin autoría identificable, publicaciones sin DOI cuando existían alternativas científicas equivalentes con DOI, textos de opinión sin metodología, documentos duplicados, materiales divulgativos sin respaldo académico y estudios donde el término agroecología se utilizaba sin desarrollo conceptual, metodológico o empírico, las cuales se aprecian en la Figura 1.

La exclusión de fuentes sin DOI respondió al criterio de verificabilidad solicitado. Sin embargo, se reconoce que algunas contribuciones institucionales sobre agroecología poseen valor técnico, aunque en esta versión se priorizaron artículos científicos con DOI para facilitar la corroboración bibliográfica y reducir el riesgo de referencias no verificables.

Procedimiento de selección y extracción de información

El procedimiento de selección siguió una lógica de revisión transparente inspirada en PRISMA 2020, aunque adaptada a una revisión integrativa de capítulo académico. PRISMA 2020 es una guía ampliamente utilizada para mejorar la transparencia en revisiones, especialmente en la identificación, selección y presentación de estudios incluidos (Page et al., 2021). Siendo así, la adaptación se centró en documentar criterios, fuentes, descriptores y dimensiones analíticas, sin presentar métricas bibliométricas que no fueron objeto del trabajo.

La extracción de información se organizó mediante una matriz analítica compuesta por cinco dimensiones: fundamento conceptual, principio agroecológico, práctica aplicada, indicador de evaluación y contribución a sostenibilidad. Esta matriz permitió comparar aportes de distintas fuentes y organizar los resultados de manera coherente con el objetivo del capítulo.

Análisis y síntesis temática

El análisis consistió en una síntesis temática crítica. Primero, las fuentes fueron agrupadas por eje de contribución: fundamentos conceptuales, diversificación y servicios ecosistémicos, seguridad alimentaria y nutrición, evaluación de desempeño, resiliencia climática, escalamiento y contexto regional. Posteriormente, se identificaron convergencias y vacíos de investigación entre los estudios revisados.

Flujo metodológico de la revisión integrativa crítico-aplicada

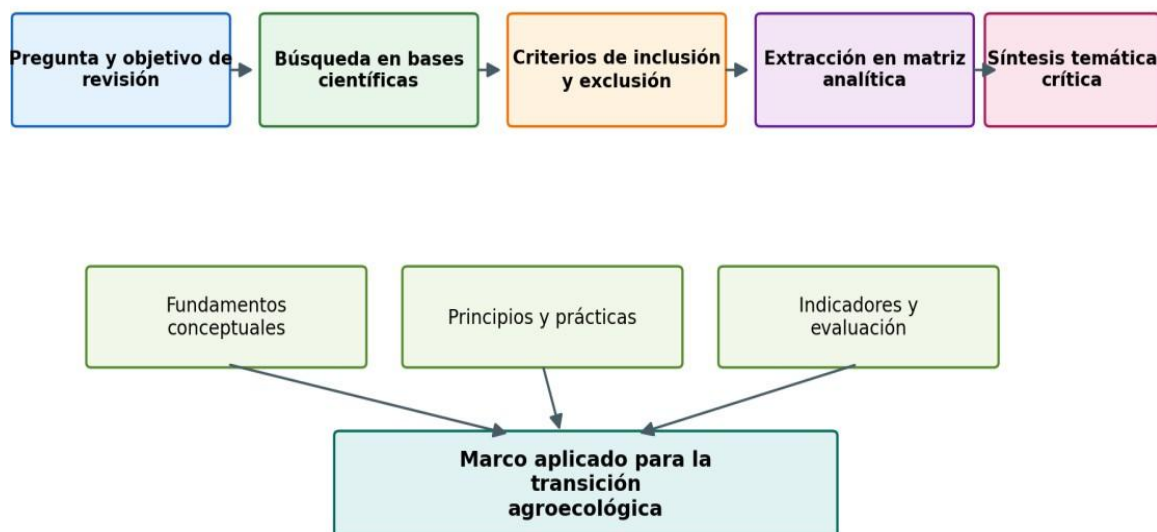


Figura 1. Flujo metodológico de la revisión integrativa crítico-aplicada. Fuente: Elaboración propia con base en Page et al. (2021) y Torraco (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fundamento conceptual de la agroecología aplicada

La revisión evidencia que la agroecología aplicada se sostiene sobre una comprensión sistémica del agroecosistema. Del mismo modo, Wezel et al. (2020), explican que los principios agroecológicos y los elementos de la agroecología permiten orientar transiciones hacia sistemas alimentarios sostenibles, destacando componentes como diversidad, reciclaje, eficiencia, sinergias, resiliencia, co-creación de conocimientos, valores sociales, economía circular, gobernanza responsable y cultura alimentaria. Esta amplitud conceptual diferencia a la agroecología de enfoques centrados solamente en prácticas agronómicas aisladas.

En el mismo contexto, Barrios et al. (2020), plantean que los diez elementos de la agroecología facilitan la comprensión de procesos de transición porque conectan componentes ecológicos, productivos y sociales. Según estos autores, la agroecología no se limita al manejo del cultivo, sino que integra diversidad biológica, reciclaje de recursos, eficiencia, resiliencia, valores humanos, tradiciones alimentarias, economía solidaria y gobernanza; observadas en detalle en la Tabla 2.

La agroecología aplicada se fortalece cuando pasa del discurso a la operacionalización. Esta idea implica identificar principios, transformarlos en prácticas, medirlos mediante indicadores y vincularlos con resultados de sostenibilidad. Por ello, en un enfoque aplicado debe preguntarse no solo qué es la agroecología, sino cómo se implementa, cómo se evalúa, qué efectos genera y en qué condiciones puede escalarse en territorios agrícolas específicos.

Principios operativos y su traducción en prácticas

Los principios agroecológicos funcionan como criterios de diseño. Wezel et al. (2020), resaltan que la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles requiere principios que orienten tanto el manejo biofísico del agroecosistema como las dimensiones sociales e institucionales. De manera complementaria, Ewert et al. (2023), argumentan que la adopción de la agroecología a gran escala exige un enfoque integral que conecte fincas, paisajes, mercados, políticas y actores sociales.

En términos prácticos, los principios se expresan mediante estrategias como diversificación de cultivos, rotaciones, policultivos, manejo de cobertura vegetal, abonos orgánicos, integración cultivo-animal, sistemas agroforestales, conservación de semillas y manejo ecológico. Garibaldi et al. (2017), sostienen que enfoques agrícolas basados en biodiversidad pueden contribuir simultáneamente a la conservación biológica, los medios de vida y la seguridad alimentaria cuando se integran adecuadamente con indicadores socioeconómicos y ecológicos.

Tabla 2. Principios de la agroecología aplicada, prácticas asociadas e indicadores sugeridos. Fuente: Autoría propia.

Principio	Prácticas asociadas	Indicadores de evaluación	Autores de respaldo
Diversificación	Policultivos, asociaciones, rotaciones, cultivos de cobertura, agroforestería.	Número de especies, diversidad funcional, cobertura del suelo, estabilidad productiva.	Wezel et al. (2020); Tamburini et al. (2020).
Reciclaje	Compostaje, abonos verdes, reincorporación de residuos, biofertilizantes.	Materia orgánica, reciclaje de biomasa, menor uso de fertilizantes externos.	Barrios et al. (2020); Mottet et al. (2020).
Eficiencia	Uso racional de agua, nutrientes, energía e insumos locales.	Eficiencia hídrica, productividad por unidad de insumo, reducción de costos.	Ewert et al. (2023); Geck et al. (2023).
Sinergias	Integración cultivo-animal, manejo de microorganismos, corredores biológicos.	Interacciones positivas, control biológico, fertilidad biológica del suelo.	Wezel et al. (2020); Kremen & Merenlender (2018).

Principio	Prácticas asociadas	Indicadores de evaluación	Autores de respaldo
Resiliencia	Diversificación temporal y espacial, cobertura permanente, conservación de semillas.	Estabilidad del rendimiento, recuperación ante estrés, menor vulnerabilidad climática.	Bezner Kerr et al. (2023); Quintero et al. (2024).
Co-creación de conocimientos	Investigación participativa, intercambio productor-productor, extensión horizontal.	Participación local, adopción, innovación territorial, redes de aprendizaje.	Mier y Terán Giménez Cacho et al. (2018); Barrios et al. (2020).
Gobernanza	Mercados territoriales, organizaciones, políticas diferenciadas, redes institucionales.	Acceso a mercados, participación, apoyo técnico, articulación institucional.	Ewert et al. (2023); Mottet et al. (2020).

Diversificación agrícola y servicios ecosistémicos

La diversificación agrícola aparece como uno de los fundamentos empíricamente más respaldados de la agroecología aplicada. Tamburini et al. (2020), realizaron una síntesis global basada en 98 metaanálisis y más de 5.000 estudios originales, concluyendo que la diversificación puede mejorar múltiples servicios ecosistémicos sin comprometer necesariamente el rendimiento. Esta evidencia es clave porque permite sostener que la sostenibilidad no depende solo de reducir impactos negativos, sino de rediseñar el sistema para activar funciones ecológicas beneficiosas.

Los beneficios de la diversificación se expresan en distintas escalas. A nivel de parcela, las rotaciones, asociaciones y coberturas pueden mejorar estructura del suelo, reciclaje de nutrientes, regulación de malezas y eficiencia en el uso de recursos. En el caso de fincas, se reduce la dependencia de un único rubro, distribuye riesgos y mejora la disponibilidad de alimentos. A lo correspondiente a paisaje, la presencia de hábitats seminaturales, cercas vivas, corredores y mosaicos productivos contribuye a conservar biodiversidad y promover servicios ecosistémicos (Kremen & Merenlender, 2018; Tamburini et al., 2020).

En este sentido, cabe aclarar que un sistema diversificado puede ser poco funcional si las especies no cumplen roles complementarios o si no existe integración temporal, espacial y ecológica.

Agroecología, seguridad alimentaria y nutrición

La relación entre agroecología, seguridad alimentaria y nutrición se fundamenta en la capacidad de los sistemas diversificados para aumentar disponibilidad, variedad y estabilidad de alimentos. Bezner Kerr et al. (2021), analizaron evidencia sobre prácticas agroecológicas y seguridad alimentaria, encontrando efectos positivos en diversidad dietaria, disponibilidad de alimentos, participación comunitaria y medios de vida, aunque también identificaron limitaciones metodológicas en la comparabilidad de estudios y en el seguimiento de impactos a largo plazo.

La agroecología aporta a la seguridad alimentaria porque no reduce el análisis a toneladas producidas. Un sistema agroecológico puede generar alimentos para autoconsumo, excedentes para mercados locales, diversidad nutricional y reducción de gastos en insumos externos. Estas características son especialmente relevantes en agricultura familiar, donde la producción agrícola cumple funciones productivas, alimentarias, culturales y económicas simultáneas (Bezner Kerr et al., 2021; D'Annolfo et al., 2017).

Desde una perspectiva aplicada, la seguridad alimentaria debe evaluarse mediante indicadores productivos y sociales. Entre ellos se incluyen diversidad de rubros, disponibilidad de alimentos por estación, porcentaje de producción destinada al autoconsumo, diversidad de dieta, estabilidad de ingresos, acceso a mercados territoriales y reducción de vulnerabilidad ante crisis climáticas o económicas. Esta integración permite conectar la agroecología con resultados concretos en bienestar familiar y territorial.

Evaluación de la transición agroecológica

La medición constituye un componente estratégico para fortalecer la agroecología aplicada. Mottet et al. (2020), presentan TAPE como una herramienta diseñada para caracterizar la transición agroecológica y evaluar el desempeño de sistemas agrícolas y alimentarios en dimensiones ambientales, sociales, culturales, económicas, de salud, nutrición y gobernanza. La utilidad de esta herramienta radica en que convierte principios agroecológicos en criterios observables, permitiendo comparar avances, identificar brechas y orientar decisiones de mejora.

Así mismo Geck et al. (2023), advierten que las herramientas existentes para medir sistemas agroecológicos presentan diferencias importantes en escala, propósito, profundidad, tipo de indicadores y forma de ponderación. Algunas herramientas caracterizan prácticas; otras evalúan desempeño; algunas se enfocan en finca, mientras otras consideran paisaje o sistema alimentario. Esta diversidad metodológica refleja la complejidad de la agroecología, pero también exige claridad al seleccionar indicadores para evitar evaluaciones incompletas o sesgadas.

La evaluación en sistemas agroecológicos evita reducir la sostenibilidad a rendimiento o rentabilidad inmediata. Un sistema puede presentar buena producción de corto plazo, pero alta dependencia de insumos externos, baja diversidad, pérdida de suelo o vulnerabilidad económica. Por ello,

la agroecología aplicada requiere indicadores ambientales, productivos, económicos, sociales, nutricionales y de gobernanza que permitan valorar el desempeño integral del sistema.

Resiliencia climática y transición agroecológica

La resiliencia climática es una de las dimensiones más relevantes de la agroecología aplicada. Bezner Kerr et al. (2023), sostienen que la agroecología puede contribuir a enfrentar crisis climáticas, alimentarias y ecosistémicas mediante prácticas que fortalecen biodiversidad, suelos, ciclos de nutrientes, autonomía local y sistemas alimentarios territoriales. Esta perspectiva es especialmente importante para productores familiares, quienes suelen tener menor capacidad financiera para absorber pérdidas causadas por sequías, inundaciones, plagas o fluctuaciones de precios.

En América Latina, Quintero et al. (2024), identificaron evidencias de contribución de la agroecología a mitigación, adaptación y resiliencia bajo variabilidad y cambio climático. Los autores destacan prácticas como diversificación, agroforestería, manejo orgánico del suelo, conservación de semillas, sistemas integrados y organización comunitaria. No obstante, señalan que aún se requieren más estudios cuantitativos, evaluaciones longitudinales y análisis comparativos que permitan medir impactos con mayor precisión.

La resiliencia agroecológica no depende únicamente de prácticas técnicas. También involucra organización social, acceso a semillas, conocimiento local, diversidad de ingresos, redes de intercambio, asistencia técnica adecuada y políticas públicas. En este sentido, un agroecosistema resiliente no es solo aquel que mantiene producción ante estrés climático, sino aquel que conserva capacidad de adaptación, aprendizaje y reorganización después de una perturbación.

Modelo integrador de agroecología aplicada

A partir de la literatura revisada, se propone un modelo integrador que organiza la agroecología aplicada en seis componentes: ciencia ecológica del agroecosistema, prácticas productivas diversificadas, gobernanza y creación de conocimientos (Figura 2), indicadores multidimensionales, resiliencia climática y seguridad alimentaria. Este modelo no reemplaza los marcos existentes, sino que los organiza en una lógica útil para capítulos, proyectos de investigación, propuestas de extensión y evaluación de sistemas productivos.

El modelo permite interpretar que la agroecología aplicada inicia con fundamentos científicos, pero solo adquiere impacto cuando se traduce en prácticas evaluables y en condiciones territoriales que sostienen su adopción. De este modo, los principios no quedan como conceptos abstractos, sino como criterios que orientan el diseño de sistemas productivos, la selección de indicadores y la construcción de estrategias de transición.

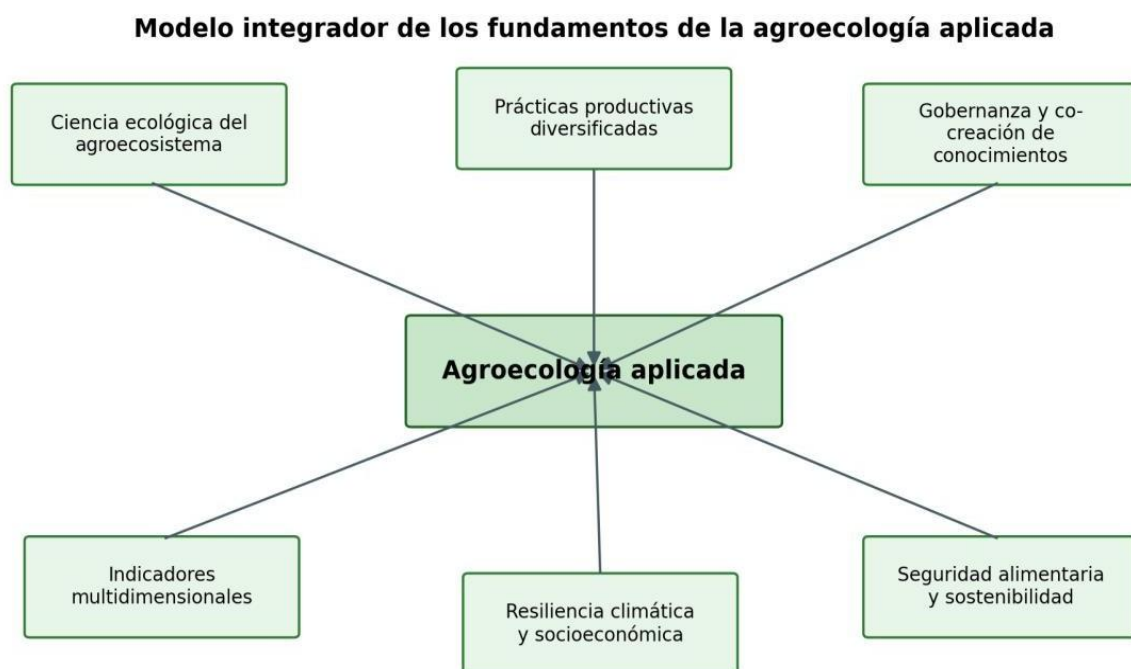


Figura 2. Modelo integrador de los fundamentos de la agroecología aplicada. Elaboración propia con base en Wezel et al. (2020), Barrios et al. (2020), Mottet et al. (2020) y Ewert et al. (2023).

Ruta operativa para la transición agroecológica

La transición agroecológica puede organizarse como un proceso gradual. En una primera etapa, se realiza el diagnóstico del agroecosistema, identificando recursos, limitaciones, prácticas existentes, dependencia de insumos y riesgos. En una segunda etapa, se mejora la eficiencia en el uso de agua, nutrientes, energía y mano de obra. En una tercera etapa, se sustituyen insumos críticos por alternativas biológicas u orgánicas cuando sean pertinentes. En una cuarta etapa, se avanza hacia el rediseño diversificado del sistema. Finalmente, la transición se consolida cuando se territorializa mediante redes, mercados, políticas e instituciones de apoyo.

Esta ruta evita interpretar la agroecología como paquete tecnológico único. La transición debe adaptarse a la escala productiva, al contexto ecológico, a las capacidades familiares, al mercado disponible y a las condiciones institucionales. Por ello, dos sistemas pueden ser agroecológicos por rutas diferentes si ambos fortalecen biodiversidad, autonomía, reciclaje, resiliencia y gobernanza.

Implicancias para la agricultura familiar y el contexto paraguayo

La agricultura familiar constituye un espacio estratégico para aplicar fundamentos agroecológicos porque combina producción, autoconsumo, conocimiento local, mano de obra familiar, diversidad de rubros y relación directa con el territorio. Se evidencia que la agroecología puede fortalecer medios de vida, seguridad alimentaria y resiliencia cuando se vincula con diversificación, organización social, mercados locales y asistencia técnica apropiada (Bezner Kerr et al., 2021; Mier y Terán Giménez Cacho et al., 2018).

En Paraguay, el análisis de Soldi et al. (2019), demuestra que los sistemas agrícolas no pueden evaluarse con una sola métrica. Los autores compararon sistemas agrícolas paraguayos mediante el marco SAFA y encontraron diferencias de sostenibilidad entre tipos de sistemas, lo que refuerza la necesidad de usar indicadores ambientales, económicos, sociales y de gobernanza. Esta evidencia local permite justificar investigaciones agroecológicas que integren datos productivos con dimensiones sociales y territoriales.

Para instituciones universitarias, la agroecología aplicada ofrece oportunidades de investigación, docencia y extensión. Puede ser abordada mediante ensayos de campo, diagnósticos participativos, evaluación de fincas, indicadores de sostenibilidad, análisis de biodiversidad funcional, estudios de seguridad alimentaria y acompañamiento a productores.

CONCLUSIÓN

La agroecología aplicada demuestra que la diversificación agrícola puede mejorar servicios ecosistémicos sin comprometer necesariamente el rendimiento; que las prácticas agroecológicas pueden contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional; que herramientas como TAPE permiten evaluar transiciones agroecológicas mediante indicadores multidimensionales; y que la resiliencia climática depende tanto de prácticas técnicas como de organización social, autonomía productiva y apoyo institucional desde una perspectiva integral. Esta mirada permite comprender que un agroecosistema sostenible es aquel que produce, conserva recursos, reduce vulnerabilidad, fortalece medios de vida y se adapta a las condiciones del territorio.

Para América Latina, la agroecología aplicada representa una oportunidad para fortalecer la agricultura familiar, mejorar la seguridad alimentaria, reducir dependencia de insumos externos y construir sistemas productivos más resilientes frente al cambio climático. Su consolidación requiere investigación aplicada, asistencia técnica, formación universitaria, políticas diferenciadas, mercados territoriales y evaluación rigurosa de resultados. En consecuencia, la agroecología debe ser entendida no como una práctica aislada, sino como una ruta de transición productiva, ecológica y social hacia sistemas agrícolas sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., Batello, C., & Tittonell, P. (2020). The 10 elements of agroecology: Enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosystems and People*, 16(1), 230–247. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>
- 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>

- 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>
- D'Annolfo, R., Gemmill-Herren, B., Graeub, B., & Garibaldi, L. A. (2017). A review of social and economic performance of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 15(6), 632–644. <https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1398123>
- Ewert, F., Baatz, R., & Finger, R. (2023). Agroecology for a sustainable agriculture and food system: From local solutions to large-scale adoption. *Annual Review of Resource Economics*, 15, 351–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>
- Garibaldi, L. A., Gemmill-Herren, B., D'Annolfo, R., Graeub, B. E., Cunningham, S. A., & Breeze, T. D. (2017). Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 32(1), 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.10.001>
- Geck, M. S., Crossland, M., & Lamanna, C. (2023). Measuring agroecology and its performance: An overview and critical discussion of existing tools and approaches. *Outlook on Agriculture*, 52(3), 349–359. <https://doi.org/10.1177/00307270231196309>
- Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412), eaau6020. <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
- Mier y Terán Giménez Cacho, M., Giraldo, O. F., Aldasoro, M., Morales, H., Ferguson, B. G., Rosset, P., Khadse, A., & Campos, C. (2018). Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 637–665. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1443313>
- Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., De Rosa, F., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S., Gemmill-Herren, B., Bezner Kerr, R., Sourisseau, J.-M., Petersen, P., Chotte, J.-L., Loconto, A., & Tittone, P. (2020). Assessing transitions to sustainable agricultural and food systems: A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 579154. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.579154>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *PLOS Medicine*, 18(3), e1003583. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003583>
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N., Morris, C., Pierzynski, G., Prasad, P. V. V., Reganold, J., Rockström, J., Smith, P., Thorne, P., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1, 441–446. <https://doi.org/10.1038/s41893->

018-0114-0

- Quintero, C., Arce, A., & Andrieu, N. (2024). Evidence of agroecology's contribution to mitigation, adaptation, and resilience under climate variability and change in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(2), 228–252. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2273835>
- Soldi, A., Aparicio Meza, M. J., Guareschi, M., Donati, M., & Insfrán Ortiz, A. (2019). Sustainability assessment of agricultural systems in Paraguay: A comparative study using FAO's SAFA framework. *Sustainability*, 11(13), 3745. <https://doi.org/10.3390/su11133745>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- Tittonell, P., Piñeiro, G., Garibaldi, L. A., Dogliotti, S., Olff, H., & Jobbágy, 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>
- Torraco, R. J. (2016). Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, 15(4), 404–428. <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>
- Wezel, A., Gemmill-Herren, B., Bezner Kerr, R., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>

Capítulo III

Análisis comparativo de los instrumentos legales y experiencias territoriales sobre agroecología, suelo y agua en América Latina

 10.46420/9786585756846cap3

Elva María Matto de Galeano 
Daisy Leticia Ramírez Monzón 

INTRODUCCIÓN

La intensificación agrícola impulsada por la Revolución Verde permitió importantes incrementos en la productividad agropecuaria mundial, pero también generó impactos ambientales significativos asociados a la degradación de los recursos naturales, la pérdida de biodiversidad, la erosión de los suelos y la contaminación de las fuentes de agua (Altieri; Toledo, 2011; Foley et al., 2011; Tsiafouli et al., 2015). En este contexto, la agroecología ha emergido como un enfoque científico y práctico orientado a promover sistemas agroalimentarios más sostenibles, adquiriendo una relevancia creciente en América Latina debido a su potencial para integrar la producción agrícola con la conservación ambiental (Altieri; Toledo, 2011).

Diversos estudios en la región muestran que los sistemas agroecológicos fortalecen la resiliencia frente a eventos climáticos extremos, mejoran la seguridad alimentaria y favorecen procesos de desarrollo territorial mediante la articulación de conocimientos científicos, saberes locales y organización comunitaria (Altieri; Toledo, 2011; Mier y Terán et al., 2018; Nicholls; Altieri, 2018). Estos beneficios dependen en gran medida de la conservación del suelo y el agua, recursos esenciales para el funcionamiento de los agroecosistemas. La calidad del suelo regula la infiltración y disponibilidad hídrica, además de sostener procesos biogeoquímicos fundamentales para la productividad agrícola y la captura de carbono; en contraste, su degradación reduce la eficiencia en el uso del agua y limita la capacidad de adaptación al cambio climático, lo que resalta la importancia de una gestión integrada del nexo suelo-agua (Borrelli et al., 2017; Keesstra et al., 2016; Lal, 2015; Salazar et al., 2022).

La creciente preocupación por la conservación de los recursos naturales ha impulsado el desarrollo de políticas públicas y marcos normativos destinados a promover prácticas agrícolas sostenibles y fortalecer la gobernanza ambiental. En América Latina, diversos países han incorporado instrumentos regulatorios y programas de apoyo a la agroecología, reconociendo la importancia de vincular la conservación de los recursos hídricos y edáficos con los objetivos de desarrollo rural, seguridad

alimentaria y adaptación al cambio climático (Altieri; Toledo, 2011; Anderson et al., 2019; Mier y Terán et al., 2018).

La efectividad de estos instrumentos depende de su articulación con las dinámicas territoriales y las capacidades locales de gestión. La evidencia científica señala que los procesos de transición agroecológica son más exitosos cuando incorporan mecanismos participativos, fortalecimiento institucional y cooperación entre productores, organizaciones sociales e instituciones públicas (Anderson et al., 2019; Mier y Terán et al., 2018). En este contexto, el presente capítulo analiza comparativamente los instrumentos legales y las experiencias territoriales relacionadas con la agroecología, el suelo y el agua en Brasil, México, Argentina, Chile, Nicaragua y Paraguay, con el propósito de comprender su contribución a la conservación de los recursos naturales y al desarrollo de sistemas agroalimentarios sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y enfoque del estudio

La investigación se desarrolló mediante una revisión documental de carácter descriptivo-analítico y comparativo, orientada a recopilar, organizar e interpretar información científica y normativa relacionada con la agroecología, la conservación del suelo, la gestión sostenible del agua y los instrumentos legales implementados en América Latina. Este enfoque permitió integrar conocimientos existentes, identificar tendencias y analizar experiencias territoriales sin recurrir a la generación de datos primarios, siguiendo las recomendaciones metodológicas para revisiones académicas propuestas por Snyder (2019).

La base documental estuvo conformada por artículos científicos indexados, documentos técnicos, informes de organismos internacionales y marcos normativos oficiales de Brasil, México, Argentina, Chile, Nicaragua y Paraguay. La selección de estos países respondió a la existencia de experiencias relevantes en agroecología y a la diversidad de enfoques regulatorios vinculados a la gestión de los recursos hídricos y edáficos. Asimismo, se consideraron estudios relacionados con políticas públicas, gobernanza ambiental, desarrollo rural sostenible y transición agroecológica.

Debido a la diversidad de contextos, metodologías y escalas presentes en las fuentes analizadas, no se realizó un metaanálisis cuantitativo. En su lugar, se aplicó una síntesis temática y comparativa organizada en torno a tres ejes principales: instrumentos legales sobre agroecología, suelo y agua; mecanismos de gobernanza y gestión territorial; y experiencias agroecológicas de conservación ambiental y resiliencia climática. Este procedimiento permitió identificar similitudes, diferencias y desafíos comunes entre los países estudiados, integrando evidencia científica y normativa para comprender el papel de la agroecología en la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios latinoamericanos (Page et al., 2021; Snyder, 2019).

El capítulo se desarrolló como una revisión documental descriptiva-analítica, este enfoque permite recopilar, organizar, comparar e interpretar literatura científica existente para construir una síntesis crítica sobre un tema, especialmente cuando el propósito no es generar datos experimentales primarios, sino integrar conocimientos.

Estrategia de búsqueda documental

La búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos *Scopus* mediante cadenas booleanas construidas a partir de los términos agroecología, suelo, agua, gobernanza, legislación y América Latina, La cadena utilizada para *Scopus* fue: TITLE-ABS-KEY(("agroecolog*" OR "agro-ecolog*")AND("soil" OR "soil conservation" OR "soil management" OR "soil health" OR "land degradation")AND("water" OR "water resources" OR "water management" OR "watershed*" OR "hydrological resources")AND("policy" OR "public policy" OR "governance" OR "legislation" OR "law" OR "regulation*" OR "institutional framework") AND ("Latin America" OR "South America" OR Brazil OR Argentina OR Mexico OR Chile OR Paraguay OR Nicaragua)).

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron artículos científicos indexados en *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect* y *Scielo*, publicados entre 2010 y 2025, relacionados con agroecología, conservación de suelos, gestión de recursos hídricos, gobernanza ambiental y políticas públicas. Se priorizaron investigaciones desarrolladas en América Latina, artículos originales, revisiones y estudios de caso publicados en revistas arbitradas, así como documentos en español, inglés y portugués que analizaran la relación entre instrumentos legales, experiencias territoriales y sostenibilidad de los agroecosistemas. Complementariamente, se incorporaron legislaciones, decretos y documentos oficiales de Brasil, México, Argentina, Chile, Nicaragua y Paraguay para el análisis normativo comparativo.

Se excluyeron documentos duplicados, publicaciones sin revisión por pares, tesis, monografías, resúmenes de congresos, literatura gris sin respaldo científico verificable y estudios que no presentaran relación directa con la temática de agroecología, suelo y agua. Se descartaron investigaciones enfocadas exclusivamente en aspectos productivos o agronómicos que no abordaran dimensiones ambientales, sociales o normativas vinculadas al objeto de estudio.

Organización de la información

La información recopilada fue organizada mediante matrices de análisis temático y comparativo elaboradas en función de los objetivos del capítulo. Para ello, los documentos seleccionados fueron clasificados según categorías analíticas previamente definidas: i) agroecología y transición sostenible; ii) legislación y políticas públicas; iii) conservación y manejo de suelos; iv) gestión integrada de recursos

hídricos; v) gobernanza ambiental y territorial; y vi) experiencias territoriales agroecológicas en América Latina.

Fueron consideradas variables relacionadas con el país de estudio, año de publicación, enfoque metodológico, escala territorial, tipo de instrumento legal analizado y principales resultados reportados por los autores. Esta sistematización permitió identificar patrones comunes, diferencias regionales, y enfoques predominantes asociados a la gestión agroecológica del suelo y el agua en contextos latinoamericanos.

Las legislaciones analizadas se organizaron de acuerdo con su naturaleza jurídica, alcance territorial y temática principal, diferenciando normativas relacionadas con agroecología, conservación de suelos, gestión hídrica, agricultura familiar y protección ambiental. Esta clasificación facilitó el análisis comparativo entre países y permitió evaluar el grado de institucionalización de la agroecología en la región.

Procedimiento de análisis y síntesis

La información fue sintetizada de forma cualitativa de carácter descriptivo-interpretativo y comparativo. Inicialmente, se efectuó una lectura exploratoria de los documentos recuperados para verificar su pertinencia respecto al objetivo del estudio. Posteriormente, se realizó una lectura analítica orientada a identificar conceptos clave, enfoques metodológicos, experiencias territoriales, instrumentos normativos y principales hallazgos relacionados con la agroecología, el suelo y el agua.

La síntesis de la evidencia se estructuró mediante categorías temáticas que permitieron comparar los distintos enfoques legislativos y territoriales presentes en América Latina. Este procedimiento facilitó el reconocimiento de convergencias, divergencias, fortalezas y limitaciones entre los países analizados, así como la identificación de tendencias regionales vinculadas con la gobernanza ambiental y la transición agroecológica.

La integración de la información científica y normativa permitió construir una interpretación comparativa sobre el papel de la agroecología como estrategia para la conservación del suelo y el agua, la adaptación al cambio climático y el fortalecimiento de sistemas agroalimentarios sostenibles en América Latina, siguiendo criterios metodológicos de transparencia y rigurosidad recomendados para revisiones académicas contemporáneas (Page et al., 2021; Snyder, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de los marcos normativos sobre agroecología, suelo y agua en América Latina

La evolución de los marcos normativos relacionados con la agroecología, el suelo y el agua en América Latina ha estado estrechamente vinculada a la transformación de las políticas ambientales internacionales y al reconocimiento progresivo de los recursos naturales como elementos estratégicos para el desarrollo sostenible (Altieri; Toledo, 2011; Anderson et al., 2019). Durante las décadas de 1970

y 1980, la mayoría de los países latinoamericanos centraron sus políticas agrícolas en la modernización productiva basada en los principios de la Revolución Verde, priorizando el incremento de la productividad mediante la expansión de monocultivos, mecanización y uso intensivo de insumos químicos (Foley et al., 2011). Sin embargo, este modelo generó impactos significativos sobre los ecosistemas agrícolas, incluyendo erosión de suelos, pérdida de biodiversidad y contaminación hídrica (Tsiafouli et al., 2015).

A partir de la década de 1990, el fortalecimiento de las agendas internacionales de sostenibilidad impulsó la incorporación de principios ambientales en las legislaciones nacionales de América Latina (Anderson et al., 2019). La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992 representó un punto de inflexión para la región, promoviendo la adopción de marcos regulatorios orientados a la conservación ambiental, la gestión integrada de recursos hídricos y el desarrollo rural sostenible (United Nations, 1992).

Brasil se consolidó como uno de los principales referentes regionales en institucionalización de políticas agroecológicas mediante la creación de la Política Nacional de Agroecología y Producción Orgánica (PNAPO), establecida por el Decreto N.º 7.794 de 2012 (Brasil, 2012). Esta política articuló programas de agricultura familiar, conservación ambiental y seguridad alimentaria, integrando principios agroecológicos dentro de las estrategias nacionales de desarrollo rural y gestión territorial (Anderson et al., 2019). Paralelamente, Brasil fortaleció su marco regulatorio hídrico mediante la Ley N.º 9.433 de 1997, conocida como Política Nacional de Recursos Hídricos, basada en la gestión participativa por cuencas hidrográficas y el reconocimiento del agua como bien público (Brasil, 1997).

En México, la evolución normativa estuvo asociada principalmente al desarrollo rural sostenible y a la gestión comunitaria de los recursos naturales (Mier y Terán et al., 2018). La Ley de Desarrollo Rural Sustentable de 2001 incorporó principios relacionados con la conservación de suelos, uso eficiente del agua y fortalecimiento de la agricultura familiar (Gobierno de México, 2001). Asimismo, la Ley de Aguas Nacionales de 1992 estableció mecanismos para la gestión integrada de recursos hídricos y la protección de acuíferos estratégicos (Gobierno de México, 1992). Diversos programas federales posteriores promovieron prácticas agroecológicas y sistemas de producción sustentable, especialmente en territorios indígenas y campesinos (Mier y Terán et al., 2018).

Argentina presentó avances relevantes mediante políticas vinculadas a la producción orgánica, conservación de recursos naturales y promoción de la agroecología en gobiernos locales y provinciales (Nicholls; Altieri, 2018). La Ley N.º 25.127 de Producción Ecológica, Biológica u Orgánica de 1999 constituyó uno de los principales instrumentos regulatorios para fomentar sistemas agrícolas sostenibles (República Argentina, 1999). Al mismo tiempo, la Ley General del Ambiente N.º 25.675 de 2002 fortaleció los principios de prevención, sustentabilidad y protección de recursos naturales (República Argentina, 2002). En los últimos años, municipios y provincias argentinas impulsaron programas de transición agroecológica orientados a reducir el uso de agroquímicos y fortalecer sistemas agrícolas

sustentables, particularmente en regiones afectadas por degradación del suelo y conflictos ambientales asociados al modelo agroexportador (Nicholls; Altieri, 2018).

En Chile, la evolución normativa estuvo marcada por la creciente preocupación respecto a la escasez hídrica y la gestión de cuencas en escenarios de cambio climático (Salazar et al., 2022). El Código de Aguas de 1981 reguló históricamente el acceso y aprovechamiento de los recursos hídricos bajo un modelo de mercado, situación que generó debates sobre privatización y desigualdad en el acceso al agua (Gobierno de Chile, 1981). Posteriormente, la Ley N.º 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal de 2008 incorporó instrumentos orientados a la conservación de ecosistemas y protección de cuencas hidrográficas (Gobierno de Chile, 2008). Sin embargo, diversos estudios señalan que persisten desafíos vinculados a las desigualdades territoriales en el acceso al agua y a la sostenibilidad agrícola en zonas rurales vulnerables (Salazar et al., 2022).

Nicaragua se destacó regionalmente por la promulgación de la Ley N.º 765 de Fomento a la Producción Agroecológica u Orgánica en 2011, considerada una de las normativas más explícitas en materia de agroecología en América Latina (Asamblea Nacional de Nicaragua, 2011). Esta legislación promovió prácticas agrícolas sostenibles, restauración de ecosistemas y manejo racional de los recursos suelo y agua, articulándose con experiencias territoriales históricas como el movimiento Campesino a Campesino (Pérez Tórrez; Ramos Andino, 2025). Asimismo, la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales N.º 217 fortaleció los mecanismos de protección ambiental y conservación de recursos estratégicos (Asamblea Nacional de Nicaragua, 1996).

En Paraguay, los avances normativos relacionados con agroecología y conservación de recursos naturales han sido más limitados y dispersos (Riquelme; Vera, 2020). La Ley N.º 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental y la Ley N.º 3239/07 de Recursos Hídricos constituyen algunos de los principales instrumentos regulatorios orientados a la protección ambiental y gestión sostenible del agua (República del Paraguay, 1993, 2007). Asimismo, la Ley N.º 422/73 Forestal estableció mecanismos para la conservación de bosques y protección de suelos (República del Paraguay, 1973). No obstante, la institucionalización específica de la agroecología aún presenta debilidades, aunque diversas organizaciones campesinas y programas de agricultura familiar han impulsado prácticas agroecológicas orientadas a la recuperación de suelos degradados y protección de nacientes hídricas en territorios rurales vulnerables (Riquelme; Vera, 2020).

La incorporación del derecho humano al agua y al ambiente sano en las constituciones y legislaciones nacionales representó otro avance relevante en la región (Arancibia et al., 2023). Diversos países latinoamericanos reconocieron progresivamente estos derechos como parte de sus marcos jurídicos, fortaleciendo la base normativa para exigir políticas públicas orientadas a la protección ambiental y a la gestión sostenible de los recursos naturales (United Nations, 2010).

El desarrollo de los marcos normativos sobre agroecología en América Latina presenta diferencias significativas entre países. Brasil y Nicaragua se destacan por la implementación de instrumentos

específicos de promoción agroecológica, como la Política Nacional de Agroecología y Producción Orgánica (PNAPO) y la Ley N.º 765, respectivamente, mientras que Paraguay y Chile muestran avances más fragmentados y una menor articulación institucional, asociados a la predominancia de modelos productivos convencionales y limitaciones en la gobernanza ambiental (Brasil, 2012; Asamblea Nacional de Nicaragua, 2011; Riquelme; Vera, 2020; Salazar et al., 2022). Estas diferencias han estado influenciadas por factores políticos, económicos y sociales, así como por el grado de organización de los movimientos campesinos y las prioridades de desarrollo adoptadas en cada país (Mier y Terán et al., 2018). Los organismos internacionales como la FAO, la CEPAL y el IICA han desempeñado un papel relevante en la difusión de enfoques vinculados a la agroecología, la gestión sostenible de los recursos naturales y la seguridad alimentaria, promoviendo lineamientos técnicos y espacios de cooperación que favorecieron la incorporación de estos temas en las agendas públicas de la región, particularmente en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las estrategias de adaptación al cambio climático (Anderson et al., 2019; FAO, 2018).

Instrumentos legales para la conservación del suelo

La literatura científica señala que la gobernanza del suelo constituye un componente fundamental para garantizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, ya que permite articular instrumentos regulatorios, mecanismos de monitoreo y estrategias de conservación adaptadas a las características territoriales de cada región y la protección legal del suelo ha dejado de considerarse exclusivamente una cuestión productiva para integrarse progresivamente a las políticas ambientales, climáticas y de desarrollo sostenible (Telles et al., 2022).

En América Latina, los marcos normativos relacionados con la conservación del suelo presentan una evolución heterogénea. Brasil constituye uno de los referentes regionales debido a la articulación entre políticas de conservación de suelo y agua, agricultura familiar y agroecología. Entre los principales instrumentos destacan la Ley N.º 12.651 de 2012, conocida como Código Forestal Brasileño, que establece mecanismos para la protección de áreas de preservación permanente y reservas legales, contribuyendo indirectamente a la conservación del suelo, y el Decreto N.º 7.794 de 2012, mediante el cual se instituyó la Política Nacional de Agroecología y Producción Orgánica (PNAPO). Esta normativa fortaleció la incorporación de prácticas conservacionistas dentro de las estrategias nacionales de desarrollo rural. Este proceso permitió vincular la gestión sostenible de los recursos naturales con programas de seguridad alimentaria y fortalecimiento territorial, generando un entorno favorable para la expansión de prácticas agroecológicas respaldadas por políticas públicas (Giraldo; McCune, 2019).

De manera similar, Nicaragua avanzó mediante la promulgación de la Ley N.º 765 de Fomento a la Producción Agroecológica u Orgánica, aprobada en 2011, la cual incorpora explícitamente objetivos relacionados con la recuperación de la fertilidad de los suelos, la reducción de la degradación ambiental y la promoción de sistemas productivos sostenibles. Complementariamente, la Ley N.º 217, Ley General

del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, establece disposiciones para la protección y uso sostenible de los recursos naturales, incluyendo los suelos agrícolas. Aunque la implementación de estos instrumentos enfrenta limitaciones presupuestarias e institucionales, la existencia de un marco legal específico representa un avance significativo respecto a otros países donde la agroecología continúa siendo abordada únicamente a través de programas sectoriales o iniciativas locales, este aspecto coincide con los planteamientos de Giraldo y McCune (2019), quienes sostienen que la institucionalización de la agroecología constituye un elemento clave para ampliar su alcance territorial y fortalecer su permanencia en el tiempo.

En Argentina, la conservación del suelo se encuentra integrada dentro de un conjunto de normativas ambientales y productivas. Entre ellas destacan la Ley N.º 22.428 de Conservación y Recuperación de la Capacidad Productiva de los Suelos, promulgada en 1981, que constituye el principal instrumento nacional específico para la protección de los suelos, y la Ley N.º 25.675, Ley General del Ambiente, que establece los presupuestos mínimos para la gestión ambiental sostenible. Asimismo, diversas provincias han desarrollado programas agroecológicos y normativas complementarias orientadas al manejo sostenible de los recursos naturales.

En México, la conservación del suelo se aborda principalmente a través de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, publicada en 2001, la cual promueve el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en las actividades agropecuarias. Esta legislación se complementa con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en 1988, que establece los principios generales para la protección ambiental y la restauración de ecosistemas degradados. Aunque estos instrumentos incorporan medidas para prevenir la erosión y fomentar prácticas sostenibles, la ausencia de una ley específica sobre agroecología limita la articulación entre los objetivos de conservación del suelo y las estrategias de transición agroecológica.

En Chile, la protección del suelo se encuentra vinculada principalmente a la Ley N.º 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, promulgada en 2008, y a la Ley N.º 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, vigente desde 1994. Además, el Decreto Ley N.º 701 de 1974, orientado al fomento forestal, ha tenido efectos relevantes sobre la conservación y recuperación de áreas degradadas. Sin embargo, la regulación chilena continúa enfocándose en la gestión ambiental general y la adaptación climática más que en una legislación específica para la agroecología o la conservación integral del suelo.

En Paraguay, la conservación del suelo se encuentra respaldada por la Ley N.º 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental, la Ley N.º 422/73 Forestal y la Ley N.º 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, que incorpora criterios de protección de cuencas y manejo sostenible de recursos naturales relacionados con la conservación edáfica. Asimismo, programas impulsados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería promueven prácticas de agricultura de conservación y fortalecimiento de la agricultura familiar. No obstante, al igual que en otros países de la región, la ausencia de una legislación

específica sobre agroecología limita la consolidación de políticas permanentes de largo plazo (Le Coq et al., 2019).

Un componente cada vez más relevante dentro de la legislación ambiental regional corresponde a las regulaciones orientadas a combatir la desertificación y la degradación de tierras. La adopción de los principios de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) impulsó la incorporación del concepto de Neutralidad en la Degradación de Tierras (Land Degradation Neutrality, LDN) en numerosos instrumentos de planificación nacional. Este enfoque propone equilibrar las pérdidas y ganancias en la calidad de los ecosistemas terrestres mediante acciones simultáneas de conservación, restauración y uso sostenible de los recursos edáficos. La evidencia científica indica que la LDN constituye actualmente uno de los marcos conceptuales más relevantes para orientar políticas públicas de conservación del suelo a escala global y regional (Cowie et al., 2018; Wang et al., 2022).

Los incentivos para la adopción de prácticas agroecológicas constituyen una tendencia creciente en América Latina, mediante programas de asistencia técnica, certificación orgánica y apoyo a la agricultura familiar, sin embargo, estos mecanismos siguen siendo limitados en comparación con los beneficios otorgados a los modelos agrícolas convencionales, lo que restringe la expansión de prácticas conservacionistas y ralentiza la transición hacia sistemas agroalimentarios más sostenibles (Gliessman, 2019).

Cuadro 1. Comparación de instrumentos legales relacionados con la conservación del suelo en países seleccionados de América Latina. Fuente: Elaboración propia a partir de la síntesis de Giraldo y McCune (2019), Le Coq et al. (2019), Telles et al. (2022), y la revisión de marcos normativos nacionales de Brasil, Nicaragua, México, Argentina, Chile y Paraguay.

País	Instrumento principal	Enfoque predominante	Vinculación con agroecología
Brasil	Decreto N.º 7.794/2012 (PNAPO) y Ley N.º 12.651/2012 (Código Forestal)	Conservación de recursos naturales y agricultura familiar	Alta
Nicaragua	Ley N.º 765 de Fomento a la Producción Agroecológica u Orgánica y Ley N.º 217	Producción agroecológica y restauración de ecosistemas	Alta
México	Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001) y LGEEPA (1988)	Conservación de suelo y desarrollo rural	Media
Argentina	Ley N.º 22.428 de Conservación de Suelos y Ley N.º 25.675 General del Ambiente	Manejo sostenible de recursos naturales	Media
Chile	Ley N.º 20.283, Ley N.º 19.300 y Decreto Ley N.º 701	Conservación y adaptación climática	Media-Baja

País	Instrumento principal	Enfoque predominante	Vinculación con agroecología
Paraguay	Ley N.º 294/93, Ley N.º 422/73 y Ley N.º 3239/07	Conservación de suelos y protección ambiental	Baja-Media

La conservación del suelo contribuye directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente del ODS 2 (Hambre Cero) y ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), al favorecer la productividad agrícola, la resiliencia de los agroecosistemas y la preservación de los servicios ecosistémicos. En el cuadro 1, se evidencia que América Latina, los avances normativos evidencian una creciente articulación entre las políticas nacionales y los compromisos internacionales de sostenibilidad; sin embargo, su efectividad depende del fortalecimiento de la gobernanza del suelo, la restauración de áreas degradadas y la consolidación de mecanismos que impulsen la transición agroecológica en los territorios rurales (Cowie et al., 2018; Wang et al., 2022).

Gobernanza y regulación de los recursos hídricos

La gestión sostenible de los recursos hídricos constituye uno de los principales desafíos ambientales y productivos de América Latina debido a la creciente presión ejercida por la expansión agrícola, la urbanización, los procesos industriales y los efectos del cambio climático. Aunque la región concentra aproximadamente el 30 % de los recursos hídricos renovables del planeta, la distribución espacial desigual del agua, la contaminación de fuentes superficiales y subterráneas, así como las deficiencias en los sistemas de gobernanza, generan importantes conflictos socioambientales y limitan el acceso equitativo a este recurso estratégico (Salazar et al., 2022). Es por ello que numerosos países latinoamericanos han incorporado progresivamente enfoques de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), promovidos internacionalmente como mecanismos para armonizar la conservación ambiental, el desarrollo económico y la participación social en la toma de decisiones (Pahl-Wostl et al., 2021).

La evolución de los marcos regulatorios evidencia una transición desde modelos sectoriales y centralizados hacia esquemas más integrados basados en cuencas hidrográficas. Brasil constituye uno de los casos más representativos de esta transformación mediante la promulgación de la Ley N.º 9.433 del 8 de enero de 1997, denominada Política Nacional de Recursos Hídricos, que creó además el Sistema Nacional de Gerenciamiento de Recursos Hídricos (SINGREH) y reconoció la cuenca hidrográfica como unidad territorial de planificación y gestión. Diversos estudios identifican este modelo como una referencia regional debido a su capacidad para integrar actores gubernamentales, usuarios y organizaciones de la sociedad civil en la gestión de los recursos hídricos (Abers; Keck, 2013; Pahl-Wostl et al., 2021).

México también adoptó principios de gestión integrada mediante la Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992 y reformada en diversas ocasiones, así como su Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, aprobado mediante Decreto publicado el 12 de enero de 1994. Estas disposiciones permitieron la creación de organismos de cuenca orientados a descentralizar la administración de los recursos hídricos. Sin embargo, la implementación práctica de estos instrumentos ha enfrentado limitaciones relacionadas con la concentración de competencias, insuficiencias financieras y dificultades para garantizar una participación efectiva de los actores locales ocasionando la persistencia de los desafíos vinculados a la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de cuerpos de agua y los conflictos por acceso al recurso en diversas regiones agrícolas del país (Wilder et al., 2020).

En Argentina, la gobernanza hídrica presenta una estructura compleja debido al carácter federal de la gestión ambiental. Entre los principales instrumentos normativos destacan la Ley N.º 25.675 de 2002, Ley General del Ambiente, que establece los presupuestos mínimos para la gestión ambiental sostenible, y la Ley N.º 25.688 de 2002, Régimen de Gestión Ambiental de Aguas, orientada a la preservación y uso racional de los recursos hídricos. Las provincias poseen además competencias significativas sobre los recursos hídricos, lo que ha favorecido el desarrollo de modelos diferenciados de gestión de cuencas. Aunque este enfoque facilita la adaptación de las políticas a las características territoriales, también plantea desafíos de coordinación entre jurisdicciones, evidenciando que los marcos regulatorios requieren una adecuada articulación institucional para lograr una gestión eficiente e integrada de los recursos hídricos (Mancilla García et al., 2019).

Chile representa uno de los casos más debatidos en la literatura internacional debido a la histórica mercantilización de los derechos de aprovechamiento de aguas establecida por el Decreto con Fuerza de Ley (DFL) N.º 1.122 de 1981, Código de Aguas. Aunque este modelo favoreció la asignación económica del recurso, diversos estudios han documentado impactos negativos relacionados con la concentración de derechos, conflictos territoriales y desigualdades en el acceso al agua, particularmente en contextos rurales y de agricultura familiar. Las recientes modificaciones introducidas mediante la Ley N.º 21.435 de 2022, que reforma el Código de Aguas, reflejan una tendencia hacia una mayor consideración del agua como bien público y derecho humano fundamental, fortaleciendo la protección de ecosistemas acuáticos y la gestión sostenible de cuencas (Bauer, 2015; Prieto, 2022).

En Nicaragua, la gestión hídrica se encuentra regulada principalmente por la Ley N.º 620, Ley General de Aguas Nacionales, aprobada en 2007, y su Reglamento contenido en el Decreto N.º 44-2010. Asimismo, la Ley N.º 765, Ley de Fomento a la Producción Agroecológica u Orgánica, promulgada en 2011, ha contribuido a vincular la gestión hídrica con estrategias de conservación ambiental y desarrollo rural sostenible. Las experiencias agroecológicas desarrolladas en distintas regiones del país muestran que la restauración de cobertura vegetal, la conservación de suelos y el manejo integrado de microcuencas generan beneficios simultáneos para la productividad agrícola y la disponibilidad hídrica. Estos resultados

evidencian la estrecha relación existente entre gobernanza del agua, manejo sostenible del territorio y resiliencia climática (Pérez Tórrez; Ramos Andino, 2025).

En Paraguay, la promulgación de la Ley N.º 3239/2007 de los Recursos Hídricos del Paraguay constituyó un avance significativo en la institucionalización de la gestión integrada del agua. Esta normativa reconoce el agua como recurso estratégico para el desarrollo nacional y establece principios orientados a la planificación por cuencas, la protección de fuentes hídricas y la participación de los usuarios. Complementariamente, el Decreto N.º 9824/2012, reglamentario de la Ley N.º 3239/07, fortaleció los mecanismos de aplicación y control. Sin embargo, diversos estudios señalan que persisten desafíos asociados a la capacidad institucional, monitoreo ambiental y coordinación entre organismos responsables de la gestión hídrica, especialmente en regiones donde la expansión agropecuaria ejerce presiones crecientes sobre acuíferos, humedales y nacientes (Riquelme; Vera, 2020).

Cuadro 2. Comparación de instrumentos legales relacionados con la gobernanza y gestión de recursos hídricos en países seleccionados de América Latina. Fuente: Elaboración propia a partir de la síntesis de Abers y Keck (2013), Bauer (2015), Pahl-Wostl et al. (2021), Salazar et al. (2022), Villar (2016), Ribeiro (2017) y revisión de marcos normativos nacionales.

País	Instrumento principal	Enfoque predominante	Gestión por cuencas	Protección de acuíferos	Participación social
Brasil	Ley N.º 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos)	Gestión integrada del agua	Alta	Alta	Alta
México	Ley de Aguas Nacionales (1992) y Reglamento de 1994	Administración de recursos hídricos y acuíferos	Media-Alta	Alta	Media
Argentina	Ley N.º 25.675/2002 (Ley General del Ambiente) y Ley N.º 25.688/2002 (Régimen de Gestión Ambiental de Aguas)	Gestión federal y conservación ambiental	Media	Media-Alta	Media
Chile	DFL N.º 1.122/1981 (Código de Aguas) y Ley N.º 21.435/2022	Gestión de derechos de uso del agua	Media	Media	Media-Baja
Nicaragua	Ley N.º 620/2007 (Ley General de Aguas Nacionales), Decreto N.º 44-2010 y Ley N.º 765/2011	Gestión sostenible y agroecología	Media	Media	Alta
Paraguay	Ley N.º 3239/2007 de Recursos Hídricos y Decreto N.º 9824/2012	Gestión integrada y protección hídrica	Media	Alta (Sistema Acuífero Guaraní)	Media

La protección de acuíferos ha adquirido una relevancia creciente dentro de las agendas hídricas latinoamericanas debido a la importancia estratégica de las aguas subterráneas para el abastecimiento humano, la agricultura y los ecosistemas. Particular atención merece el Sistema Acuífero Guaraní, compartido por Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay, considerado una de las mayores reservas de agua dulce subterránea del mundo. La cooperación transfronteriza desarrollada en torno a este sistema se fortaleció mediante el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, firmado en 2010 por los Estados Parte del MERCOSUR, constituyendo una experiencia destacada de gobernanza regional orientada a la conservación y uso sostenible de recursos hídricos compartidos. Sin embargo, diversos autores advierten que las presiones derivadas de la expansión agrícola, urbanización y contaminación difusa continúan representando amenazas para su sostenibilidad a largo plazo (Villar, 2016; Ribeiro, 2017).

Desde una perspectiva comparativa, el cuadro 2 señala que los mayores avances en gobernanza hídrica se observan en aquellos países que han integrado la gestión por cuencas, la protección de acuíferos, la participación social y los instrumentos regulatorios dentro de marcos institucionales consolidados; sin embargo, persisten desafíos vinculados a la fragmentación administrativa, la limitada fiscalización ambiental y la vulnerabilidad frente al cambio climático, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la gestión integrada de los recursos hídricos mediante enfoques ecosistémicos y mecanismos de gobernanza más efectivos (Ribeiro, 2017; Villar, 2016).

CONCLUSIÓN

El análisis comparativo de los instrumentos legales y las experiencias territoriales relacionadas con la agroecología, la conservación del suelo y la gestión de los recursos hídricos en América Latina evidencia avances significativos en la incorporación de principios de sostenibilidad dentro de los marcos normativos nacionales. Sin embargo, la región presenta importantes diferencias en los niveles de institucionalización de estas políticas, así como en su capacidad de implementación y articulación territorial. Mientras países como Brasil y Nicaragua han desarrollado instrumentos específicos orientados a la promoción de la agroecología, otros países mantienen enfoques sectoriales donde la conservación del suelo y el agua se encuentra dispersa en diferentes normativas ambientales, agrícolas o de desarrollo rural (Giraldo; McCune, 2019; Le Coq et al., 2019).

Los resultados muestran que la evolución de la legislación ambiental latinoamericana ha estado estrechamente vinculada a la consolidación de agendas internacionales relacionadas con el desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria y la protección de los recursos naturales. La progresiva incorporación del derecho humano al agua y al ambiente sano dentro de los marcos jurídicos nacionales ha contribuido a fortalecer las bases normativas para la gestión sostenible del territorio. No obstante, la evidencia científica indica que la existencia de instrumentos legales no garantiza por sí sola la conservación efectiva de los recursos naturales, siendo necesaria una adecuada capacidad institucional, mecanismos de

fiscalización y procesos de gobernanza participativa que permitan traducir los objetivos normativos en acciones concretas a nivel local (Pahl-Wostl et al., 2021; Cowie et al., 2018).

En relación con la conservación de los suelos, se observa un creciente reconocimiento de su importancia estratégica para la producción agrícola, la regulación hídrica, la captura de carbono y la provisión de servicios ecosistémicos. Diversos países han incorporado instrumentos orientados al manejo sostenible de tierras, control de la erosión y lucha contra la desertificación, particularmente en consonancia con los compromisos asumidos en el marco de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Sin embargo, persisten limitaciones asociadas a la fragmentación institucional, insuficiencia de incentivos económicos y escaso monitoreo de los procesos de degradación edáfica, factores que dificultan la consolidación de estrategias efectivas de conservación a largo plazo (Cowie et al., 2018; Wang et al., 2022).

Respecto a la gobernanza hídrica, la adopción de enfoques de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos ha favorecido el desarrollo de modelos basados en cuencas hidrográficas y mecanismos de participación social en diversos países de la región. No obstante, continúan existiendo desafíos relacionados con la coordinación interinstitucional, los conflictos por acceso al agua, la protección de acuíferos y la adaptación frente a escenarios de cambio climático. La experiencia del Sistema Acuífero Guaraní demuestra que la cooperación transfronteriza puede constituir una herramienta eficaz para la gestión sostenible de recursos hídricos compartidos, aunque su efectividad depende de la continuidad de los procesos de coordinación técnica, científica y política entre los países involucrados (Ribeiro, 2017; Villar, 2016).

Las experiencias territoriales analizadas demuestran que los procesos más exitosos se sustentan en la articulación entre marcos normativos adecuados, participación comunitaria, fortalecimiento institucional y valorización de los conocimientos locales, contribuyendo simultáneamente a la sostenibilidad ambiental, la inclusión social y la seguridad alimentaria (Altieri; Toledo, 2011; Giraldo; McCune, 2019), evidenciando que la agroecología constituye una estrategia integral para la conservación del suelo y del agua, la adaptación al cambio climático y el fortalecimiento de la agricultura familiar en América Latina. De igual forma, el análisis comparativo pone de manifiesto la necesidad de consolidar instrumentos regulatorios que integren la gestión de los recursos naturales con los sistemas productivos, fortaleciendo la gobernanza participativa, la cooperación regional y la investigación interdisciplinaria como elementos clave para enfrentar la degradación ambiental, aumentar la resiliencia de los agroecosistemas y avanzar hacia modelos de desarrollo rural más sostenibles en la región (Anderson et al., 2019; Giraldo; McCune, 2019).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altieri, M. A., Nicholls Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587–612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- 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>
- Argentina. (1994). Constitución de la Nación Argentina. InfoLEG. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/804/norma.htm>
- Argentina. (2002). Ley N.º 25.675. Ley General del Ambiente. InfoLEG. <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/75000-79999/79980/norma.htm>
- Brasil. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Brasil. (1997). Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm
- Brasil. (2012). Decreto n.º 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO). Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm
- Chile. (1980). Constitución Política de la República de Chile. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=242302>
- Chile. (1981). Decreto con Fuerza de Ley N.º 1.122. Código de Aguas. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=5605>
- Cowie, A. L., Orr, B. J., Castillo Sánchez, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G. I., Minelli, S., Tengberg, A. E., Walter, S., & Welton, S. (2018). Land degradation neutrality: Concept development, practical applications and assessment. *Journal of Environmental Management*, 195, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.043>
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., & Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Giraldo, O. F., & McCune, N. (2019). Can the state take agroecology to scale? Public policy experiences in agroecological territorialization from Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(7–8), 785–809. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1585402>
- Gliessman, S. R. (2019). Scaling agroecology through policy change. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(4), 361–362. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1578468>

- Le Coq, J. F., Sabourin, E., Vásquez, L., & Niederle, P. A. (2019). Public policies supporting agroecology in Latin America: Lessons and perspectives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(7–8), 767–784. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1642576>
- Mancilla García, M., Hileman, J., Bodin, Ö., & Scholz, G. (2019). Governance of social-ecological systems: Lessons from river basin management. *Environmental Science & Policy*, 101, 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.08.012>
- México. (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- México. (1992). Ley de Aguas Nacionales. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf>
- México. (2001). Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDRS.pdf>
- Mier y Terán Giménez Cacho, M., Giraldo, O. F., Aldasoro Maya, M., Morales, H., Ferguson, B. G., Rosset, P., Khadse, A., & Campos, C. (2018). Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 637–665. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1443313>
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2018). Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10), 1170–1193. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>
- Nicaragua. (1987). Constitución Política de la República de Nicaragua. Asamblea Nacional. <https://www.asamblea.gob.ni>
- Nicaragua. (2007). Ley N.º 620. Ley General de Aguas Nacionales. Asamblea Nacional de Nicaragua. <https://www.asamblea.gob.ni>
- Nicaragua. (2011). Ley N.º 765. Ley de Fomento a la Producción Agroecológica u Orgánica. FAOLEX. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/nic145378.pdf>
- Nicaragua. (2012). Decreto N.º 02-2012. Reglamento General de la Ley N.º 765, Ley de Fomento a la Producción Agroecológica u Orgánica. La Gaceta. <https://nicaragua.justia.com/nacionales/decretos-ejecutivos/reglamento-general-de-la-ley-n-765-ley-de-fomento-a-la-produccion-agroecologica-u-organica>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Naciones Unidas. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., et al. (2021). The PRISMA

- 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pahl-Wostl, C., Bhaduri, A., & Gupta, J. (2021). Water governance and sustainable development. *Water Security*, 12, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100075>
- Paraguay. (1992). Constitución de la República del Paraguay. Biblioteca y Archivo Central del Congreso Nacional. <https://www.bacn.gov.py/constitucion-nacional>
- Paraguay. (1973). Ley N.º 422/73. Forestal. Biblioteca y Archivo Central del Congreso Nacional. <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas>
- Paraguay. (1993). Ley N.º 294/93. De Evaluación de Impacto Ambiental. Biblioteca y Archivo Central del Congreso Nacional. <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas>
- Paraguay. (2007). Ley N.º 3239/07. De los Recursos Hídricos del Paraguay. Biblioteca y Archivo Central del Congreso Nacional. <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2724/de-los-recursos-hidricos-del-paraguay>
- Paraguay. (2022). Decreto N.º 7017/2022. Por el cual se reglamenta la Ley N.º 3239/07 De los Recursos Hídricos del Paraguay. Biblioteca y Archivo Central del Congreso Nacional. <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2724/de-los-recursos-hidricos-del-paraguay>
- Pérez Tórrez, S. del C., & Ramos Andino, R. A. (2025). Transición agroecológica hacia la sostenibilidad y sustentabilidad en agro sistemas de Estelí, Nicaragua. *Wani, Revista del Caribe Nicaragüense*, (83), e21609. <https://doi.org/10.5377/wani.v1i83.21609>
- Ribeiro, W. C. (2017). The Guarani Aquifer System and groundwater governance in South America. *Water International*, 42(5), 570–582. <https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1346320>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., De Ruiter, P. C., Van Der Putten, W. H., Birkhofer, K., et al. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2), 973–985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
- United Nations Convention to Combat Desertification. (1994). United Nations Convention to Combat Desertification. United Nations. <https://www.unccd.int>
- Villar, P. C. (2016). Groundwater governance and the Guarani Aquifer System. *Water Resources Management*, 30(10), 3395–3411. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1352-3>
- Wang, Y., Lu, X., Feng, Q., & Wang, S. (2022). Land degradation neutrality: A review of progress and perspectives. *Ecological Indicators*, 142, 109530. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109530>

Conservación, manejo y mejoramiento de semillas como eje estratégico de la sostenibilidad agrícola ante el cambio climático

 10.46420/9786585756846cap4

Joel Rodrigo Giménez Arrúa 
Daisy Leticia Ramírez Monzón 

INTRODUCCIÓN

Las semillas constituyen la base biológica de la producción agrícola y uno de los componentes más determinantes para el establecimiento, la estabilidad y la productividad de los cultivos, su importancia no radica únicamente en su función como material de propagación, sino en que concentran atributos fisiológicos, genéticos, físicos y sanitarios que condicionan la germinación, la emergencia y el vigor inicial de las plántulas (Finch-Savage; Bassel, 2016; Whitehouse et al., 2020).

Esta relevancia se ha intensificado en el contexto actual del cambio climático, la degradación de recursos naturales y la presión creciente sobre los sistemas alimentarios, en donde el aumento de las temperaturas, la irregularidad de las precipitaciones y la mayor frecuencia de eventos extremos afectan de manera particular las fases iniciales del ciclo del cultivo, que dependen de una semilla fisiológicamente competente y adaptada a condiciones de estrés, en el cual, la semilla deja de ser un insumo y pasa a ser un factor estratégico para la resiliencia productiva, la adaptación climática y la sostenibilidad de la agricultura (Calvin et al., 2023; Razzaq et al., 2021).

Bajo las condiciones actuales de cambio climático y la creciente presión sobre los sistemas alimentarios, las semillas deben analizarse de manera integral, considerando que su preservación, su acondicionamiento y su perfeccionamiento forman parte de un mismo proceso destinado a garantizar materiales biológicos viables, de alta calidad y con capacidad de adaptación frente a escenarios productivos cada vez más complejos, en ese sentido, las semillas no puede reducirse a problemas aislados de almacenamiento, tratamiento o mejoramiento genético, ya que su verdadero alcance radica en la interacción de estos procesos y en su efecto conjunto sobre la productividad, la estabilidad de los cultivos, la conservación de la diversidad genética y la sostenibilidad agrícola a largo plazo (Finch-Savage; Bassel, 2016; Pedrini et al., 2017; Razzaq et al., 2021; Westengen et al., 2023; Whitehouse et al., 2020).

Sin embargo, uno de los principales problemas radica en la tendencia a abordar estas dimensiones de manera fragmentada, lo que ha favorecido el desarrollo de conocimientos parciales más que una comprensión verdaderamente integrada del papel de las semillas en la agricultura contemporánea, esta separación ha conducido a enfoques que, no siempre logran captar la complejidad con la que la viabilidad,

la calidad, la diversidad genética y la capacidad adaptativa de las semillas que interactúan dentro de sistemas agrícolas sometidos a múltiples presiones ambientales y productivas; por el cual se dificulta la construcción de marcos analíticos capaces de responder de manera simultánea a las exigencias de productividad, resiliencia climática, sostenibilidad y seguridad alimentaria, en los aspectos que hoy resultan inseparables en la evaluación de cualquier estrategia vinculada a semillas (Mascher et al., 2019; Razzaq et al., 2021; Whitehouse et al., 2020).

Cabe destacar que se encuentran numerosos avances estudios de almacenamiento, recubrimiento, priming y mejoramiento genético que muestran resultados promisorios en condiciones experimentales, pero su implementación en sistemas productivos reales en especial en la agricultura familiar, sigue condicionada por factores económicos, institucionales y de acceso; además la biodiversidad para la alimentación y la agricultura ha sido reconocida como indispensable para la seguridad alimentaria y el uso sostenible de los agroecosistemas, lo que refuerza la necesidad de evaluar las semillas no solo desde la eficiencia técnica, sino también desde su contribución a diversidad, resiliencia y sostenibilidad de la producción agrícola (FAO (*Food And Agriculture Organization Of The United Nations*), 2019; Finch-Savage; Bassel, 2016; McGuire; Sperling, 2016).

En este contexto, el presente capítulo tiene como objetivo analizar las estrategias actuales de conservación, manejo y mejoramiento de semillas, a fin de identificar vacíos, brechas y limitaciones en el marco del cambio climático, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola. Para ello, se adopta una revisión crítica apoyada en un análisis bibliométrico, orientada no solo a sintetizar conocimientos, sino también conocer cuáles son sus tendencias de producción y qué aspectos requieren mayor articulación científica y aplicada dentro del área de semillas.

MATERIALES Y METODOS

Tipo y diseño del estudio

Se realizó un estudio crítico apoyado en un análisis bibliométrico descriptivo, retrospectivo y de enfoque cuantitativo. No corresponde a una revisión sistemática pura, sino a un estudio de carácter mixto, la revisión crítica permitió discutir aportes, limitaciones y vacíos del campo; mientras que el análisis bibliométrico permitió caracterizar la producción científica sobre conservación, manejo y mejoramiento de semillas. Este componente bibliométrico examinó el flujo de selección documental, la estructura conceptual del campo, las relaciones de coocurrencia entre palabras clave y la distribución geográfica de la producción científica. La búsqueda de información se llevó a cabo en la base de datos Scopus, seleccionada por su cobertura multidisciplinaria y por la disponibilidad de metadatos compatibles con análisis bibliométricos (Aria; Cuccurullo, 2017; Donthu et al., 2021; Zupic ; Čater, 2015).

Fuentes de información

La recuperación de documentos se realizó exclusivamente en la base de datos *Scopus*, seleccionada por su amplia cobertura multidisciplinaria, rigurosidad en la indexación de revistas científicas y disponibilidad de metadatos bibliográficos compatibles con análisis bibliométricos. La búsqueda se delimitó al periodo comprendido entre enero de 2015 y diciembre de 2025, con el propósito de evaluar la evolución reciente del campo científico durante una década.

Además, se consideraron informes institucionales del IPCC y la FAO por su relevancia para contextualizar cambio climático, biodiversidad y seguridad alimentaria. La selección de estas fuentes buscó asegurar calidad científica, cobertura temática y actualidad del corpus documental (FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2019; IPCC, 2023).

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se organizó en tres dominios temáticos, se diseñó una ecuación de búsqueda booleana que integró los tres dominios temáticos principales: (1) conservación, (2) manejo, y (3) mejoramiento.

Para incorporar el marco analítico general, se añadieron los términos seguridad alimentaria, cambio climático y agricultura sostenible. La cadena booleana principal propuesta fue:

TITLE-ABS-KEY («seed conservation» OR «seed storage» OR «seed preservation») AND («seed management» OR «seed treatment» OR «seed priming» OR «seed coating») AND («seed improvement» OR «seed enhancement» OR «seed quality» OR «seed vigor» OR «biotechnology») AND («food security» OR «climate change» OR «sustainable agriculture»).

Criterios de inclusión y exclusión

La selección documental siguió las recomendaciones generales del flujo PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), con el objetivo de transparentar las etapas de identificación, depuración, elegibilidad e inclusión de los registros bibliográficos como mencionan Page et al. (2021).

Se incluyeron documentos bajo los siguientes criterios:

- **Periodo temporal:** Publicaciones entre los años 2015 al 2025.
- **Tipo de documento:** Se limitó exclusivamente a artículos de investigación original (*Articles*) y artículos de revisión (*Reviews*) para asegurar la calidad de la revisión por pares.
- **Idioma:** Se consideraron documentos en inglés, español y portugués.
- **Estudios:** vinculados con al menos uno de los siguientes ejes: conservación, manejo y mejoramiento, como también la seguridad alimentaria, cambio climático y agricultura sostenible.

Se excluyeron, documentos duplicados entre bases de datos, trabajos sin resumen disponible o con metadatos incompletos que impidieran su análisis, literatura gris no arbitrada, como también capítulos de libro, resúmenes de congresos, tesis y documentos que no cuentan con revisión por pares.

La cadena de búsqueda empleada permitió la muestra de un total de 20.000 documentos relacionados al campo, al agregar los criterios de inclusión y exclusión mencionado por las directrices del flujo PRISMA 2020 quedaron 17.377 artículos analizados dentro del programa como se observa en la figura 1.

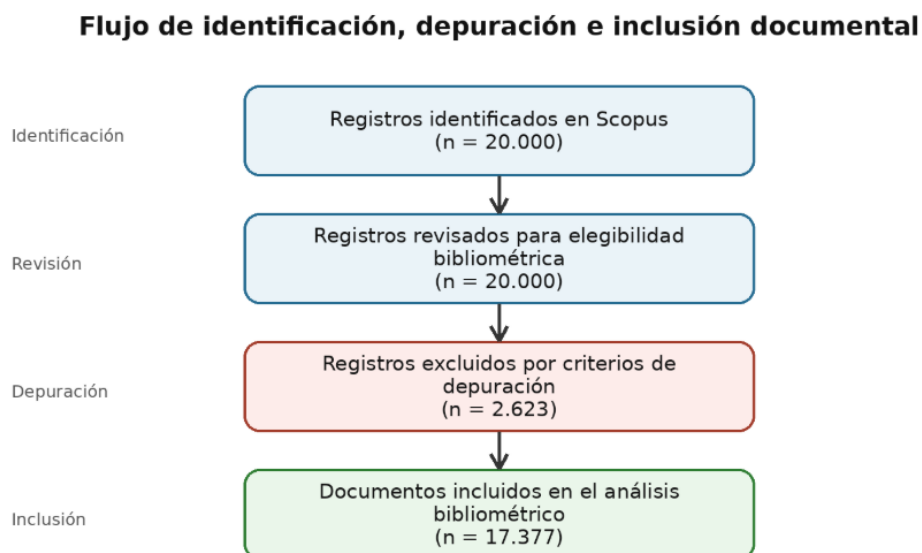


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de identificación, depuración y selección de documentos para el análisis bibliométrico sobre conservación, manejo y mejoramiento de semillas como eje estratégico de la sostenibilidad agrícola ante el cambio climático (2015–2025). Fuente: Elaborado en Bibliometrix a base de *Scopus* bajo las directrices del flujo de PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (2020).

Organización del corpus documental

Los documentos seleccionados se clasificaron en cuatro grupos analíticos: a) conservación y almacenamiento; b) manejo de semillas; c) mejoramiento de semillas; y d) contexto transversal de seguridad alimentaria, cambio climático y sostenibilidad. Esta clasificación respondió a la necesidad de ordenar un campo donde múltiples artículos cruzan fronteras temáticas, como ocurre con trabajos de genebanks, coating o breeding. La organización por ejes permitió desarrollar un análisis comparativo e integrador, en lugar de una simple síntesis descriptiva por estudio (Mascher et al., 2019; Whitehouse et al., 2020).

Procesamiento y análisis de datos

Los metadatos recuperados de Scopus fueron procesados mediante Bibliometrix y VOSviewer, con el propósito de caracterizar la producción científica y examinar la estructura conceptual del campo

relacionado con la conservación, manejo y mejoramiento de semillas. Se utilizó Bibliometrix para organizar, depurar y describir el corpus bibliográfico. En función del límite de extensión del capítulo, se seleccionaron los resultados con mayor valor interpretativo para responder a las observaciones centrales del estudio: flujo de identificación e inclusión documental, volumen final de documentos analizados, distribución de la producción científica en América Latina y Paraguay, y lectura general de la concentración territorial de la investigación. Estos resultados permitieron identificar dónde se concentra la producción científica del tema y cuál es la posición relativa de Paraguay dentro del campo analizado. Además, Bibliometrix se utilizó para elaborar el diagrama de flujo de identificación, depuración e inclusión documental.

El análisis de redes de mapas bibliométricas se ejecutó mediante el software VOSviewer (versión 1.6.20) (Van Eck; Waltman, 2010), utilizando la misma base depurada proveniente de Scopus. Este programa fue empleado para construir mapas de análisis de coocurrencia de palabras clave que se realizó a partir de las palabras clave de autor «Author Keywords» para identificar los principales clústeres temáticos y las relaciones conceptuales entre términos. Se utilizó el método de conteo completo (full counting), y se exploró el umbral de 15 de ocurrencia con el fin de comparar la estructura temática ampliada del campo y su núcleo conceptual más consolidadas, además, se aplicó la modalidad de superposición temporal (overlay visualization) para identificar la evolución temporal de los temas de investigación y detectar líneas emergentes en el periodo analizado. En este tipo de visualización, los colores fríos representaron tópicos de aparición más temprana, mientras que los colores cálidos indicaron temas de aparición más reciente y por último el análisis de co-autoría por países, que se construyeron mapas de colaboración científica a partir del país de afiliación de los autores, con el propósito de identificar polos de producción, grado de centralidad y vínculos de cooperación internacional.

Para la identificación de vacíos de investigación, se aplicó una lectura crítica de los resultados bibliométricos, esta lectura se organizó en seis criterios analíticos: a) grado de integración entre conservación, manejo y mejoramiento de semillas; b) presencia de tecnologías específicas de manejo de semillas; c) relación entre investigación básica y aplicación agrícola; d) visibilidad científica de Paraguay; e) distribución regional de la producción científica; y f) nivel de articulación interdisciplinaria del campo. Estos criterios fueron utilizados para organizar la síntesis de vacíos presentada posteriormente en los resultados.

Interpretación de resultados

Los resultados generados en Bibliometrix fueron interpretados considerando la evolución de las publicaciones de los países en el continente. Los mapas generados en VOSviewer fueron interpretados a partir del tamaño de los nodos, la proximidad entre términos, la fuerza de los enlaces y la formación de clústeres temáticos. En la visualización temporal, se analizó la transición de conceptos consolidados hacia temas emergentes, con énfasis en aquellos vinculados a los dominios temáticos. La identificación de

vacíos de investigación se realizó mediante la triangulación entre indicadores descriptivos, mapas de coocurrencia, visualización temporal y análisis regional. Para ello, se consideró la integración entre conservación, manejo y mejoramiento de semillas, la presencia de tecnologías específicas, la relación entre investigación básica y aplicación agrícola, la visibilidad de Paraguay, la desigualdad científica regional y el grado de interdisciplinariedad del campo. Estos criterios permitieron interpretar los vacíos como una síntesis crítica del comportamiento bibliométrico y reconocer brechas y oportunidades futuras de investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2, presenta la visualización temporal de palabras clave y permite observar cómo se distribuyen los principales conceptos del campo a lo largo del periodo analizado. El mapa muestra una red densa y altamente conectada, donde destacan nodos como *plant seed*, *climate change*, *genetics*, *gene expression*, *seedling*, *agriculture*, *food security*, *food storage*, *food preservation*, *antioxidants*, *plant extract*, *biodiversity*, *ecosystem*, *forestry* y *species diversity*. El predominio de tonalidades cálidas, cercanas al extremo más reciente de la escala temporal, indica que una parte importante de los términos visibles corresponde a una producción científica muy actual, especialmente concentrada hacia los años finales del periodo.

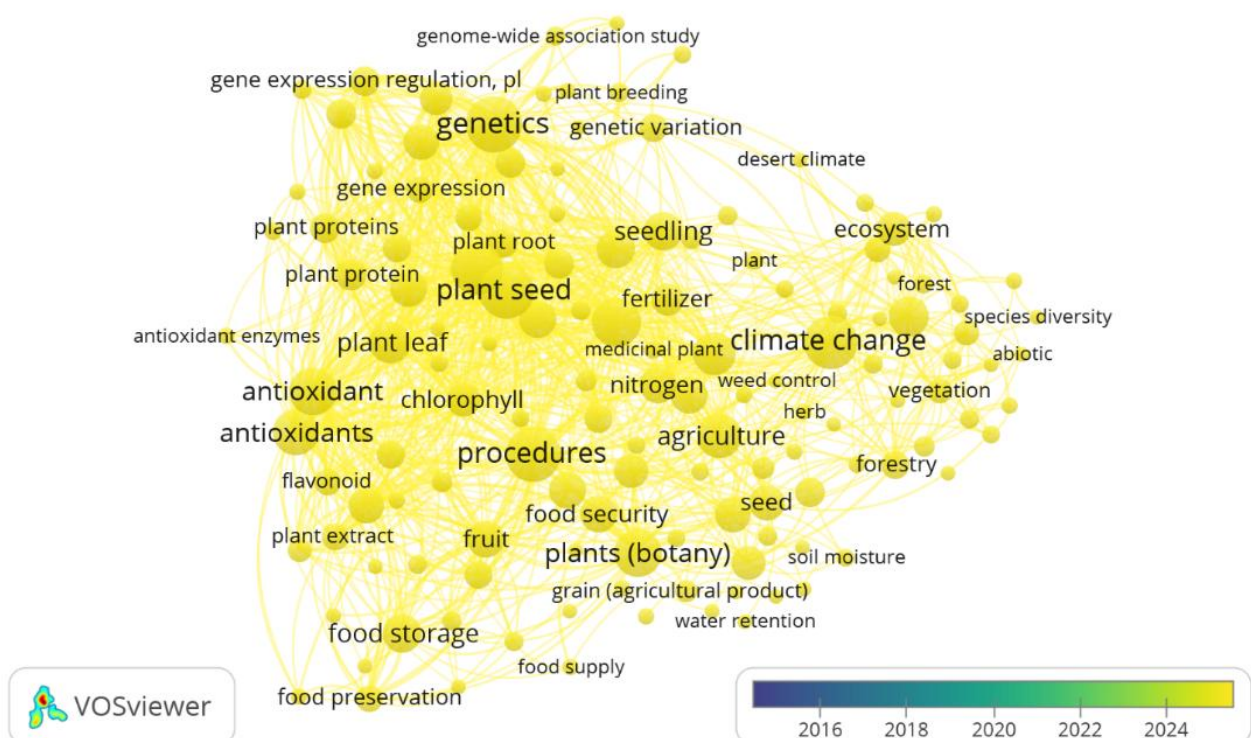


Figura 2. Mapa de visualización temporal en los últimos 10 años. Colores más fríos=más antiguos (azul); más tibios=intermedios (verde) más cálidos=más recientes (amarillo). Fuente: Elaboración en *VOSviewer* por los autores basada en datos bibliográficos recuperados de *Scopus* (2015–2025).

El resultado más relevante es que el campo de las semillas aparece conectado con una agenda científica contemporánea que supera la visión tradicional de la semilla como simple material de propagación, la ubicación y tamaño de nodos como *plant seed*, *seedling*, *genetics* y *gene expression* muestran que la investigación reciente mantiene una base fisiológica y genética fuerte; sin embargo, la cercanía con *climate change*, *food security*, *agriculture* y *ecosystem* evidencia que la literatura está incorporando las semillas dentro de debates más amplios sobre sostenibilidad, adaptación ambiental y seguridad alimentaria. Esta lectura coincide con los planteamientos de Cacho et al., (2020); Finch-Savage y Bassel, (2016); Mascher et al., (2019); Raza et al., (2019); Sinha et al., (2021); Whitehouse et al., (2020), quienes resaltan el papel de la calidad, diversidad y mejora genética de las semillas en la respuesta productiva frente a escenarios de estrés.

La presencia de términos como *genetics*, *genetic variation*, *gene expression*, *gene expression regulation* y *plant breeding* indica que el componente de mejoramiento se encuentra sólidamente representado en la red temporal, esto sugiere que los estudios recientes no solo describen la conservación o manejo de semillas, sino que también incorporan herramientas genéticas para comprender y mejorar la respuesta de las plantas, esta tendencia es consistente con la transformación de los bancos de germoplasma y recursos genéticos hacia plataformas de uso activo para el mejoramiento, en las cuales la caracterización genómica, la diversidad genética y la identificación de rasgos adaptativos se vuelven esenciales para desarrollar cultivos resilientes (Mascher et al., 2019; Sinha et al., 2021).

También se observa una línea vinculada con manejo fisiológico y establecimiento inicial, expresada mediante términos como *seedling*, *plant root*, *plant leaf*, *chlorophyll*, *fertilizer*, *nitrogen*, *soil moisture* y *water retention*, esta asociación confirma que la semilla no puede analizarse desconectada del ambiente de emergencia y del manejo temprano del cultivo. La literatura sobre vigor y establecimiento sostiene que la calidad de la semilla determina la velocidad, uniformidad y robustez del establecimiento, especialmente bajo condiciones de estrés hídrico o térmico; por ello, los términos asociados a plántula, raíz, humedad del suelo y nutrición reflejan una preocupación científica por el desempeño inicial como fase crítica del rendimiento (Finch-Savage; Bassel, 2016; Paparella et al., 2015).

En esta misma línea, el manejo biológico de semillas aparece como una oportunidad relevante para fortalecer el establecimiento inicial de los cultivos, las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y las estrategias de bioprimer han sido asociadas con mejoras en la germinación, el vigor, el desarrollo inicial y la tolerancia frente a factores de estrés, aunque estos términos no aparecen como nodos dominantes en la visualización temporal, su incorporación resulta importante para interpretar el manejo de semillas desde una perspectiva más amplia, en la que la semilla funciona como vehículo de interacciones tempranas entre planta, microorganismos y ambiente (Backer et al., 2018; Fiodor et al., 2023).

Un aspecto llamativo de la figura 2 es la presencia de un bloque asociado a *food storage*, *food preservation*, *antioxidants*, *plant extract*, *flavonoid* y *antioxidant enzyme*, esta agrupación indica que una parte del

corpus integra la temática de semillas con conservación poscosecha, compuestos bioactivos y calidad alimentaria, aunque estos términos no representan exclusivamente conservación de semillas en sentido agronómico, sí muestran que la literatura vincula el material vegetal con estabilidad, bioactividad y preservación, este resultado amplía la lectura del capítulo, porque revela que el campo no se limita a producción agrícola, sino que también se conecta con calidad nutricional, metabolitos, seguridad alimentaria y preservación de productos vegetales.

La presencia de términos vinculados con preservación, almacenamiento y estabilidad del material vegetal también permite relacionar la red bibliométrica con la discusión sobre longevidad y conservación de semillas, en donde destaca que la viabilidad durante el almacenamiento depende de factores como humedad, temperatura y condiciones de conservación, lo que resulta fundamental para bancos de germoplasma y programas de conservación a largo plazo, en este sentido, la conservación no debe comprenderse únicamente como almacenamiento físico, sino como una estrategia científica orientada a mantener la calidad fisiológica y genética del material vegetal para usos futuros (Solberg et al., 2020; Whitehouse et al., 2020).

La visualización temporal permite detectar un vacío importante: los términos más visibles son amplios y transversales, mientras que las expresiones específicas *seed conservation*, *seed management*, *seed coating*, *seed priming*, *seed quality* y *seed vigor* no aparecen como nodos dominantes en la figura. Esto sugiere que el campo está fuertemente orientado hacia grandes problemas globales (cambio climático, genética, alimentos, biodiversidad y agricultura), pero todavía presenta una integración limitada de tecnologías concretas de manejo y calidad de semillas. En otras palabras, las semillas aparecen como parte de múltiples agendas, pero no siempre como eje central de articulación entre conservación, manejo y mejoramiento.

Desde la perspectiva de vacíos de investigación, la figura 2 revela que la agenda reciente avanza hacia temas de adaptación y sostenibilidad, pero aún necesita fortalecer la conexión entre ciencia básica, tecnología de semillas y aplicación territorial, esta brecha es relevante para países agrícolas que requieren respuestas concretas frente al cambio climático, ya que la literatura internacional reconoce el valor de los sistemas de semillas resilientes, pero todavía se requiere mayor evidencia sobre cómo estas tecnologías se adaptan a contextos locales, agricultores familiares y cadenas productivas específicas (Cacho et al., 2020; Louwaars; Manicad, 2022a; Pedrini et al., 2017).

En la red de coocurrencia de palabras clave (Figura 3), permite identificar la estructura conceptual del campo. A diferencia de la visualización temporal, esta red organiza los términos por afinidad temática mediante clústeres de colores, lo que facilita reconocer las áreas de conocimiento que se agrupan dentro del corpus. Los nodos de mayor tamaño corresponden a términos con mayor frecuencia, mientras que la cercanía entre ellos indica relaciones conceptuales más fuertes. En conjunto, el mapa confirma que la investigación sobre semillas se distribuye en varios núcleos interconectados: genética y mejoramiento,

establecimiento vegetal, sostenibilidad agrícola, cambio climático y biodiversidad, y compuestos bioactivos y conservación de alimentos.

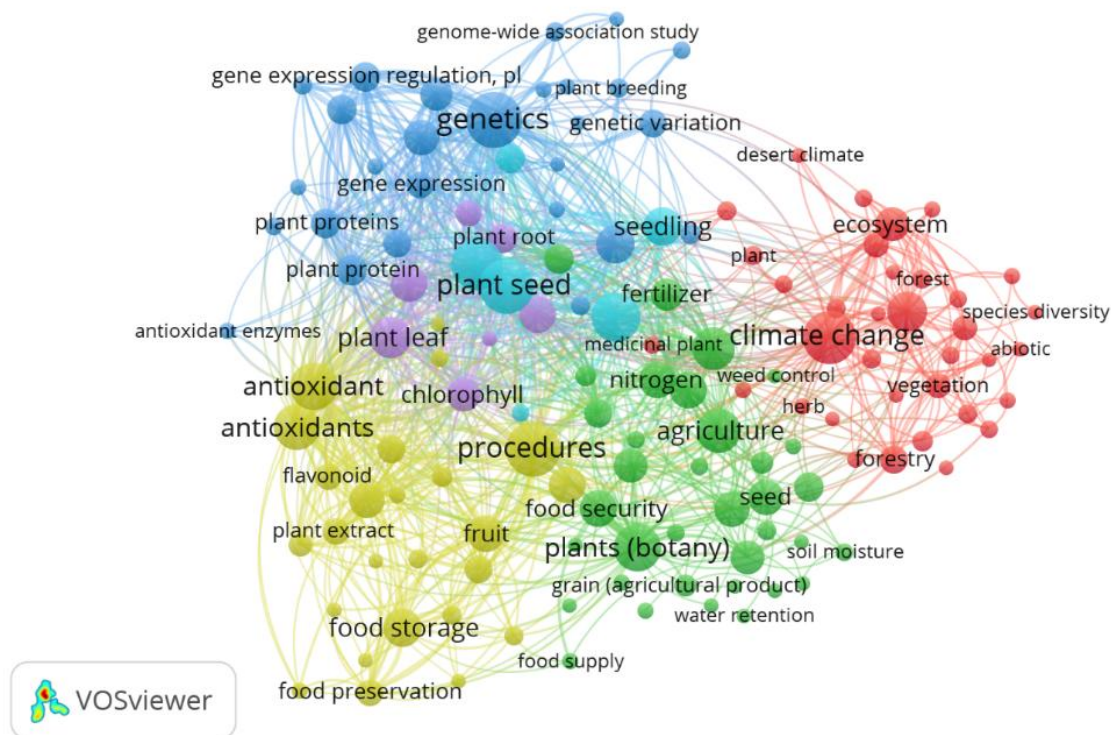


Figura 3. Mapa de palabras claves con 15 de co-ocurrencia de la cadena de búsqueda booleana («seed conservation» OR «seed storage» OR «seed preservation») AND («seed management» OR «seed treatment» OR «seed priming» OR «seed coating») AND («seed improvement» OR «seed enhancement» OR «seed quality» OR «seed vigor» OR «biotechnology») AND («food security» OR «climate change» OR «sustainable agriculture»). Fuente: Elaboración en VOSviewer por los autores basada en datos bibliográficos recuperados de Scopus (2015–2025).

El primer clúster dominante se concentra alrededor de *genetics*, *gene expression*, *gene expression regulation*, *genetic variation*, *genome-wide association study* y *plant breeding*. Esta agrupación expresa el peso del mejoramiento y de la biología molecular dentro del campo, la presencia de estos términos indica que la literatura reciente considera la variabilidad genética y la expresión génica como dimensiones clave para comprender la adaptación de las semillas y plántulas a condiciones ambientales cambiantes, esta estructura conceptual es coherente con la transformación del mejoramiento vegetal hacia enfoques basados en genómica, caracterización de germoplasma y selección de rasgos vinculados con resiliencia climática (Mascher et al., 2019; Sinha et al., 2021; Whitehouse et al., 2020).

Un segundo clúster se organiza alrededor de *plant seed*, *seedling*, *plant root*, *plant leaf*, *chlorophyll*, *fertilizer*, *nitrogen* y *procedures*, este clúster refleja una dimensión fisiológica y agronómica del campo, centrada en el desempeño de la semilla y de la plántula en las fases iniciales del cultivo, la ubicación central de *plant seed* dentro de la red confirma que la semilla funciona como nodo articulador entre fisiología, nutrición, establecimiento y manejo, este resultado coincide con la idea de que el vigor de semillas y la calidad

fisiológica son factores decisivos para la emergencia uniforme, la eficiencia de implantación y la respuesta de los cultivos bajo condiciones no óptimas (Finch-Savage; Bassel, 2016; Paparella et al., 2015).

El tercer clúster se vincula con *climate change, ecosystem, forest, species diversity, vegetation, forestry* y *abiotic stress*, en donde esta agrupación confirma que la conservación de semillas y recursos genéticos se está interpretando dentro de una matriz ambiental más amplia, la relación entre cambio climático, biodiversidad y ecosistemas sugiere que el corpus no se limita a cultivos comerciales, sino que también incluye temas de conservación biológica, restauración y diversidad vegetal; este hallazgo es importante porque conecta la conservación de semillas con la adaptación ecológica y con la necesidad de mantener diversidad genética frente a presiones ambientales crecientes (FAO, 2019; IPCC, 2023; Raza et al., 2019).

El cuarto conjunto (clúster), se ubica alrededor de *antioxidants, antioxidant, plant extract, flavonoid, food storage, food preservation* y *chlorophyll*, este clúster revela una conexión entre semillas, compuestos bioactivos, metabolismo vegetal y calidad de productos, aunque no todos estos términos son específicos de semillas, su presencia muestra que el corpus recuperado incluye investigaciones sobre bioactividad, preservación y calidad alimentaria, lo que amplía el campo hacia el vínculo entre producción vegetal y seguridad alimentaria, esta dimensión es relevante para interpretar las semillas como parte de una cadena que inicia en la conservación y manejo del material biológico, pero se proyecta hacia alimentos, nutrición y sostenibilidad.

La red de coocurrencia permite detectar un vacío conceptual central, en donde los clústeres están bien definidos, pero la conexión directa entre conservación, manejo y mejoramiento de semillas no aparece como un bloque único y dominante. La red muestra que la genética, el establecimiento vegetal, la sostenibilidad y la conservación ambiental están presentes, pero distribuidos en núcleos diferentes. Esto sugiere que el campo científico aún tiende a desarrollar conocimientos especializados por separado, en lugar de consolidar un marco integrador donde conservación de germoplasma, tecnologías de tratamiento de semillas y mejoramiento genético operen como partes de una misma estrategia de resiliencia agrícola.

Este vacío es relevante desde una perspectiva aplicada, los trabajos sobre recubrimiento y priming demuestran que las tecnologías de manejo pueden mejorar la germinación y el establecimiento, mientras que los estudios de genebanks y mejoramiento muestran que la diversidad genética es esencial para desarrollar materiales adaptados, sin embargo, si estas líneas permanecen desconectadas, su impacto sobre sistemas productivos reales puede ser limitado; por ello, la Figura 3 sugiere la necesidad de investigaciones que articulen calidad fisiológica, tecnologías de manejo, diversidad genética, adaptación climática y validación en condiciones productivas locales (Finch-Savage; Bassel, 2016; Mascher et al., 2019; Paparella et al., 2015; Pedrini et al., 2017; Sinha et al., 2021; Whitehouse et al., 2020).

En la producción científica en los últimos 10 años, como se observa en la Figura 4, se evidencia una fuerte concentración de la producción científica latinoamericana, Brasil lidera ampliamente con 895 documentos, seguido por México con 381, Argentina con 229, Chile con 161, Colombia con 125, Perú

con 102 y Ecuador con 83. En conjunto, estos países concentran la mayor parte de la producción regional, mientras que el resto de los países aparece con volúmenes considerablemente menores. Este patrón muestra que América Latina participa en el campo, pero lo hace de manera desigual, con una concentración marcada en pocos sistemas científicos nacionales.

El liderazgo de Brasil es el resultado más visible, dentro del total regional representado en la figura, Brasil concentra aproximadamente el 42% de los documentos, lo que confirma su papel como principal polo latinoamericano de investigación en temas agrícolas, ambientales, biológicos y de sostenibilidad, esta posición no resulta aislada, ya que estudios bibliométricos sobre sistemas científicos latinoamericanos han señalado que Brasil suele liderar la producción regional, especialmente en áreas vinculadas con agricultura, ciencias biológicas, recursos naturales y ambiente (Confraria; Vargas, 2019).

Producción científica en América Latina y Paraguay

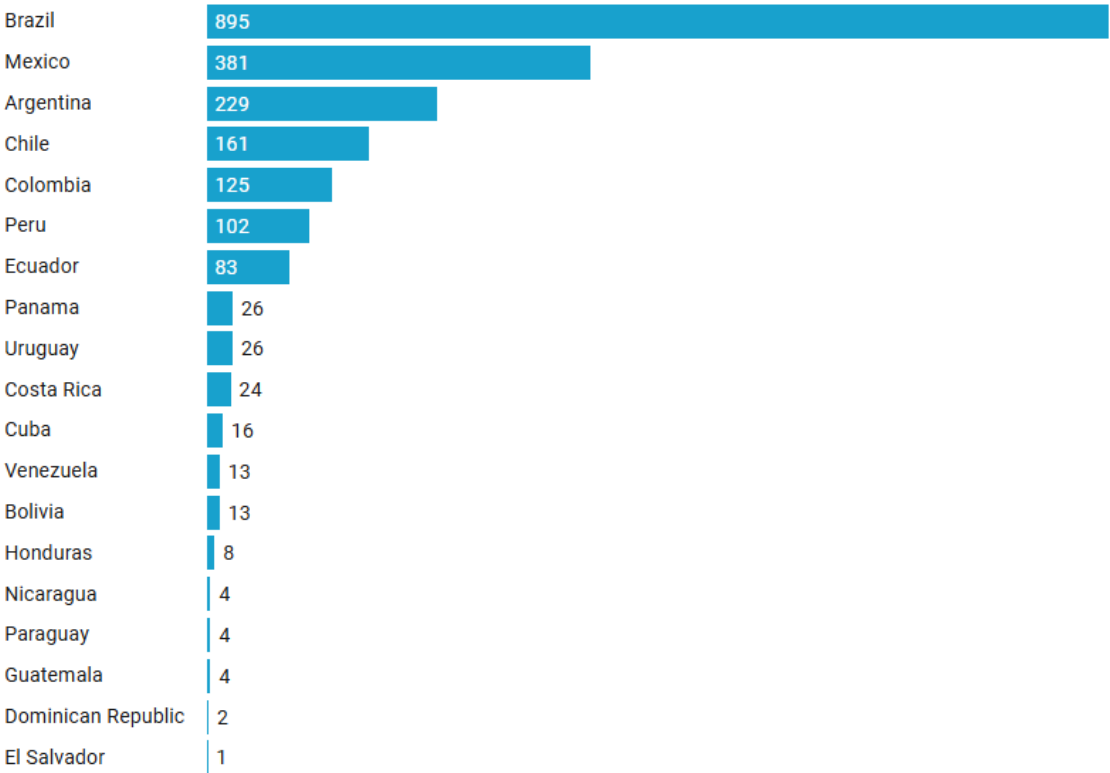


Figura 4. Producción científica a través del tiempo en América Latina y Paraguay transición de trabajos realizados en las prácticas de conservación, manejo y mejoramiento de semillas (2015–2025). Fuente: Elaboración en Bibliometrix por los autores basada en datos bibliográficos recuperados de *Scopus* (2015–2025).

México, Argentina, Chile, Colombia, Perú y Ecuador constituyen un segundo bloque de producción, estos países muestran una presencia regional relevante, aunque distante del volumen brasileño, la distribución observada sugiere que la capacidad científica en América Latina no depende solo de la importancia agrícola de cada país, sino también de factores institucionales, inversión en

investigación, redes internacionales, indexación de revistas y consolidación de grupos académicos; este patrón es coherente con análisis regionales que muestran que la producción científica latinoamericana tiende a concentrarse en países con sistemas universitarios y de investigación más consolidados (Confraria; Vargas, 2019; Coronado et al., 2021).

En el caso de Paraguay la figura muestra que aparece con 4 documentos, un volumen muy inferior al de Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia, Perú y Ecuador. En términos relativos, Paraguay representa menos del 0,2% de los documentos latinoamericanos incluidos en esta comparación, este resultado no significa ausencia de relevancia agrícola, sino baja visibilidad científica internacional en Scopus dentro del campo analizado. Por tanto, Paraguay se presenta como un caso de brecha territorial y oportunidad estratégica de investigación. La baja presencia de Paraguay debe interpretarse con cautela, pero también con sentido crítico. El país posee una economía fuertemente vinculada a la agricultura y cuenta con necesidades claras en conservación de recursos genéticos, calidad de semillas, adaptación climática, mejoramiento de cultivos y sostenibilidad productiva. Sin embargo, esos problemas no se traducen proporcionalmente en publicaciones visibles dentro del corpus. Esta desconexión entre relevancia productiva y visibilidad científica constituye un vacío geográfico importante, especialmente para investigaciones que busquen fortalecer la producción científica nacional y regional sobre semillas.

La Figura 4 también revela una brecha regional de colaboración y posicionamiento, si bien América Latina aparece representada, la mayor parte de la producción se concentra en pocos países, esto coincide con estudios sobre sistemas científicos latinoamericanos que muestran avances en producción científica, pero también persistencia de desigualdades internas, baja integración entre países y debilidades en la vinculación ciencia-sector productivo; para un tema como semillas, estas brechas son críticas porque la resiliencia agrícola requiere investigación local, validación en condiciones territoriales y articulación entre universidades, instituciones públicas, productores y sistemas de semillas (Confraria; Vargas, 2019; Louwaars; Manicad, 2022).

Desde una perspectiva de alto impacto, el resultado de Paraguay permite construir una justificación fuerte para nuevas investigaciones, la brecha no debe presentarse solo como una debilidad, sino como una oportunidad para posicionar estudios nacionales sobre conservación, manejo y mejoramiento de semillas en cultivos estratégicos, agricultura familiar, recursos genéticos locales y adaptación climática, la literatura internacional reconoce que los sistemas de semillas resilientes y adaptados localmente son fundamentales para enfrentar el cambio climático y sostener la seguridad alimentaria; por ello, la baja producción paraguaya representa un espacio de contribución científica con relevancia regional (Cacho et al., 2020; Louwaars; Manicad, 2022; Raza et al., 2019).

CONCLUSIÓN

El análisis bibliométrico permitió evidenciar que la conservación, manejo y mejoramiento de semillas constituyen un campo científico multidisciplinario, estrechamente vinculado con el cambio

climático, la seguridad alimentaria, la sostenibilidad agrícola, la biodiversidad y la innovación tecnológica, los resultados demuestran que las semillas han dejado de ser consideradas únicamente como material de propagación, para posicionarse como recursos estratégicos en la resiliencia de los sistemas productivos. La visualización temporal y la red de coocurrencia revelaron una estructura temática activa, organizada alrededor de la genética, germinación, desempeño vegetal, calidad alimentaria, sostenibilidad y adaptación ambiental. Sin embargo, también se identificó una fragmentación conceptual entre conservación, manejo y mejoramiento, así como una baja centralidad de tecnologías específicas como *seed priming*, *seed coating*, *seed treatment*, *seed quality* y *seed vigor*. Esta situación demuestra que la abundancia de publicaciones no garantiza una integración científica suficiente para responder a los desafíos agrícolas actuales. Asimismo, la baja visibilidad de Paraguay dentro del corpus analizado evidencia una brecha geográfica relevante frente a su potencial agrícola y biológico. En este sentido, el país posee una oportunidad estratégica para fortalecer investigaciones sobre recursos genéticos, calidad fisiológica, tratamientos bioactivos y mejoramiento adaptativo de semillas. En conjunto, el estudio concluye que el futuro de la investigación en semillas debe avanzar hacia un enfoque sistémico, capaz de integrar diversidad genética, innovación tecnológica, adaptación territorial y sostenibilidad productiva. Esta articulación representa una línea prioritaria para posicionar a Paraguay y América Latina dentro de una agenda científica de mayor impacto internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., & Smith, D. L. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1473. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>
- Cacho, O. J., Moss, J., Thornton, P. K., Herrero, M., Henderson, B., BDIRSKY, B. L., Humpenöder, F., Popp, A., & Lipper, L. (2020). The value of climate-resilient seeds for smallholder adaptation in sub-Saharan Africa. *Climatic Change*, 162(3), 1213–1229. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02817-z>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Ha, M. (with Lee, H.). (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.* (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M.

- Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.; First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Confraria, H., & Vargas, F. (2019). Scientific systems in Latin America: Performance, networks, and collaborations with industry. *The Journal of Technology Transfer*, 44(3), 874–915. <https://doi.org/10.1007/s10961-017-9631-7>
- Coronado, F. C., Merigó, J. M., & Cancino, C. A. (2021). Business and management research in Latin America: A country-level bibliometric analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*, 40(2), 1865–1878. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189192>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2019). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. FAO. <https://doi.org/10.4060/CA3129EN>
- Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567–591. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv490>
- Fiodor, A., Ajjah, N., Dziewit, L., & Pranaw, K. (2023). Biopriming of seed with plant growth-promoting bacteria for improved germination and seedling growth. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1142966. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1142966>
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ippc). (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (1a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Louwaars, N. P., & Manicad, G. (2022a). Seed Systems Resilience—An Overview. *Seeds*, 1(4), 340–356. <https://doi.org/10.3390/seeds1040028>
- Mascher, M., Schreiber, M., Scholz, U., Graner, A., Reif, J. C., & Stein, N. (2019). Genebank genomics bridges the gap between the conservation of crop diversity and plant breeding. *Nature Genetics*, 51(7), 1076–1081. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0443-6>
- McGuire, S., & Sperling, L. (2016). Seed systems smallholder farmers use. *Food Security*, 8(1), 179–195. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0528-8>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The

- PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: State of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34(8), 1281–1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>
- Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., & Dixon, K. (2017). Seed Coating: Science or Marketing Spin? *Trends in Plant Science*, 22(2), 106–116. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.11.002>
- 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), 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Razzaq, A., Kaur, P., Akhter, N., Wani, S. H., & Saleem, F. (2021). Next-Generation Breeding Strategies for Climate-Ready Crops. *Frontiers in Plant Science*, 12, 620420. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.620420>
- Sinha, P., Singh, V. K., Bohra, A., Kumar, A., Reif, J. C., & Varshney, R. K. (2021). Genomics and breeding innovations for enhancing genetic gain for climate resilience and nutrition traits. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(6), 1829–1843. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03847-6>
- Solberg, S. Ø., Yndgaard, F., Andreasen, C., Von Bothmer, R., Loskutov, I. G., & Asdal, Å. (2020). Long-Term Storage and Longevity of Orthodox Seeds: A Systematic Review. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1007. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01007>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Westengen, O. T., Dalle, S. P., & Mulesa, T. H. (2023). Navigating toward resilient and inclusive seed systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(14), e2218777120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2218777120>
- Whitehouse, K. J., Hay, F. R., & Lusty, C. (2020). Why Seed Physiology Is Important for Genebanking. *Plants*, 9(5), 584. <https://doi.org/10.3390/plants9050584>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

Producción agroecológica en huertas familiares: prácticas sostenibles para la seguridad alimentaria

 10.46420/9786585756846cap5

Joel Rodrigo Giménez Arrúa 
Daisy Leticia Ramírez Monzón 

INTRODUCCIÓN

La producción agroecológica en huertas familiares constituye una estrategia relevante para fortalecer la seguridad alimentaria, diversificar la dieta y promover prácticas sostenibles dentro de la agricultura familiar, a diferencia de una visión limitada a la producción doméstica de hortalizas, la huerta familiar agroecológica puede interpretarse como un agroecosistema integrado donde interactúan suelo, agua, semillas, biodiversidad, trabajo familiar, saberes locales y prácticas de manejo ecológico, esta interpretación coincide con la definición contemporánea de la agroecología como ciencia, práctica y movimiento orientado a rediseñar los sistemas alimentarios mediante diversidad, reciclaje, sinergias, eficiencia, resiliencia, cultura alimentaria y gobernanza responsable (Barrios et al., 2020; Wezel et al., 2020).

El interés científico por las huertas familiares aumentó porque estos espacios productivos pueden responder simultáneamente a problemas alimentarios, ambientales y sociales, las huertas aportan alimentos frescos de proximidad, permiten aprovechar residuos orgánicos, reducen parcialmente la dependencia de insumos externos y favorecen el uso de especies alimenticias, medicinales y aromáticas, Korpelainen (2023), sostiene que los huertos familiares cumplen una función importante en la conservación y utilización de recursos genéticos vegetales, especialmente cuando se integran variedades locales y especies subutilizadas con valor alimentario o cultural.

En América, la evidencia muestra que las huertas familiares son espacios de agrobiodiversidad, aprendizaje y autonomía alimentaria, Castañeda-Navarrete (2021), en el sur de México, la diversidad vegetal y animal de las huertas se relaciona con diferentes medidas de seguridad alimentaria, aunque el aporte depende de características del hogar y del contexto rural o periurbano. En América Latina, la agroecología posee un sentido técnico, político y territorial más amplio que en otros contextos, Rosset, Barbosa, Val y McCune. (2021), describen que el pensamiento agroecológico latinoamericano como un campo marcado por el diálogo de saberes, la organización social, la agricultura campesina y la crítica a modelos agroalimentarios altamente dependientes de mercados globales, Tiftonell, Fernandez, El Mujtar, Preiss y Sarapura (2021), señalan que durante la crisis de COVID-19 las redes de agricultura familiar y los

movimientos agroecológicos latinoamericanos respondieron mediante circuitos cortos, acción colectiva y revalorización de los alimentos locales.

Paraguay constituye un interés para este análisis porque su estructura agraria combina agricultura empresarial orientada a commodities con sistemas de agricultura familiar, campesina e indígena que sostienen parte importante de la alimentación local, Soldi, Aparicio, Guareschi, Donati y Insfrán (2019), compararon sistemas agrícolas paraguayos mediante el marco SAFA y describieron la agricultura campesina familiar como un sistema basado en pequeñas unidades, trabajo familiar, producción para autoconsumo y mercados de proximidad. El manejo agroecológico de huertas familiares en Paraguay debe analizarse considerando condiciones concretas, disponibilidad de agua, acceso a semillas, fertilidad del suelo, asistencia técnica, continuidad de proyectos, organización comunitaria y presión del modelo agroindustrial, Pratt y Wingenbach (2016), muestran que la adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura por pequeños productores paraguayos depende de capacitación, información, participación social y asistencia técnica.

El análisis no busca presentar una guía básica de establecimiento de huertas, sino un análisis descriptivo-crítico de sus fundamentos, prácticas y aportes, en la cual cada práctica se vincula con evidencia científica reciente y con un análisis territorial que incorpora América, América Latina y Paraguay, desde esta perspectiva, la huerta familiar agroecológica se entiende como un componente estratégico de sistemas alimentarios locales más sostenibles, pero también como una práctica que requiere planificación, continuidad y políticas de apoyo para sostenerse en el tiempo, se analizará la producción agroecológica en huertas familiares como estrategia sostenible para fortalecer la seguridad alimentaria, la biodiversidad funcional, la resiliencia familiar y la agricultura familiar en contextos rurales y periurbanos de América Latina, con énfasis crítico en Paraguay, el objetivo no es elaborar una guía operativa básica, sino desarrollar una revisión documental descriptiva-analítica que integre fundamentos científicos, prácticas técnicas, beneficios, limitaciones y un modelo conceptual aplicable a contextos rurales y periurbanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y enfoque del estudio

El capítulo se desarrolló como una revisión documental descriptiva-analítica, este enfoque permite recopilar, organizar, comparar e interpretar literatura científica existente para construir una síntesis crítica sobre un tema, especialmente cuando el propósito no es generar datos experimentales primarios, sino integrar conocimientos disponibles, reconocer patrones de evidencia, identificar limitaciones y proponer una lectura aplicada (Snyder, 2019). La revisión no se planteó como metaanálisis cuantitativo debido al tipo de análisis planteado y por la heterogeneidad de los estudios disponibles: diferentes países, métodos, escalas, unidades de análisis y variables de seguridad alimentaria o biodiversidad, por ello se optó por una síntesis temática que permite ordenar la evidencia en categorías

técnicas y territoriales, siguiendo criterios de transparencia metodológica recomendados para revisiones académicas (Page et al., 2021; Snyder, 2019).

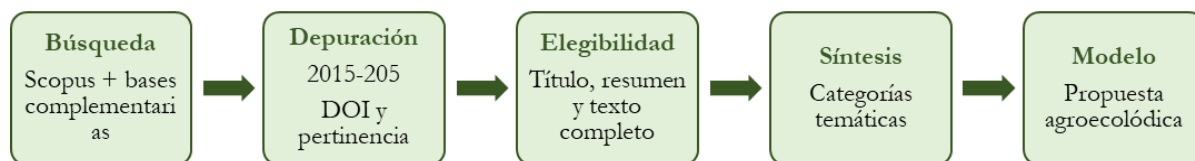


Figura 1. Flujo metodológico de la revisión documental descriptiva-analítica. Fuente: Elaboración propia a partir de criterios de revisión documental descritos por Snyder (2019) y recomendaciones de transparencia metodológica de Page et al. (2021).

Fuentes de información y periodo de análisis

La revisión se delimitó del periodo 2015-2025, con el fin de concentrar el análisis en literatura reciente de los últimos diez años. Se priorizaron artículos científicos revisados por pares, con DOI verificable y publicados en revistas académicas indexadas internacionalmente. La búsqueda se orientó principalmente hacia *Scopus* como base de referencia, complementada con PubMed, SciELO y portales editoriales oficiales, esta delimitación responde a la necesidad de sostener el análisis con fuentes científicas recientes y trazables. La selección de fuentes se orientó a evitar documentos sin respaldo académico. Por ello, el capítulo se fundamenta en literatura científica con DOI y en revistas reconocidas en áreas de agroecología, seguridad alimentaria, sostenibilidad agrícola y sistemas alimentarios, en el caso de Paraguay, se priorizaron estudios con DOI sobre agricultura familiar, sostenibilidad de sistemas agrícolas y adopción de prácticas agroecológicas o de conservación o informaciones de ONGs (Leite; Tofighi, 2022; Pratt; Wingenbach, 2016; Soldi et al., 2019).

Estrategia de búsqueda documental

La búsqueda combinó términos en inglés relacionados con huertas familiares, agroecología, seguridad alimentaria, biodiversidad y agricultura familiar, la lógica de búsqueda se orientó a recuperar trabajos que relacionaran huertas familiares con dimensiones productivas, ecológicas, nutricionales y sociales. La cadena de búsqueda sugerida para *Scopus*:

TITLE-ABS-KEY («home garden» OR «homegarden» OR «family garden» OR «household garden» OR «kitchen garden») AND TITLE-ABS-KEY («agroecology» OR «family farming» OR «food security» OR «dietary diversity» OR «agrobiodiversity» OR «biodiversity» OR «sustainable agriculture» OR «crop diversification») AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2025

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron publicaciones científicas entre 2015 y 2025 que abordaran al menos una de las siguientes dimensiones: huertas familiares, producción agroecológica, agricultura familiar, seguridad

alimentaria, diversidad dietaria, agrobiodiversidad, manejo sostenible del suelo, manejo eficiente del agua, diversificación de cultivos, manejo ecológico de plagas, resiliencia climática o sistemas alimentarios locales. Se excluyeron documentos sin DOI verificable, trabajos fuera del periodo definido, fuentes sin respaldo académico, publicaciones duplicadas y estudios centrados exclusivamente en agricultura convencional intensiva sin relación con sostenibilidad o agricultura familiar. También se incluyeron estudios sobre agroecología en América Latina y Paraguay cuando aportaban elementos territoriales relevantes, aunque no abordaran exclusivamente huertas familiares, esta decisión metodológica se justifica porque la producción en huertas no puede analizarse de manera aislada del contexto agrario, alimentario y político donde se desarrolla (Rosset et al., 2021; Soldi et al., 2019; Tiftonell et al., 2021).

Organización de la información

La información fue organizada en categorías temáticas: fundamentos agroecológicos, diseño de huertas, manejo del suelo, diversificación y biodiversidad funcional, manejo ecológico de plagas y enfermedades, uso eficiente del agua, seguridad alimentaria, economía familiar, limitaciones y análisis territorial para América, América Latina y Paraguay. Posteriormente, cada categoría fue analizada mediante síntesis crítica, relacionando los aportes de los autores con la aplicabilidad técnica en huertas familiares. El periodo de análisis fueron seleccionado publicaciones entre 2015 y 2025, los tipos de fuente, fueron artículos revisados por pares, revisiones y documentos científicos con DOI, en donde la base principal fue *Scopus* como referencia con verificación complementaria en portales editoriales, llevando en cuenta los criterios temáticos y fueron excluidos fuentes sin DOI, fuera del periodo, duplicadas o sin relación directa con el tema, para la síntesis temática se agruparon por categorías técnico-científicas.

Procedimiento de análisis y síntesis

La información fue organizada en categorías temáticas: fundamentos agroecológicos, diseño de huertas, manejo del suelo, diversificación y biodiversidad funcional, manejo ecológico de plagas y enfermedades, uso eficiente del agua, seguridad alimentaria, economía familiar, limitaciones y análisis territorial para América, América Latina y Paraguay. Posteriormente, cada categoría fue analizada mediante síntesis crítica, relacionando los aportes de los autores con la aplicabilidad técnica en huertas familiares. Para evitar una lectura meramente descriptiva, el análisis se estructuró en dos niveles. El primer nivel sistematizó prácticas y evidencias; el segundo nivel discutió condiciones de sostenibilidad, limitaciones y riesgos de implementación. Este criterio permitió reconocer que las huertas familiares tienen alto potencial, pero sus beneficios dependen de planificación, acceso al agua, semillas, asistencia técnica, organización familiar y continuidad institucional. No se aplicó metaanálisis porque las fuentes revisadas presentan heterogeneidad en objetivos, contextos geográficos, escalas de análisis, variables y metodologías.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La huerta familiar como agroecosistema integrado

Es posible afirmar que la huerta familiar agroecológica debe interpretarse como un sistema integrado y no como una suma de cultivos aislados, su funcionamiento depende de la articulación entre participación familiar, suelo vivo, agua eficiente, semillas locales, biodiversidad funcional, manejo ecológico de plagas, reciclaje de nutrientes y diversificación productiva, estos componentes se relacionan con principios agroecológicos ampliamente reconocidos: diversidad, reciclaje, eficiencia, sinergias, resiliencia, cultura alimentaria y gobernanza local (Barrios et al., 2020; Korpelainen, 2023; Mottet et al., 2020; Tamburini et al., 2020; Wezel et al., 2020). La huerta familiar tiene una condición multifuncional, no produce únicamente alimentos, sino también conocimiento, autonomía, conservación de biodiversidad, educación ambiental y vínculos comunitarios, en donde Barrios, Gemmill, Bicksler, Siliprandi y Brathwaite (2020), señalan que los elementos de la agroecología permiten entender las transiciones alimentarias como procesos complejos donde biodiversidad, reciclaje, sinergias, eficiencia, resiliencia, valores humanos, cultura alimentaria y gobernanza se articulan. En huertas familiares, esa articulación se materializa en prácticas como compostaje, rotación de cultivos, asociación de especies, conservación de semillas y uso de recursos locales.

Además, Castañeda-Navarrete (2021), evidenció que las huertas familiares pueden cumplir funciones ecológicas, económicas, materiales, sociales y culturales, con variaciones entre contextos rurales y periurbanos. Esta evidencia es importante porque confirma que las huertas no deben evaluarse únicamente por rendimiento comercial, sino por su aporte integral a los medios de vida familiares, a partir de esta revisión, la huerta familiar agroecológica puede definirse como un sistema alimentario local de pequeña escala, manejado con principios ecológicos, diversidad funcional y participación familiar.

El modelo integrado propuesto en este análisis se organiza con una lógica funcional (Figura 2): la participación familiar sostiene el manejo ecológico y el reciclaje de nutrientes; estas prácticas fortalecen suelo vivo, agua eficiente, semillas locales y biodiversidad funcional; la integración de esos componentes permite diversificación productiva; y la diversificación contribuye a la seguridad alimentaria y a la resiliencia familiar. Esta secuencia no debe entenderse como lineal rígida, sino como un sistema de relaciones donde cada componente refuerza a los demás.

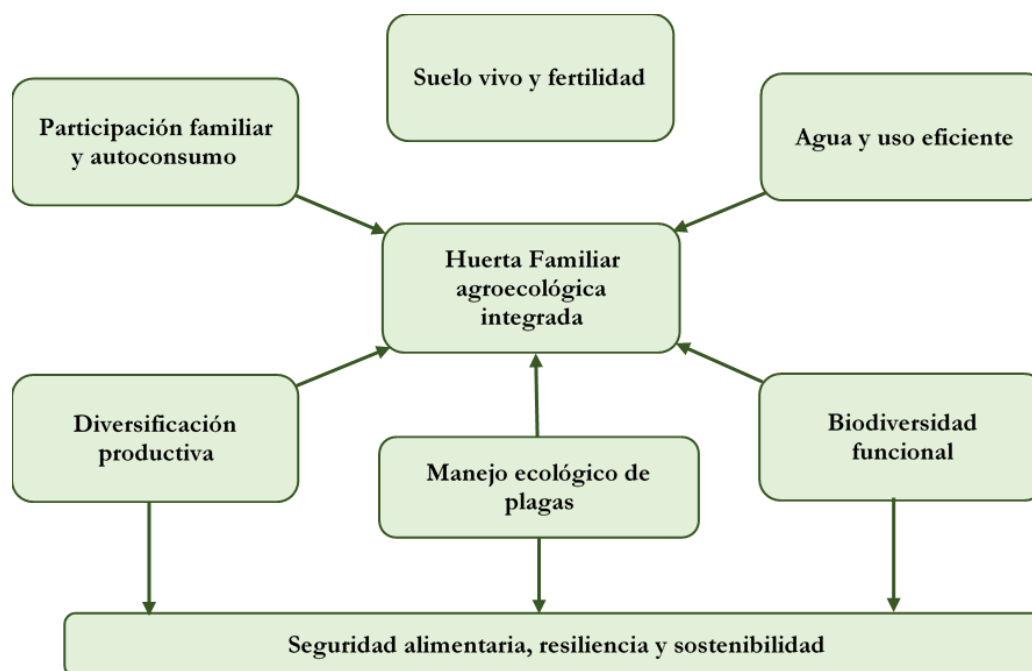


Figura 2. Modelo integrado de huerta familiar agroecológica. Fuente: Elaboración propia con base en Wezel et al. (2020), Barrios et al. (2020), Tamburini et al. (2020) y Korpelainen (2023).

Las huertas como reservorios de agrobiodiversidad y alimentos frescos

En el continente americano, las huertas familiares aparecen en la literatura como espacios de conservación de agrobiodiversidad, producción alimentaria y reproducción de saberes locales; Castañeda-Navarrete (2021), demostró que las huertas familiares pueden albergar diversidad vegetal y animal asociada con seguridad alimentaria, aunque el efecto depende de las características del hogar y de las diferencias entre contextos rurales y periurbanos, este hallazgo son importantes porque nos permite entender la huerta como un sistema socioecológico, no solo como una superficie hortícola. La dimensión de biodiversidad resulta central para América debido a la riqueza de especies alimenticias, medicinales, aromáticas y culturales presentes en los sistemas familiares; Korpelainen (2023), destaca que los huertos familiares son relevantes para conservar y utilizar recursos genéticos vegetales, especialmente especies tradicionales y variedades locales, en términos críticos, esta función de conservación no ocurre de manera espontánea: requiere que las familias mantengan semillas, intercambien materiales, reconozcan especies útiles y cuenten con condiciones mínimas para sostener el cultivo durante el año.

América Latina: agroecología, movimientos sociales y circuitos alimentarios locales

En América Latina, la agroecología posee una fuerte dimensión territorial y política; Rosset et al. (2021), sostienen que el pensamiento agroecológico latinoamericano se construyó mediante diálogo de saberes, organización social, conocimiento campesino e indígena, y crítica a modelos agrícolas dependientes de insumos externos, esta perspectiva aporta profundidad al análisis de huertas familiares, porque permite verlas como espacios de autonomía, educación alimentaria y resistencia frente a sistemas

alimentarios homogéneos. La experiencia latinoamericana durante la pandemia de COVID-19 reforzó el valor de la agricultura familiar, los circuitos cortos y la acción colectiva; Tiftonell et al. (2021), describen que los movimientos agroecológicos y la agricultura familiar en América Latina desarrollaron respuestas tempranas ante las restricciones alimentarias, revalorizando la proximidad entre productores y consumidores, desde esta mirada, las huertas familiares pueden funcionar como una escala doméstica o comunitaria de resiliencia alimentaria, siempre que se articulen con redes locales y procesos de extensión.

Del mismo modo, la revisión de Bezner Kerr, Madsen, Stüber, Liebert y Enloe (2021), indica que la agroecología puede contribuir a la seguridad alimentaria y la nutrición, pero advierte que la evidencia no debe interpretarse de forma simplista, la mejora alimentaria depende de factores productivos, culturales, económicos y de género. Por tanto, en América Latina no basta con promover huertas como infraestructura; se requiere fortalecer capacidades, acceso a recursos, participación familiar y políticas públicas coherentes.

La agricultura familiar, presión agroindustrial y necesidad de huertas agroecológicas sostenibles enfocadas a Paraguay

Paraguay por ser considerado un país con una diversidad de pueblos indígenas, donde aún se presenta fuertemente la agricultura familiar debido a que presenta condiciones particulares para discutir la producción agroecológica en huertas familiares; Soldi et al. (2019), muestran que la agricultura campesina familiar paraguaya se caracteriza por pequeñas unidades productivas, trabajo familiar, producción para autoconsumo y mercados de proximidad, el mismo estudio describe que los sistemas agroecológicos, campesinos e indígenas pueden alcanzar buenos niveles de sostenibilidad en dimensiones sociales, ambientales, económicas y de gobernanza, aunque enfrentan limitaciones estructurales frente al peso del agronegocio. Del mismo modo, Leite y Tofighi (2022), advierten que el predominio de agricultura industrial centrada en soja transgénica, deforestación y uso de agroquímicos ha afectado las prácticas sostenibles en la agricultura familiar en Paraguay, las huertas familiares agroecológicas no deben presentarse como sustituto de políticas agrarias profundas, pero sí como una estrategia complementaria para mejorar el acceso a alimentos frescos, fortalecer la autonomía doméstica y recuperar prácticas diversificadas en comunidades rurales y periurbanas.

El estudio de Pratt y Wingenbach (2016), aporta una lectura clave para Paraguay: *«la adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura por pequeños productores está influida por capacitación, acceso a información, participación social y asistencia técnica»*, este hallazgo se aplica directamente a las huertas familiares, porque la sostenibilidad de prácticas como compostaje, cobertura, rotación, asociación de cultivos y manejo ecológico de plagas depende de aprendizaje continuo y acompañamiento. Sin asistencia técnica, las huertas tienden a quedar reducidas a experiencias puntuales.

En la Figura 3 se sintetiza la lectura territorial y permite comprender que las huertas familiares agroecológicas no tienen el mismo significado en todas las escalas de análisis, en donde en América, se destacan principalmente como reservorios de agrobiodiversidad y espacios de producción de alimentos frescos; en América Latina, se vinculan con la agroecología, el diálogo de saberes, los circuitos cortos y la acción colectiva; mientras que en Paraguay adquieren un valor estratégico frente a la presión agroindustrial, la necesidad de diversificación productiva y el fortalecimiento de la agricultura familiar campesina. La figura también muestra que el aporte de las huertas no depende únicamente de su instalación, sino de condiciones estructurales como disponibilidad de agua, semillas locales, suelo vivo, continuidad técnica, organización familiar y políticas de apoyo.

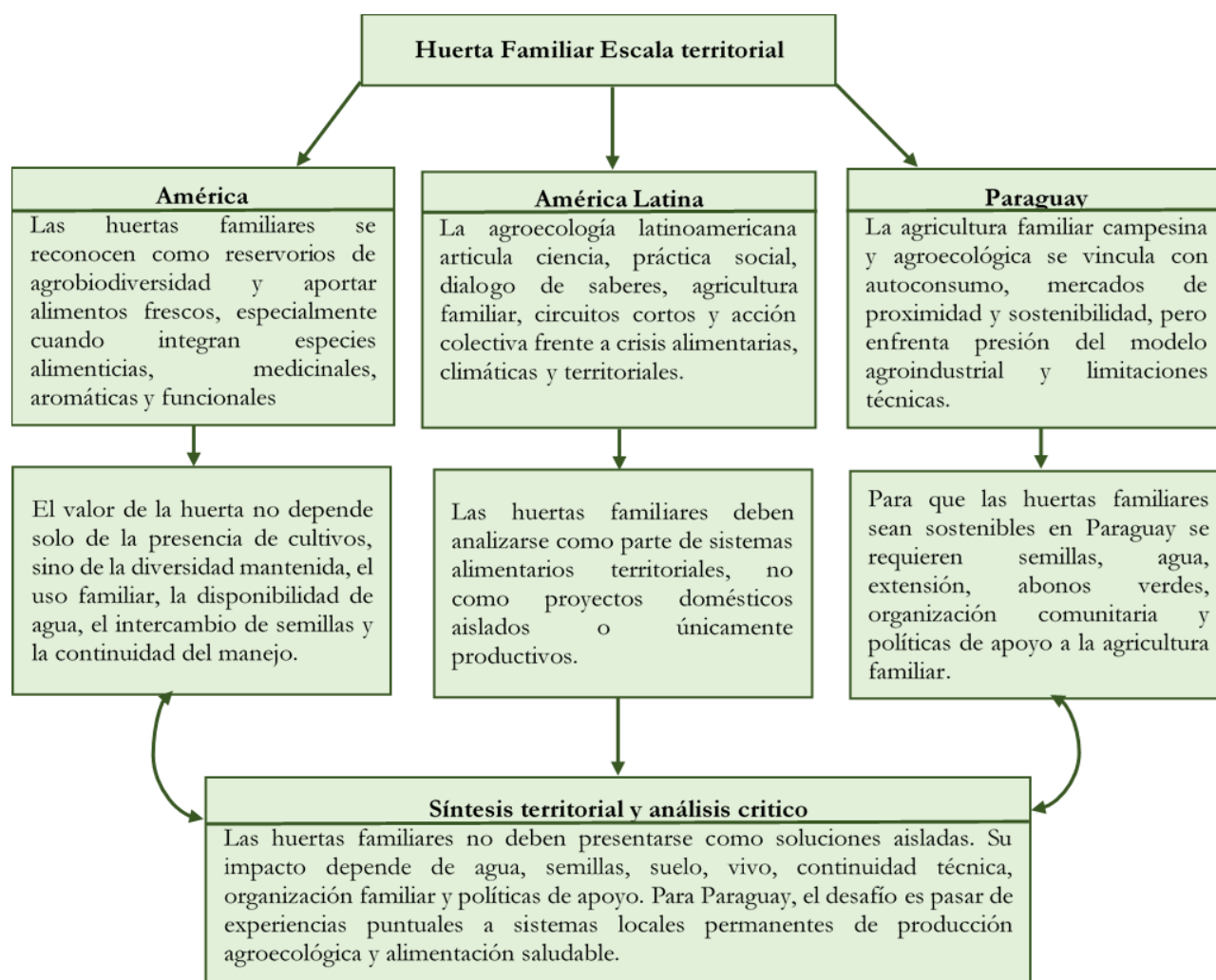


Figura 3. Lectura territorial de la producción agroecológica en huertas familiares en América, América Latina y Paraguay. Y síntesis territorial y análisis crítico de la literatura revisada sobre huertas familiares, agroecología y agricultura familiar. Fuente: Elaboración propia con base en Castañeda-Navarrete (2021), Rosset et al. (2021), Tiftonell et al. (2021), Soldi et al. (2019), Leite y Tofighi (2022), y Pratt y Wingenbach (2016).

Paraguay indica que una huerta familiar agroecológica debe ser entendida como parte de una política de seguridad alimentaria, salud pública, educación rural y sostenibilidad, en territorios como Alto

Paraná y otros departamentos con presión agrícola intensiva, las huertas pueden aportar diversidad alimentaria y reducir dependencia de alimentos comprados, pero requieren agua, semillas, capacitación, registros productivos, planificación escalonada y articulación con instituciones educativas, municipales y organizaciones de productores.

Diseño y planificación agroecológica de la huerta familiar

El diseño de una huerta familiar agroecológica debe responder a las condiciones reales del hogar: superficie disponible, acceso al agua, calidad del suelo, disponibilidad de mano de obra, necesidades alimentarias, disponibilidad de semillas y calendario climático, la planificación no se limita a distribuir canteros; implica organizar la producción para asegurar continuidad, diversidad y equilibrio ecológico, Duru, Therond, Martin, Martin-Clouaire y Magne (2015), sostienen que la agricultura basada en biodiversidad requiere diseñar arreglos espaciales y temporales que integren cultivos, cobertura, rotaciones y prácticas que favorezcan servicios ecosistémicos.

Una huerta bien planificada debe combinar especies de ciclo corto y largo, hortalizas de hoja, raíz y fruto, leguminosas, aromáticas, medicinales y flores, la producción escalonada permite evitar picos de cosecha y periodos sin alimentos, en este sentido, la diversificación no solo aumenta el número de especies, sino que mejora el uso del espacio, reduce riesgos productivos y fortalece la seguridad alimentaria familiar (Tamburini et al., 2020; Castañeda-Navarrete, 2021). La planificación debe incluir rotación de cultivos para disminuir acumulación de patógenos y evitar agotamiento del suelo, una organización básica puede alternar hortalizas de hoja, raíz, fruto y leguminosas en canteros diferentes, este método resulta viable en pequeñas superficies y permite transformar la huerta en un sistema dinámico, la rotación también debe integrarse con cobertura vegetal, compostaje y uso de abonos orgánicos, de manera que la fertilidad no dependa exclusivamente de insumos externos.

Manejo agroecológico del suelo y fertilidad

El suelo es la base funcional de la producción agroecológica en huertas familiares, por ello este enfoque, la fertilidad no se reduce a nutrientes químicos disponibles, sino que incluye materia orgánica, estructura, actividad biológica, retención de humedad y equilibrio físico-químico, Altieri, Nicholls, Henao y Lana (2015), explican que la resiliencia climática de los sistemas agrícolas se fortalece mediante manejo orgánico del suelo, reciclaje de biomasa, conservación de agua y aumento de la agrobiodiversidad. Las prácticas más relevantes para huertas familiares incluyen compost, lombricompost, bocashi, estiércol estabilizado, abonos verdes, cobertura del suelo y reciclaje de residuos orgánicos, estas prácticas permiten cerrar ciclos de nutrientes dentro del hogar o la comunidad, reduciendo la dependencia de fertilizantes externos Duru et al. (2015) y Tamburini et al. (2020), coinciden en que la diversificación y las prácticas basadas en biodiversidad pueden fortalecer servicios ecosistémicos como fertilidad del suelo, control biológico y regulación hídrica.

En Paraguay, el uso de abonos verdes y cultivos de cobertura tiene especial importancia porque permite mejorar suelos, reducir erosión y aportar biomasa en sistemas de pequeños productores, Pratt y Wingenbach (2016), demostraron que la adopción de estas tecnologías depende de asistencia técnica, acceso a información y participación social. Por ello, un programa de huertas familiares no debería limitarse a entregar semillas hortícolas; también debe enseñar producción de compost, manejo de coberturas y uso de abonos verdes adaptados al territorio.

Diversificación productiva y biodiversidad funcional

La diversificación productiva es uno de los rasgos más importantes de las huertas agroecológicas. La integración de hortalizas, leguminosas, frutales, plantas medicinales, aromáticas y flores cumple funciones alimentarias, ecológicas y culturales. Korpelainen (2023), destaca que los huertos familiares pueden conservar recursos genéticos vegetales y ampliar la disponibilidad de especies útiles. Del mismo modo Powell, Thilsted, Ickowitz, Termote, Sunderland y Herforth (2015), argumentan que la biodiversidad cultivada y silvestre puede mejorar la calidad de la dieta cuando se integra de manera efectiva en sistemas alimentarios locales. La biodiversidad funcional también favorece procesos ecológicos dentro de la huerta.

Las plantas florales pueden atraer polinizadores y enemigos naturales; las aromáticas pueden contribuir al manejo preventivo de algunas plagas; las leguminosas pueden aportar nitrógeno; y la combinación de especies reduce la vulnerabilidad frente a pérdidas totales. Tamburini et al. (2020) indican que la diversificación agrícola promueve múltiples servicios ecosistémicos sin comprometer necesariamente el rendimiento, lo que respalda su uso en sistemas de pequeña escala. En términos alimentarios, la diversidad de cultivos permite mejorar el acceso a vitaminas, minerales, fibra y compuestos bioactivos. Sin embargo, la huerta no debe ser evaluada únicamente por su aporte calórico. Su mayor contribución suele estar en la calidad de la dieta, disponibilidad de alimentos frescos, ahorro económico parcial y educación alimentaria familiar. Esta interpretación coincide con Rammohan, Pritchard y Dibley (2019), Depenbusch, Schreinemachers, Brown y Roothaert (2022) y Bezner Kerr et al. (2021), quienes muestran que producción, nutrición y consumo deben analizarse de manera integrada.

Manejo ecológico de plagas y enfermedades Roothaert

El manejo agroecológico de plagas y enfermedades se basa en prevención, monitoreo y equilibrio del sistema, en una huerta familiar, la presencia de plagas no debe interpretarse únicamente como un problema que exige aplicación de productos; también puede indicar desequilibrios asociados a monocultivo, exceso de humedad, plantas débiles, falta de rotación o baja biodiversidad, Wezel, Herren, Kerr, Barrios, Gonçalves y Sinclair (2020) y Barrios et al. (2020), destacan que la agroecología busca aprovechar sinergias ecológicas y procesos naturales para reducir dependencia de insumos externos. Las prácticas preventivas incluyen rotación, asociación de cultivos, uso de semillas sanas, eliminación de

plantas enfermas, incorporación de plantas aromáticas y florales, monitoreo frecuente, trampas y conservación de enemigos naturales, la evidencia de Tamburini et al. (2020), respalda que la diversificación agrícola puede favorecer control biológico y otros servicios ecosistémicos, en huertas familiares, esto se traduce en arreglos vegetales más complejos, donde la diversidad reduce la vulnerabilidad del sistema frente a brotes de plagas.

El análisis crítico exige evitar afirmaciones exageradas, donde las plantas aromáticas y los preparados naturales no reemplazan por sí solos un manejo sanitario integral, su utilidad depende de prevención, sanidad del material vegetal, ventilación, distancia de siembra, eliminación de focos y seguimiento. Por ello, el manejo ecológico debe ser presentado como un conjunto de decisiones técnicas y no como una receta única aplicable a cualquier contexto.

Aporte a la seguridad alimentaria, diversidad dietaria y economía familiar

Las huertas familiares agroecológicas pueden contribuir a la seguridad alimentaria mediante mayor disponibilidad de alimentos frescos, diversificación de la dieta, reducción parcial de gastos y generación de excedentes para intercambio o venta local, Rammohan et al. (2019), encontraron que el acceso a huertas familiares en Myanmar se asoció con mejores indicadores de diversidad dietaria y seguridad alimentaria, además otros autores como Depenbusch et al. (2022), reportaron que una intervención de huertas y nutrición mejoró producción y consumo de hortalizas, lo cual confirma que la huerta puede incidir en la calidad alimentaria del hogar; y Bezner Kerr et al. (2021), concluyen que la agroecología puede mejorar seguridad alimentaria y nutrición bajo determinadas condiciones. El aporte económico de las huertas no debe medirse únicamente por venta de excedentes, el autoconsumo representa ahorro indirecto y puede mejorar la calidad de la dieta, además, los excedentes pueden destinarse a trueque, ferias locales o circuitos cortos, fortaleciendo relaciones comunitarias; Tittonell et al. (2021), muestran que durante crisis regionales los circuitos cortos y la agricultura familiar pueden sostener abastecimiento local y acción colectiva.

Desde la economía familiar, la producción para autoconsumo tiene valor aunque no siempre se registre como ingreso monetario, cuando una familia produce parte de sus hortalizas, condimentos o plantas medicinales, reduce compras, aumenta disponibilidad de alimentos frescos y fortalece autonomía, Tittonell et al. (2021), destacaron que, durante la pandemia del COVID-19, la agricultura familiar y los movimientos agroecológicos de América Latina fortalecieron circuitos cortos, abastecimiento local y acción colectiva, esta evidencia permite vincular las huertas familiares con sistemas alimentarios territoriales y no solo con la unidad doméstica. En Paraguay, el vínculo entre huertas familiares, salud y alimentación es especialmente relevante; Leite y Tofighi (2022), señalan la necesidad de asegurar acceso a alimentos nutritivos derivados de prácticas sostenibles de agricultura familiar, particularmente frente a problemas asociados a exposición a plaguicidas y disponibilidad de alimentos saludables, en este marco,

las huertas agroecológicas pueden aportar alimentos frescos y espacios educativos para niños, jóvenes y familias, aunque requieren acompañamiento y continuidad.

Limitaciones y desafíos para la sostenibilidad

A pesar de sus beneficios potenciales, las huertas familiares agroecológicas enfrentan limitaciones relevantes, la disponibilidad de agua suele ser el factor más crítico para la continuidad productiva, especialmente en zonas con sequías, altas temperaturas o infraestructura deficiente. La baja fertilidad del suelo, la compactación, la falta de materia orgánica y el drenaje deficiente también reducen el desempeño de la huerta, Altieri et al. (2015) y Duru et al. (2015), muestran que el manejo ecológico del suelo y el agua es central para la resiliencia de los sistemas agrícolas diversificados.

Otro desafío es el acceso a semillas diversas y adaptadas, las huertas agroecológicas requieren diversidad genética para sostener producción escalonada, ampliar la dieta y responder a variabilidad climática, Korpelainen (2023), subraya que las huertas familiares pueden conservar recursos genéticos vegetales; sin embargo, esta función depende de que las familias mantengan, intercambien o accedan a semillas de calidad, sin diversidad de semillas, la huerta pierde capacidad alimentaria, ecológica y cultural. La asistencia técnica y la continuidad institucional son condiciones decisivas, Du Toit, Rendón, Cologna, Cilliers y Dallimer (2022), advirtieron que las huertas pueden fallar cuando se promueven sin considerar factores sociales, culturales y económicos.

También deben considerarse las desigualdades en la distribución del trabajo, en muchos hogares, las tareas de cuidado, alimentación y manejo de huertas recaen de manera desproporcionada sobre mujeres, adultos mayores o niños, Bezner et al. (2021), señalan que la agroecología puede contribuir a seguridad alimentaria y nutrición cuando integra dimensiones sociales, salud, equidad y conocimiento local. Por tanto, una huerta familiar sostenible requiere organización del trabajo, reconocimiento de saberes y participación efectiva de los integrantes del hogar.

Otras limitaciones son falta de agua, escasa disponibilidad de semillas diversas, baja fertilidad del suelo, plagas, ausencia de planificación, baja asistencia técnica, sobrecarga de trabajo familiar y falta de continuidad institucional; Pratt y Wingenbach (2016), muestran que la adopción de prácticas de conservación en pequeños productores paraguayos está relacionada con capacitación, información y extensión. El análisis crítico permite proponer que una huerta familiar sostenible requiere cinco condiciones mínimas: planificación productiva, manejo ecológico del suelo, acceso eficiente al agua, diversidad de semillas y acompañamiento técnico. Cuando estas condiciones se integran, la huerta puede aportar a la seguridad alimentaria y resiliencia; cuando faltan, la huerta tiende a convertirse en una práctica temporal o de bajo impacto.

Modelo agroecológico propuesto para huertas familiares en Paraguay

A partir de la revisión realizada, se propone un modelo práctico de huerta familiar agroecológica para Paraguay, orientado a fortalecer la seguridad alimentaria y la resiliencia familiar, en donde el modelo integra componentes técnicos mínimos que deben funcionar de manera articulada: suelo vivo, agua eficiente, semillas locales, diversidad de cultivos, biodiversidad funcional, compostaje y reciclaje de nutrientes, control ecológico de plagas y destino planificado de la producción, estos elementos no actúan de forma aislada, sino como partes de un sistema agroecológico donde cada práctica sostiene y refuerza a las demás.

En la Figura 4 representa esta relación de manera secuencial e integrada, el suelo vivo constituye la base productiva de la huerta, ya que permite mejorar la fertilidad, conservar humedad y sostener el desarrollo de los cultivos, el agua eficiente aparece como un componente indispensable para garantizar continuidad productiva, especialmente en contextos paraguayos donde las altas temperaturas y la irregularidad de las lluvias pueden limitar la producción familiar, las semillas locales cumplen una función estratégica, porque favorecen la adaptación al territorio, la autonomía familiar y la conservación de materiales vegetales útiles para la alimentación.

La diversificación productiva y la biodiversidad funcional se presentan como componentes centrales del modelo, la combinación de hortalizas, leguminosas, plantas aromáticas, medicinales, flores y otras especies alimenticias permite ampliar la dieta, reducir riesgos productivos y favorecer procesos ecológicos dentro de la huerta, en este sentido, la diversidad no solo cumple una función alimentaria, sino también ecológica, porque contribuye al equilibrio del sistema, a la presencia de polinizadores y al manejo natural de plagas.

El compostaje y reciclaje de nutrientes se incorpora como una práctica clave para cerrar ciclos dentro del hogar o la comunidad, el aprovechamiento de residuos orgánicos permite mejorar la materia orgánica del suelo, reducir la dependencia de insumos externos y sostener la fertilidad de los canteros, junto con ello, el control ecológico de plagas y enfermedades debe entenderse como una estrategia preventiva basada en monitoreo, rotación, asociación de cultivos, eliminación de focos, uso de plantas funcionales y conservación de enemigos naturales.

El modelo reconoce que una huerta puede fracasar cuando se instala sin planificación o cuando depende de una única práctica, la fertilidad del suelo sin agua no asegura producción; el riego sin diversidad puede sostener cultivos, pero no necesariamente equilibrio ecológico; las semillas sin manejo del suelo pueden expresar bajo potencial; y la diversidad sin participación familiar puede perder continuidad. Por ello, la participación familiar se ubica como la base social del modelo, ya que la sostenibilidad de la huerta depende de la organización del trabajo, la apropiación del proceso y la continuidad del manejo.

En donde dentro de la figura se incorpora el destino de la producción como un componente práctico esencial, la huerta familiar agroecológica debe priorizar el autoconsumo, pero también puede

generar excedentes para intercambio, ferias locales, venta directa o uso comunitario. De esta manera, el modelo no se limita a producir alimentos, sino que fortalece el ahorro familiar, la alimentación saludable, los circuitos cortos y la autonomía de los hogares rurales y periurbanos.

La utilidad del modelo (Figura 4), radica en que evita reducir la huerta a una práctica productiva menor, una huerta puede tener diversidad de cultivos, pero si carece de agua, planificación y manejo del suelo, su aporte alimentario será inestable. Del mismo modo, una huerta con infraestructura inicial puede abandonarse si la familia no se apropia del proceso o si no existe acompañamiento técnico, esta lectura coincide con Du Toit et al. (2022), quienes advierten que las huertas no mejoran automáticamente la seguridad alimentaria y la diversidad dietaria cuando no se consideran los factores sociales, culturales, económicos y ecológicos que condicionan su funcionamiento.

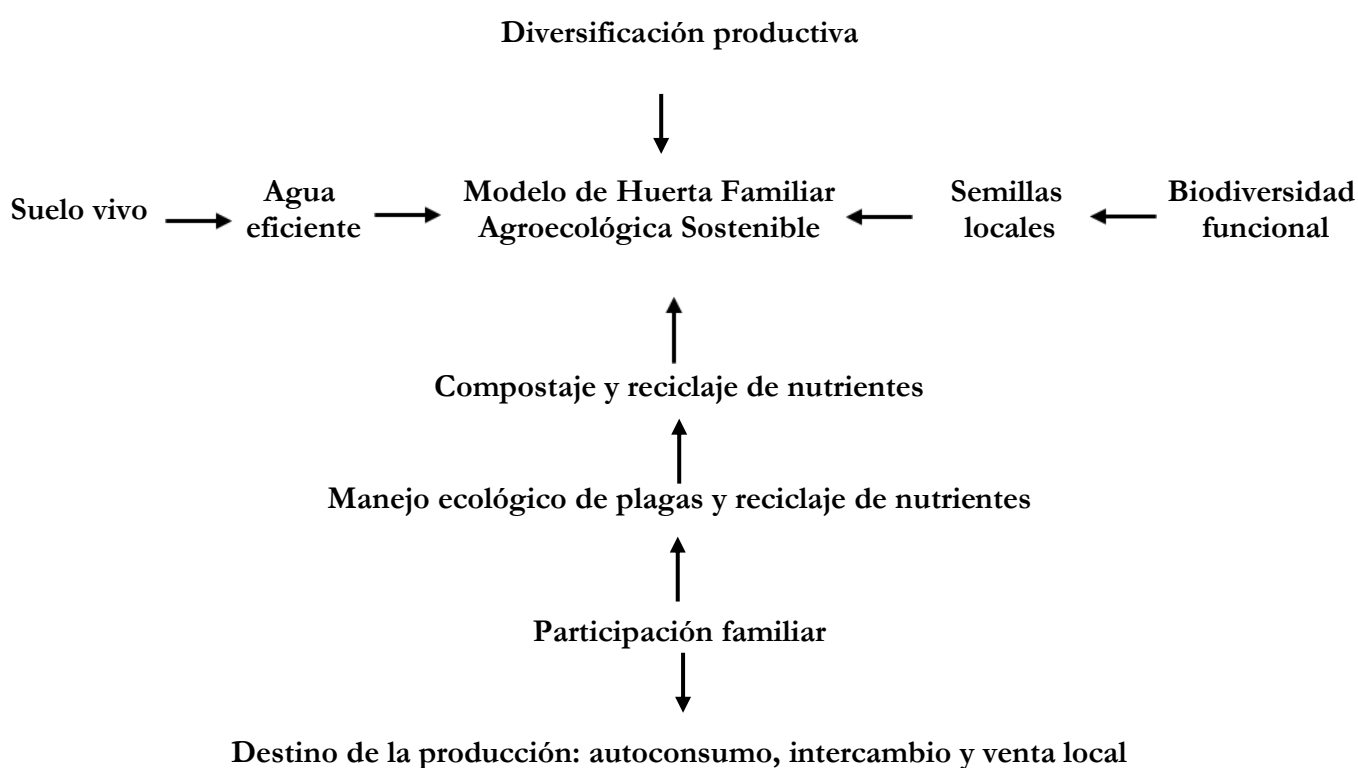


Figura 4. Modelo técnico-conceptual de huerta familiar agroecológica sostenible. Fuente: Elaboración propia a partir de la síntesis de Altieri et al. (2015), Duru et al. (2015), Wezel et al. (2020), Barrios et al. (2020), Tamburini et al. (2020), Bezner Kerr et al. (2021) y Korpelainen (2023).

CONCLUSIÓN

La producción agroecológica en huertas familiares constituye una estrategia relevante para fortalecer la seguridad alimentaria, la diversidad dietaria, la biodiversidad funcional y la resiliencia de la agricultura familiar. La evidencia revisada demuestra que estas huertas aportan alimentos frescos, reducen parcialmente gastos, conservan especies útiles y promueven prácticas sostenibles de manejo del suelo, agua y cultivos.

En América, las huertas familiares se destacan como reservorios de agrobiodiversidad y espacios de producción alimentaria de proximidad. En América Latina, adquieren además un sentido territorial vinculado con la agroecología, el diálogo de saberes, los circuitos cortos y la acción colectiva. En Paraguay, su importancia radica en fortalecer sistemas campesinos y familiares frente a la presión agroindustrial, la dependencia alimentaria externa y la pérdida de diversidad productiva. No obstante, sus beneficios no son automáticos, su sostenibilidad depende del acceso a agua, semillas, suelo vivo, planificación, participación familiar, asistencia técnica y apoyo institucional.

Por ello, las huertas familiares agroecológicas deben promoverse como sistemas integrados y no como intervenciones aisladas, el modelo propuesto permite comprenderlas como espacios donde convergen diversificación productiva, biodiversidad funcional, manejo ecológico de plagas, reciclaje de nutrientes y participación familiar, contribuyendo a la seguridad alimentaria y la resiliencia en territorios rurales y periurbanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., Batello, C., & Tittonell, P. (2020). The 10 Elements of Agroecology: Enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosystems and People*, 16(1), 230–247. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>
- 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>
- Castañeda-Navarrete, J. (2021). Homegarden diversity and food security in southern Mexico. *Food Security*, 13(3), 669–683. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01148-w>
- Depenbusch, L., Schreinemachers, P., Brown, S., & Roothaert, R. (2022). Impact and distributional effects of a home garden and nutrition intervention in Cambodia. *Food Security*, 14(4), 865–881. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01235-y>
- Du Toit, M. J., Rendón, O., Cologna, V., Cilliers, S. S., & Dallimer, M. (2022). Why Home Gardens Fail in Enhancing Food Security and Dietary Diversity. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 804523. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.804523>
- Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.-A., Justes, E., Journet, E.-P., Aubertot, J.-N., Savary, S., Bergez, J.-E., & Sarthou, J. P. (2015). How to implement biodiversity-

- based agriculture to enhance ecosystem services: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1259–1281. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0306-1>
- Korpelainen, H. (2023). The Role of Home Gardens in Promoting Biodiversity and Food Security. *Plants*, 12(13), 2473. <https://doi.org/10.3390/plants12132473>
- Leite, S. B., & Tofighi, B. (2022). Peasant family farming as an alternative to industrial agriculture: Implications for maternal and child health in Paraguay. *Frontiers in Epidemiology*, 2, 954081. <https://doi.org/10.3389/fepid.2022.954081>
- Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., De Rosa, F., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S., Gemmil-Herren, B., Bezner Kerr, R., Sourisseau, J.-M., Petersen, P., Chotte, J.-L., Loconto, A., & Tittonell, P. (2020). Assessing Transitions to Sustainable Agricultural and Food Systems: A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 579154. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.579154>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Powell, B., Thilsted, S. H., Ickowitz, A., Termote, C., Sunderland, T., & Herforth, A. (2015). Improving diets with wild and cultivated biodiversity from across the landscape. *Food Security*, 7(3), 535–554. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0466-5>
- Pratt, O. J., & Wingenbach, G. (2016). Factors affecting adoption of green manure and cover crop technologies among Paraguayan smallholder farmers. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 40(10), 1043–1057. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1230568>
- Rammohan, A., Pritchard, B., & Dibley, M. (2019). Home gardens as a predictor of enhanced dietary diversity and food security in rural Myanmar. *BMC Public Health*, 19(1), 1145. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7440-7>
- Rosset, P. M., Barbosa, L. P., Val, V., & McCune, N. (2021). *Pensamiento Latinoamericano Agroecológico*: The emergence of a critical Latin American agroecology? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 45(1), 42–64. <https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1789908>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Soldi, A., Aparicio Meza, M. J., Guareschi, M., Donati, M., & Insfrán Ortiz, A. (2019). Sustainability Assessment of Agricultural Systems in Paraguay: A Comparative Study Using FAO's SAFA Framework. *Sustainability*, 11(13), 3745. <https://doi.org/10.3390/su11133745>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., Van Der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without

compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>

- Tittonell, P., Fernandez, M., El Mujtar, V. E., Preiss, P. V., Sarapura, S., Laborda, L., Mendonça, M. A., Alvarez, V. E., Fernandes, G. B., Petersen, P., & Cardoso, I. M. (2021). Emerging responses to the COVID-19 crisis from family farming and the agroecology movement in Latin America – A rediscovery of food, farmers and collective action. *Agricultural Systems*, 190, 103098. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103098>
- 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. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>

Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura familiar

 10.46420/9786585756846cap6

Francisco Adrián Vera López 

INTRODUCCIÓN

Las iniciativas agroecológicas pretenden transformar los sistemas de producción de la agroindustria a partir de la transición de los sistemas alimentarios basados en el uso de combustibles fósiles y dirigidos a la producción de cultivos de agroexportación y biocombustibles, hacia un paradigma alternativo que promueve la agricultura local y la producción nacional de alimentos por campesinos y familias rurales y urbanas a partir de la innovación, los recursos locales y la energía solar; para los campesinos implica la posibilidad de acceder a tierra, semillas, agua, créditos y mercados locales, a través de la creación de políticas de apoyo económico, iniciativas financieras, oportunidad de mercados y tecnologías agroecológicas (Altieri; Toledo, 2011).

El manejo agroecológico de plagas y enfermedades constituye una estrategia fundamental para promover la sostenibilidad de la agricultura familiar frente a los desafíos ambientales, económicos y sociales actuales, este enfoque busca reducir la dependencia de pesticidas sintéticos mediante prácticas ecológicas que favorezcan la biodiversidad, el equilibrio biológico y la resiliencia de los agroecosistemas, la agroecología integra conocimientos científicos y saberes tradicionales para fortalecer sistemas productivos más sostenibles, saludables y adaptados a las condiciones locales (Altieri; Nicholls, 2023; González; Vázquez, 2022).

En la agricultura familiar, el manejo agroecológico adquiere gran relevancia debido a las limitaciones económicas que enfrentan muchos pequeños productores para acceder a insumos químicos de alto costo, las diversas investigaciones demuestran que prácticas como la rotación de cultivos, asociaciones vegetales, policultivos y uso de coberturas vivas contribuyen a disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, además de mejorar la fertilidad del suelo y la estabilidad ecológica del sistema agrícola (Silva et al., 2021; Sá et al., 2024).

Según González y Vázquez (2022), el control biológico por conservación representa uno de los pilares principales del manejo agroecológico de plagas, esta estrategia promueve la conservación y el incremento de enemigos naturales, como depredadores, parasitoides y microorganismos benéficos; mediante el manejo adecuado del hábitat agrícola la biodiversidad funcional incrementa los mecanismos naturales de regulación biológica y reduce significativamente la necesidad de plaguicidas sintéticos, favoreciendo la salud ambiental y humana.

La diversificación agrícola y los sistemas agroforestales desempeñan un papel importante en la regulación ecológica de plagas y enfermedades; la incorporación de árboles y especies vegetales variadas mejora la estructura del suelo, favorece la fauna benéfica y genera microclimas más equilibrados; estudios realizados en sistemas agroecológicos del Chaco argentino evidenciaron una mayor diversidad y abundancia de artrópodos del suelo en comparación con sistemas convencionales, lo que fortalece la regulación natural de organismos perjudiciales (Rojas et al., 2024).

Otro aspecto importante del manejo agroecológico es la implementación del manejo integrado de plagas y enfermedades basado en la prevención y el monitoreo continuo; este enfoque prioriza el conocimiento ecológico del agroecosistema y la utilización de bioinsumos, extractos vegetales y microorganismos antagonistas para reducir el impacto de enfermedades y plagas, además, estas prácticas contribuyen a disminuir la contaminación ambiental y los riesgos para la salud asociados al uso indiscriminado de agroquímicos (Rojas et al., 2010).

La agroecología se ha consolidado como un enfoque estratégico para promover sistemas agroalimentarios más sostenibles, y socialmente inclusivos, en este sentido, la articulación entre la agroecología y los sistemas agroalimentarios localizados permite fortalecer la producción agrícola familiar mediante prácticas basadas en la biodiversidad, el conocimiento local y la sostenibilidad territorial. Estos sistemas favorecen la valorización de los recursos locales, la participación comunitaria y el desarrollo rural sostenible, contribuyendo además a la seguridad alimentaria y a la conservación ambiental; el enfoque agroecológico promueve una relación equilibrada entre producción, territorio y sociedad, fortaleciendo la autonomía de las familias agricultoras rurales y reduciendo la dependencia de insumos químicos externos (Gallego et al., 2024).

En la actualidad, se puede notar que Paraguay se posiciona como un actor importante en la seguridad alimentaria global. Sin embargo, alcanzar los estándares de calidad y productividad exigidos actualmente requiere de una compleja serie de procesos integrados en el campo. Entre los desafíos más críticos se encuentran el manejo de plagas y enfermedades, cuyas afectaciones se extienden desde las primeras etapas del cultivo hasta la comercialización. Esta problemática impone la necesidad de implementar estrategias de control de alta eficiencia que mitiguen las pérdidas económicas y aseguren la disponibilidad de alimentos para los consumidores. Por el motivo expuesto anteriormente surge el método de manejo agroecológico de plagas y enfermedades. Siendo así, se tuvo como objetivo indagar y conocer estrategias de la agroecología para el control de plagas y enfermedades en el contexto de la agricultura familiar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es del tipo no experimental de carácter descriptivo- analítico, realizada con el fin de desarrollar una mejor comprensión acerca del manejo agroecológico de plagas y enfermedades en el contexto de la agricultura familiar.

Para la elaboración se realizó una revisión bibliográfica entre los meses de abril y mayo del 2026 a través de la búsqueda de material bibliográfico como artículos científicos, trabajos académicos y libros disponibles y de acceso abierto en sitios web confiables tales como *Google Scholar*, SciELO, Redalyc, Dialnet el repositorio institucional de AGROSAVIA y *ResearchGate*. Las búsquedas se efectuaron mediante combinaciones de palabras clave como: «manejo agroecológico de plagas», «agricultura familiar», «control biológico», «plagas y enfermedades agrícolas» y «agroecología». Como criterios de inclusión, se seleccionaron publicaciones de los últimos veinticinco años (2001-2025) que abordaban directamente estrategias agroecológicas en cultivos agrícolas. A través de este proceso se seleccionaron veinte obras de interés, la gestión y el análisis de los documentos se realizaron de forma manual mediante el método de fichaje y una matriz analítica de contenido. En esta matriz se clasificó la información según autores, año de publicación y la estrategia propuesta (salud del suelo, control biológico o extractos vegetales). Tras evaluar la pertinencia y complementariedad de los textos, se seleccionaron definitivamente doce obras que sirvieron como base documental exclusiva para la redacción de los resultados y la discusión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios analizados abordan estrategias agroecológicas sostenibles orientadas al control biológico, manejo ecológico de cultivos y reducción del uso de agroquímicos en sistemas agrícolas. En el cuadro 1 se presenta la matriz de revisión de los principales resultados encontrados en las investigaciones revisadas.

Cuadro 1. Matriz de revisión bibliográfica. Fuente: Elaboración propia.

Autor y año	Título de la obra	Resultados obtenidos
Labrador, J. (2001)	El manejo de plagas, un enfoque más racional al combate de las plagas agrícolas	Se destacó la importancia de sustituir estrategias químicas convencionales por métodos racionales y preventivos basados en el equilibrio ecológico y el monitoreo continuo de plagas.
De la Cruz Abarca, C. (2005)	Manejo ecológico de plagas	Las prácticas ecológicas como rotación de cultivos, asociaciones vegetales y uso de extractos botánicos contribuyen a disminuir la incidencia de plagas sin afectar el equilibrio ecológico.
Vázquez Moreno, L. L. y Fernández González, E. (2007)	Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura urbana. Estudio de caso Ciudad de La Habana, Cuba	El estudio demostró que la implementación de prácticas agroecológicas en agricultura urbana permitió reducir el uso de agroquímicos, aumentar el control biológico natural y mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos urbanos.
Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2008)	Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo	Identificaron que la salud del suelo influye directamente en la resistencia de los cultivos frente a plagas y enfermedades, favoreciendo

Autor y año	Título de la obra	Resultados obtenidos
		plantas más vigorosas y una mayor biodiversidad funcional.
Nicholls, C. I. (2008)	Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas	Se evidenció que el manejo de hábitats agrícolas mediante policultivos, barreras vivas y diversificación vegetal incrementa la presencia de enemigos naturales y disminuye las poblaciones de insectos plaga.
Celis, Á., Mendoza, C. y Pachón, M. E. (2008)	Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses	El uso de diversos extractos vegetales poseen propiedades insecticidas, fungicidas y herbicidas, constituyéndose en alternativas sostenibles y de bajo impacto ambiental.
Troyo-Diéguez, E. et al. (2010)	Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible	El trabajo destacó que la planificación del monitoreo y muestreo permite un manejo integrado más eficiente, reduciendo aplicaciones innecesarias de pesticidas y promoviendo la sostenibilidad agrícola.
Morales-Alonso, S. I. y Zamora-Avilés, N. (2012)	Importancia de los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades agrícolas	Fue posible observar que los insectos benéficos y microorganismos entomopatógenos constituyen herramientas efectivas para el control biológico de plagas y enfermedades, disminuyendo el impacto ambiental.
Vergara Ruiz, R. A. (2014)	Manejo integrado de plagas en los cultivos: una solución bioecológica	El estudio concluyó que el manejo integrado basado en principios ecológicos mejora la productividad agrícola y reduce riesgos para la salud humana y el ambiente.
Mir Pegueroles, C. et al. (2016)	Agricultura ecológica: una alternativa al control de malas hierbas, plagas y enfermedades	Fue posible evidenciar que la agricultura ecológica reduce la dependencia de insumos químicos y mejora la conservación de la biodiversidad y la calidad ambiental en los agroecosistemas.
Ramírez Cerón, D. y Almaraz-Valle, V. M. (2025)	El control biológico: una herramienta en el manejo de plagas agrícolas	El estudio destaca que el control biológico constituye una alternativa sostenible frente al uso excesivo de pesticidas químicos, favoreciendo la conservación de enemigos naturales y reduciendo impactos ambientales negativos.
Pelínco Ruelas, E. y Quispe Machaca, G. M. (2025)	El impacto del manejo integrado de plagas en la biodiversidad agrícola: un enfoque integral	La investigación concluye que el manejo integrado de plagas contribuye significativamente a la preservación de la biodiversidad agrícola, especialmente de polinizadores y organismos benéficos del suelo.

Es importante resaltar que la revisión bibliográfica evidencia que el manejo agroecológico de plagas y enfermedades constituye una alternativa sostenible frente al modelo convencional basado en el uso intensivo de agroquímicos, en donde las investigaciones analizadas coinciden en que las prácticas agroecológicas favorecen la conservación de la biodiversidad, mejoran la salud del suelo y fortalecen los mecanismos naturales de control biológico (Altieri; Nicholls, 2008; Nicholls, 2008). Asimismo, se observa

que estrategias como la rotación de cultivos, el uso de extractos vegetales, la diversificación agrícola y el empleo de microorganismos benéficos contribuyen significativamente a disminuir la incidencia de plagas y enfermedades sin generar impactos negativos sobre el ambiente ni sobre la salud humana.

Mediante este análisis fue posible demostrar que la agroecología no solo aporta beneficios ecológicos, sino también sociales y económicos para las familias rurales; en varios casos, especialmente en sistemas de agricultura urbana y campesina, se logró reducir la dependencia de insumos químicos y disminuir los costos de producción mediante el aprovechamiento de recursos locales (Vázquez Moreno; Fernández Gonzálvez, 2007). Del mismo modo, el fortalecimiento de los procesos naturales dentro de los agroecosistemas permitió incrementar la resiliencia productiva frente a factores climáticos y biológicos adversos.

Sin embargo, al analizar esta problemática en el contexto paraguayo, surgen importantes desafíos para la implementación efectiva de prácticas agroecológicas en las familias rurales, Paraguay posee una economía agrícola fuertemente orientada hacia el agronegocio y los monocultivos extensivos, principalmente soja y maíz, caracterizados por una elevada dependencia de agroquímicos. Esta situación genera una fuerte presión sobre los pequeños productores, quienes muchas veces carecen de apoyo técnico, acceso a capacitación y políticas públicas que favorezcan la transición hacia sistemas agroecológicos.

Uno de los principales problemas identificados es la limitada asistencia técnica especializada en agroecología. Aunque existe evidencias de la efectividad del control biológico y del manejo ecológico de plagas, muchas familias rurales paraguayas continúan utilizando pesticidas químicos debido a la influencia del mercado agrícola convencional y a la falta de programas permanentes de formación. En consecuencia, existe una brecha significativa entre el conocimiento científico disponible y su aplicación práctica en las comunidades rurales.

Otro aspecto crítico es la desigualdad en el acceso a recursos productivos. Las familias rurales del Paraguay enfrentan dificultades relacionadas con la tenencia de tierras, el acceso al crédito y la comercialización de productos agroecológicos. A diferencia de los grandes productores, los agricultores familiares poseen menores posibilidades de invertir en procesos de transición agroecológica, aun cuando este modelo puede representar una alternativa más sostenible y económicamente viable a largo plazo.

Además, fue posible identificar que varios los estudios enfatizan los beneficios ambientales de la agroecología, pero pocos profundizan en las limitaciones estructurales y sociales que enfrentan las comunidades rurales para adoptar estas prácticas. En Paraguay, factores como la migración rural, el envejecimiento de la población campesina y la escasa valorización de los saberes tradicionales dificultan la continuidad de sistemas productivos diversificados y ecológicos.

Investigaciones realizadas por Ramírez Cerón y Almaraz-Valle (2025) y Pelinco Ruelas y Quispe Machaca (2025), demostraron que el manejo agroecológico de plagas y enfermedades continúa fortaleciéndose como una alternativa eficiente frente a los sistemas agrícolas convencionales dependientes

de agroquímicos. Coincidiendo en señalar que el control biológico y el manejo integrado de plagas no solo permiten reducir daños fitosanitarios, sino también conservar la biodiversidad de los agroecosistemas, estos resultados reflejan una tendencia científica orientada hacia modelos productivos más sostenibles y resilientes, especialmente relevantes para las familias rurales que enfrentan limitaciones económicas y ambientales.

Desde una perspectiva crítica, puede decirse que la agroecología en Paraguay no debe entenderse únicamente como un conjunto de técnicas agrícolas, sino como una propuesta integral de transformación social y territorial. Su implementación requiere políticas públicas más inclusivas, fortalecimiento de la educación rural, investigación participativa y mercados diferenciados que valoren la producción sostenible. De lo contrario, las experiencias agroecológicas seguirán siendo limitadas y aisladas frente al predominio del modelo agroindustrial.

La agroecología debe analizarse como una propuesta integral que combina sostenibilidad ambiental, fortalecimiento social y autonomía productiva. Podría afirmarse que el éxito de las prácticas agroecológicas dependerá de la articulación entre investigación científica, políticas públicas, educación rural y participación comunitaria. Sin este apoyo estructural, las iniciativas agroecológicas podrían mantenerse como experiencias aisladas, limitando su impacto en la transformación sostenible de la agricultura familiar en Paraguay.

A partir del análisis de las investigaciones revisadas, fue posible identificar diversas prácticas de manejo agroecológico aplicables al control de plagas y enfermedades en la agricultura familiar. Estas estrategias se fundamentan en principios ecológicos orientados a fortalecer la biodiversidad, la salud del suelo y los mecanismos naturales de regulación biológica. En el cuadro 2, se sintetizan las principales prácticas identificadas y los beneficios reportados por los autores analizados.

Cuadro 2. Prácticas de manejo agroecológico de plagas y enfermedades identificadas en la revisión bibliográfica. Fuente: Elaboración propia.

Práctica agroecológica	Descripción de prácticas	Beneficios observados	Referencias de autores de obras analizadas
Rotación de cultivos	Alternancia planificada de diferentes cultivos en una misma parcela agrícola.	Reduce la acumulación de plagas y patógenos específicos, mejora la fertilidad del suelo y favorece el equilibrio ecológico.	De la Cruz Abarca (2005); Vergara Ruiz (2014)
Policultivos y diversificación vegetal	Cultivo simultáneo de varias especies vegetales y establecimiento de barreras vivas o vegetación asociada.	Incrementa la biodiversidad funcional, favorece enemigos naturales y disminuye la incidencia de plagas.	Nicholls (2008); Vázquez Moreno y Fernández González (2007)
Conservación de la Salud del suelo	Implementación de prácticas orientadas a	Favorece cultivos más vigorosos y resistentes	Altieri y Nicholls (2008)

Práctica agroecológica	Descripción de prácticas	Beneficios observados	Referencias de autores de obras analizadas
	conservar la materia orgánica y la actividad biológica del suelo.	frente a plagas y enfermedades.	
Bioinsumos y microorganismos benéficos	Uso de microorganismos entomopatógenos y otros organismos benéficos para el control de plagas.	Disminuye la dependencia de pesticidas químicos y fortalece el control biológico natural.	Morales-Alonso y Zamora-Avilés (2012); Ramírez Cerón y Almaraz-Valle (2025)
Extractos vegetales	Aplicación de preparados botánicos con propiedades insecticidas, fungicidas o repelentes.	Constituyen alternativas sostenibles de bajo impacto ambiental para el manejo fitosanitario.	Celis, Mendoza y Pachón (2008); De la Cruz Abarca (2005)
Control biológico	Conservación o utilización de enemigos naturales de las plagas.	Reduce las poblaciones de organismos perjudiciales y contribuye al equilibrio ecológico del agroecosistema.	Morales-Alonso y Zamora-Avilés (2012); Ramírez Cerón y Almaraz-Valle (2025)
Monitoreo y muestreo fitosanitario	Observación sistemática de plagas, enfermedades y organismos benéficos presentes en el cultivo.	Permite tomar decisiones oportunas y reducir aplicaciones innecesarias de pesticidas.	Labrador (2001); Troyo-Diéguez et al. (2010)
Prevención agroecológica	Implementación de medidas preventivas basadas en principios ecológicos y manejo integrado.	Disminuye riesgos de infestaciones severas y fortalece la resiliencia de los sistemas productivos.	Labrador (2001); Vergara Ruiz (2014)
Manejo integrado de plagas	Integración de métodos biológicos, culturales y ecológicos para el control fitosanitario.	Incrementa la sostenibilidad productiva y reduce impactos ambientales negativos.	Vergara Ruiz (2014); Pelinco Ruelas y Quispe Machaca (2025)

El análisis de las investigaciones revisadas permitió identificar que las prácticas agroecológicas constituyen herramientas complementarias que actúan de manera integrada para el manejo sostenible de plagas y enfermedades. Como se observa en el Cuadro 2, los autores coinciden en señalar que la diversificación de los agroecosistemas representa uno de los principales mecanismos para fortalecer la regulación natural de organismos perjudiciales. En este sentido, Nicholls (2008) y Vázquez Moreno y Fernández González (2007) destacan que los policultivos y la diversificación vegetal incrementan la biodiversidad funcional y favorecen la presencia de enemigos naturales. Estos resultados coinciden con los planteamientos de Altieri y Nicholls (2008), quienes sostienen que la complejidad biológica de los agroecosistemas aumenta la estabilidad ecológica y la capacidad de los cultivos para enfrentar ataques de

plagas y enfermedades.

De manera complementaria, los trabajos de De la Cruz Abarca (2005) y Vergara Ruiz (2014) resaltan la importancia de la rotación de cultivos como una estrategia preventiva capaz de interrumpir los ciclos biológicos de plagas y patógenos. Aunque ambos autores reconocen la eficacia de esta práctica, Vergara Ruiz (2014) enfatiza su integración dentro del manejo integrado de plagas, mientras que De la Cruz Abarca (2005) la presenta como una medida ecológica básica para reducir la dependencia de agroquímicos. Esta diferencia de enfoque evidencia que las prácticas agroecológicas pueden aplicarse tanto de forma individual como articuladas dentro de sistemas más complejos de manejo fitosanitario.

Respecto al uso de bioinsumos y organismos benéficos, Morales-Alonso y Zamora-Avilés (2012) y Ramírez Cerón y Almaraz-Valle (2025) coinciden en reconocer el valor de los microorganismos entomopatógenos y otros agentes biológicos para el control de plagas agrícolas. Ambos estudios destacan la capacidad de estos organismos para reducir poblaciones de insectos perjudiciales sin generar los impactos ambientales asociados al uso intensivo de pesticidas químicos. Sin embargo, mientras Morales-Alonso y Zamora-Avilés (2012) centran su análisis en la función ecológica de los organismos benéficos, Ramírez Cerón y Almaraz-Valle (2025) enfatizan además su potencial como alternativa económicamente viable para los productores agrícolas.

Por otra parte, Celis, Mendoza y Pachón (2008) identifican a los extractos vegetales como una alternativa accesible para el manejo de plagas y enfermedades, especialmente en sistemas de agricultura familiar con recursos limitados. Estos hallazgos guardan relación con las observaciones de De la Cruz Abarca (2005), quien señala que el aprovechamiento de recursos locales permite desarrollar estrategias de control más sostenibles y adaptadas a las condiciones de cada territorio.

Asimismo, Labrador (2001) y Troyo-Diéquez et al. (2010) destacan que el monitoreo permanente y el muestreo fitosanitario constituyen componentes fundamentales para la toma de decisiones oportunas. Ambos autores coinciden en que la prevención resulta más eficiente y menos costosa que la aplicación correctiva de medidas de control una vez establecida una infestación. Esta perspectiva refuerza el principio agroecológico de priorizar la observación y comprensión de los procesos ecológicos antes que la intervención química inmediata.

Desde una perspectiva crítica, los resultados permiten afirmar que existe consenso científico entre los autores según sus obras consultadas para este estudio acerca de los beneficios del manejo agroecológico de plagas y enfermedades. Sin embargo, la mayoría de los estudios analizados se enfocan principalmente en los beneficios ambientales y productivos, mientras que existe menor atención hacia los factores socioeconómicos que condicionan su adopción. En el contexto paraguayo, la implementación de estas prácticas enfrenta desafíos asociados al acceso limitado a asistencia técnica especializada, programas de capacitación continua, financiamiento y mercados diferenciados para productos agroecológicos.

Por lo tanto, el manejo agroecológico de plagas y enfermedades no debe interpretarse únicamente

como un conjunto de técnicas agrícolas, sino como una estrategia integral de desarrollo rural sostenible. Su éxito dependerá de la articulación entre conocimientos científicos, saberes locales, políticas públicas y procesos de educación rural que permitan fortalecer la autonomía productiva de las familias agricultoras. Bajo esta perspectiva, la agroecología representa una oportunidad para avanzar hacia sistemas agrícolas más resilientes, capaces de producir alimentos de manera sostenible y contribuir simultáneamente a la conservación de los recursos naturales y al bienestar de las comunidades rurales.

CONCLUSIÓN

La revisión bibliográfica realizada permite concluir que el manejo agroecológico de plagas y enfermedades constituye una estrategia eficaz y sostenible para la agricultura familiar, al promover la biodiversidad, fortalecer los mecanismos naturales de regulación biológica y disminuir la dependencia de agroquímicos sintéticos. Las prácticas agroecológicas, tales como la rotación de cultivos, los policultivos, el uso de bioinsumos, los extractos vegetales y el control biológico, demostraron resultados favorables en la reducción de plagas y enfermedades, así como en la conservación de la salud del suelo y de los recursos naturales.

Los estudios analizados evidencian que la agroecología aporta beneficios ambientales, económicos y sociales, favoreciendo la resiliencia de los agroecosistemas y la autonomía productiva de las familias rurales. No obstante, en Paraguay todavía existen limitaciones estructurales relacionadas con la asistencia técnica, el acceso a financiamiento, la capacitación y la formulación de políticas públicas que impulsen la transición agroecológica.

Es importante enfatizar que el fortalecimiento del manejo agroecológico de plagas y enfermedades requiere una articulación efectiva entre investigación científica, educación rural, extensión agrícola y apoyo institucional. La consolidación de estas acciones permitirá avanzar hacia sistemas productivos más sostenibles, resilientes y compatibles con los principios del desarrollo rural sostenible y la seguridad alimentaria.

El manejo agroecológico de plagas y enfermedades ofrece resultados positivos en términos de sostenibilidad ambiental, conservación del suelo y reducción del uso de agroquímicos. Sin embargo, en el contexto de las familias rurales paraguayas persisten desafíos estructurales, económicos y sociales que limitan su adopción masiva. Por ello, el fortalecimiento de la agroecología en Paraguay requiere no solo innovación técnica, sino también voluntad política, apoyo institucional y reconocimiento del papel fundamental de la agricultura familiar campesina en la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2008). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 3, 29–36. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/18>

- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2023). Agroecological approaches to pest control. *Journal of Public Health & Environment*, 3(1), 26–34. <https://www.journal-phe.online/3/1/26>
- Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587–612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Celis, Á., Mendoza, C., & Pachón, M. E. (2008). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 13(1), 7–22. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1205>
- De la Cruz Abarca, C. (2005). Manejo ecológico de plagas. *LEISA Revista de Agroecología*, 21(2), 18–21. <https://leisa-al.info/index.php/journal/article/view/195>
- Gallego, G., et al. (2024). Agroecología y sistemas agroalimentarios localizados: propuesta de articulación. *Revista de Economía, Sociedad y Territorio*. <https://www.redalyc.org/journal/4576/457676478006/html/> (Repositorio UTN)
- González, C., & Vázquez, L. (2022). Control biológico por conservación: conceptos clave, estrategias y avances para construir una agroecología sostenible. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2), 1–15. <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro/article/view/14454>
- Labrador, J. (2001). El manejo de plagas, un enfoque más racional al combate de las plagas agrícolas. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 18(3), 223–234. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25839>
- Mir Pegueroles, C., Hernández Ferrer, M., & García Baños, J. L. (2016). Agricultura ecológica: una alternativa al control de malas hierbas, plagas y enfermedades. *Ambiociencias*, 14, 45–58. <https://revpubli.unileon.es/index.php/ambioc/article/view/4878>
- Morales-Alonso, S. I., & Zamora-Avilés, N. (2012). Importancia de los insectos entomófagos y microorganismos entomopatógenos para el manejo agroecológico de plagas y enfermedades agrícolas. *Ciencia UANL*, 15(58), 45–53. <https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php/revista/article/view/333>
- Nicholls, C. I. (2008). Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*, 3, 37–48. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/19>
- Pelinco Ruelas, E., & Quispe Machaca, G. M. (2025). El impacto del manejo integrado de plagas en la biodiversidad agrícola: un enfoque integral. *Revista de Ciencias Agrarias*, 10(1), 31–45. <https://doi.org/10.53719/rca.2025.878>
- Ramírez Cerón, D., & Almaraz-Valle, V. M. (2025). El control biológico: una herramienta en el manejo de plagas agrícolas. *Revista de Ciencias Agroalimentarias y Biotecnología*, 2(1), 9–15. <https://doi.org/10.29105/rcab2.1-23>

- Rojas, E., Sánchez, D., & Morales, H. (2010). Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. *Revista Forestal Venezolana*, 54(1), 85–92. https://ve.scielo.org/scielo.php?lng=es&pid=S1690-32932010000100010&script=sci_arttext
- Rojas, J. M., Spoljaric, M. V., González, J. R., Lacava, M., & García-Hernández, L. F. (2024). Soil arthropod diversity, richness, and abundance in agroecological and conventional cotton production systems in Chaco, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*, 50(2), e12867. <https://doi.org/10.25100/socolen.v50i2.12867>
- Sá, T., Oliveira, M., & Pereira, R. (2024). Controle biológico e manejo integrado de pragas na agricultura familiar: revisão aplicada e estratégias sustentáveis para quintais produtivos e hortas no Cerrado. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/403717735_Control_e_manejo_integrado_de_pragas_na_agricultura_familiar_revisao_aplicada_e_estrategias_sustentaveis_para_quintais_produtivos_e_hortas_no_Cerrado
- Silva, A., Costa, J., & Lima, R. (2021). Controle biológico em sistema orgânico de produção por agricultores da cidade de Maringá-PR. *Ciência e Natura*, 43, e12. <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/19977>
- Troyo-Diéguez, E., Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., & García-Hernández, J. L. (2010). Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas con un enfoque de agricultura sostenible. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 26(2), 115–126. <https://era.ujat.mx/rera/article/view/321>
- Vázquez Moreno, L. L., & Fernández González, E. (2007). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura urbana. Estudio de caso Ciudad de La Habana, Cuba. *Agroecología*, 2, 53–60. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/12161>
- Vergara Ruiz, R. A. (2014). Manejo integrado de plagas en los cultivos: una solución bioecológica. AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21192>

Comercialización y economía de la agricultura familiar

 10.46420/9786585756846cap7

Enrique Diosnel Cnatero Maldonado 

INTRODUCCIÓN

La comercialización y la economía de la agricultura familiar constituyen dimensiones centrales para comprender la situación actual de los pequeños productores rurales en Paraguay y en América Latina. Más allá de la producción en sí misma, las condiciones en que los agricultores familiares acceden a los mercados obtienen precios justos y gestionan sus ingresos determinan en gran medida su capacidad de reproducción económica y social. En este contexto, el presente capítulo propone una revisión bibliográfica orientada a identificar los principales enfoques, estrategias y desafíos vinculados a la comercialización agropecuaria en el marco de la agricultura familiar. (Serafini Geoghegan, 2020)

La agricultura familiar es reconocida a nivel mundial como un actor estratégico de los sistemas agroalimentarios. Según la FAO, CEPAL y PMA (2025), la agricultura familiar representa más del 81% de las explotaciones agrícolas en América Latina y el Caribe y es clave tanto para la producción de alimentos como para el empleo rural. Sin embargo, pese a su relevancia productiva, estas familias suelen enfrentar condiciones estructuralmente desventajosas en el acceso a mercados, crédito, información y tecnología.

En Paraguay, la agricultura familiar representa la base de la economía rural y de la seguridad alimentaria interna. Según datos del Censo Agropecuario Nacional, la gran mayoría de las fincas del país son de carácter familiar, aunque su participación en los circuitos comerciales formales sigue siendo limitada. Con la producción de cultivos extensivos se ha generado una presión de territorios sobre todo en territorios campesinos, desplazando a muchas familias de sus tierras. (Serafini Geoghegan, 2020)

Desde una perspectiva teórica, los estudios de Chayanov (1974) constituyen un punto de referencia fundamental para comprender la lógica económica de las unidades familiares campesinas. El autor mostró que la racionalidad de la familia campesina no responde a la maximización de ganancias propia de la empresa capitalista, sino a la búsqueda de un equilibrio entre el consumo familiar y el esfuerzo de trabajo. Esta lógica propia condiciona las estrategias de producción, ahorro e inserción en los mercados.

Las transformaciones recientes en los sistemas agroalimentarios han abierto nuevas oportunidades para la agricultura familiar, pero también han profundizado sus vulnerabilidades. El

surgimiento de circuitos cortos de comercialización, ferias locales, mercados institucionales y sellos de calidad ofrece alternativas a la dependencia de intermediarios y grandes cadenas de distribución. Al mismo tiempo, la volatilidad de los precios agrícolas, la concentración del comercio mayorista y la falta de infraestructura rural siguen siendo obstáculos de difícil superación para la mayoría de los pequeños productores.

Frente a este panorama, la presente investigación busca sistematizar evidencias científicas disponibles sobre las estrategias de comercialización y los aspectos económicos de la agricultura familiar, con especial atención al contexto latinoamericano y paraguayo. Se espera que los resultados contribuyan a identificar lecciones aprendidas y recomendaciones prácticas que puedan orientar tanto a los propios agricultores como a tomadores de decisión y técnicos de desarrollo rural.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo no experimental y carácter descriptivo, realizada con el fin de desarrollar una comprensión más amplia sobre las condiciones de comercialización y los aspectos económicos de la agricultura familiar en el contexto latinoamericano y paraguayo.

Para su elaboración se realizó una revisión bibliográfica mediante la búsqueda de material académico —artículos científicos, libros, informes institucionales y capítulos de obras colectivas— disponibles en acceso abierto en repositorios y bases de datos confiables, incluyendo Scielo, Redalyc, CEPAL, FAO y *Google Scholar*. Se seleccionaron veinticinco obras, de las cuales dieciséis fueron utilizadas para la redacción de resultados y discusión.

Los criterios de selección incluyeron: publicación entre los años 1974 y 2025; relevancia temática en relación a comercialización agropecuaria, economía campesina, mercados rurales, financiamiento, cambio climático y políticas públicas para la agricultura familiar; y disponibilidad del texto completo en acceso abierto. Tras el relevamiento y análisis de las obras seleccionadas, se sistematizó la información principal en una matriz de revisión bibliográfica y se procedió a la redacción de los resultados y discusiones, organizados en ocho ejes temáticos, según la interpretación del autor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para identificar aportes científicos relevantes sobre la comercialización y la economía de la agricultura familiar, se realizó una revisión bibliográfica de dieciséis obras. Los estudios analizados abordan la lógica económica campesina, las fuentes de ingreso, los costos de producción y transacción, el acceso al financiamiento, la integración al mercado, la contribución a la economía local y nacional, el rol del Estado y las vulnerabilidades estructurales del sector. En el cuadro 1, se presenta la matriz de revisión con los principales resultados de las investigaciones relevadas.

Cuadro 1. Matriz de revisión bibliográfica. Fuente: elaboración propia.

Autor y año	Título de la obra	Resultados obtenidos
Chayanov, A. V. (1974)	La organización de la unidad económica campesina	Establece que la lógica económica campesina responde a criterios propios de subsistencia y reproducción familiar, distintos a los de la empresa capitalista, lo que condiciona las estrategias de producción y comercialización.
Schneider, S. (2003)	A pluriatividade na agricultura familiar	Analiza la pluriactividad como estrategia de reproducción social, mostrando que la diversificación de ingresos —dentro y fuera de la finca— es clave para la permanencia de las familias rurales.
Maluf, R. S. (2004)	Mercados agroalimentarios y la agricultura familiar en Brasil: cinco enfoques y un tema transversal	Identifica cinco enfoques de mercado para la agricultura familiar y concluye que el acceso a mercados diferenciados refuerza la autonomía económica de los pequeños productores.
FAO/BID (2007)	Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe	Concluye que la agricultura familiar requiere políticas específicas de comercialización, financiamiento y asistencia técnica para superar sus desventajas estructurales.
Wanderley, M. N. B. (2009)	O mundo rural como espaço de vida	Argumenta que la agricultura familiar no puede reducirse a una categoría económica: su lógica articula producción, consumo y reproducción social en un mismo espacio territorial.
Berdegú, J. A. y Fuentealba, R. (2011)	Latin America: The State of Smallholders in Agriculture	Documenta persistentes brechas de acceso a mercados, crédito e información para los pequeños agricultores y concluye que las políticas

Autor y año	Título de la obra	Resultados obtenidos
		diferenciadas son determinantes para su integración económica.
Niederle, P. A. y Almeida, L. (2013)	A nova morfologia do desenvolvimento rural sustentável	Muestra que la diversificación productiva y la inserción en circuitos cortos generan mayor estabilidad económica e identidad territorial para la agricultura familiar.
Grisa, C. y Schneider, S. (2014)	Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar	Identifican tres generaciones de políticas para la AF brasileña y concluyen que la articulación entre Estado, organizaciones y mercados institucionales fue el factor más determinante de su fortalecimiento.
Craviotti, C. (2015)	Circuitos cortos de comercialización agroalimentaria: un acercamiento desde la agricultura familiar diversificada en Argentina	Documenta que los circuitos cortos permiten a los agricultores familiares obtener ingresos más directos e inmediatos, reduciendo la dependencia de intermediarios en los canales convencionales.
Riella, A. y Mascheroni, P. (2015)	El agro uruguayo y las transformaciones del mundo rural	Documentan el impacto de la concentración de la tierra y la expansión agroindustrial sobre las condiciones de vida y de mercado de los agricultores familiares en el Río de la Plata.
Gazolla, M. y Schneider, S. (2017)	Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas	Evidencia que las cadenas cortas de comercialización permiten capturar mayor valor agregado, reducir intermediarios y fortalecer vínculos con consumidores locales.
Villarreal, F. G. (Coord.) (2017)	Inclusión financiera de pequeños productores rurales	Identifica las principales barreras que impiden el acceso de pequeños

Autor y año	Título de la obra	Resultados obtenidos
		productores rurales a servicios financieros y formula recomendaciones de política pública para superarlas.
Lesmo Duarte et al. (2019)	Agricultura Familiar Campesina: análisis de la producción de cultivos tradicionales en el Depto. de Concepción – Paraguay	Muestra que la AFC paraguaya es muy dependiente de la renta generada por cada cultivo y que esta dependencia impacta directamente en la economía local.
Cáceres Ibáñez, C. (2020)	Circuitos cortos de comercialización: el juego entre lo disponible y lo posible en la agricultura familiar	Demuestra que los circuitos cortos responden a un balance entre recursos endógenos disponibles y la posibilidad de escapar de la marginalidad y subordinación al mercado formal.
CEPAL. (2014)	La economía del cambio climático en el Paraguay	Proyecta que la agricultura familiar paraguaya presentaría reducciones significativas de productividad desde el inicio del período de análisis climático, con importantes efectos sociales en el sector rural.
CEPAL, FAO & PMA. (2025)	Mejorando la seguridad alimentaria y la nutrición mediante las compras públicas locales de alimentos a la agricultura familiar	Documenta que las compras públicas locales en Brasil, Guatemala y Honduras generaron incrementos de hasta el 106% en los ingresos de productores participantes y 478 empleos por cada millón de dólares invertido.

La lógica económica campesina

La comprensión de la economía de la agricultura familiar requiere partir de un principio fundamental: la unidad campesina no funciona bajo la misma lógica que una empresa capitalista. Chayanov (1974) caracterizó al campesinado como un tipo específico de economía cuya actividad está determinada por las necesidades del grupo doméstico, las que varían a lo largo del ciclo familiar. En su

obra central, sostuvo que la economía campesina no se basa en el mismo cálculo que la empresa capitalista, sino que se orienta hacia las necesidades de consumo de la unidad doméstica.

Con base en estudios empíricos, Paz (2018) retoma estos planteamientos y señala que Chayanov estableció que el trabajo campesino carece de valor monetario en el sentido capitalista, lo que implica que luego de deducir los costos de producción, no es posible determinar la retribución respectiva de los factores de capital, trabajo y tierra: en la economía campesina no existe ganancia, salario ni renta en sentido estricto.

Estos planteamientos explican por qué muchos agricultores familiares priorizan la seguridad alimentaria del hogar por sobre la inserción mercantil. Como señala Wanderley (2009), la lógica familiar articula producción, consumo y reproducción social de manera integrada, lo que condiciona estructuralmente las estrategias de comercialización de los pequeños productores.

Fuentes de ingreso: producción, pluriactividad y autoconsumo

La economía de la agricultura familiar no se reduce al ingreso proveniente de la venta de cultivos. La FAO (1998) estimó que los ingresos rurales de origen no agrícola representan alrededor del 40% del total familiar en América Latina, generados por un empleo no agrícola que involucra al 25% de la población rural. Estos ingresos tienen también una importancia cualitativa, pues generan vínculos con el sector no agrícola y elevan la capacidad de las familias de participar en los mercados de bienes y servicios. Schneider (2003) analiza la pluriactividad como estrategia de reproducción social de la agricultura familiar, mostrando que la combinación de actividades agrícolas y no agrícolas —trabajo fuera de la finca, artesanía, servicios— permite a las familias diversificar sus fuentes de ingreso y reducir la exposición a los riesgos del mercado agropecuario. Sin embargo, esta estrategia puede también limitar la dedicación al proceso productivo y dificultar la profesionalización y el escalamiento de la actividad agrícola.

El autoconsumo constituye otra dimensión económicamente significativa, aunque frecuentemente invisible en las estadísticas oficiales. La producción destinada a la alimentación de la propia familia reduce la necesidad de gasto monetario y actúa como amortiguador ante la caída de precios o ante situaciones de crisis.

Costos, rentabilidad y costos de transacción

Los márgenes económicos de la agricultura familiar están condicionados no solo por los costos directos de producción —semillas, fertilizantes, herramientas, mano de obra—, sino también por los llamados costos de transacción, que incluyen el transporte, la intermediación, la búsqueda de información de precios y el acceso a mercados. Ellis (1988), citado por Berdegú y Fuentealba (2011), señala que, en el ámbito de la productividad, las distancias derivan de la variación en la intensidad de uso del trabajo familiar y de los factores técnicos; mientras que los costos de transacción inciden en la distancia física y geográfica entre las unidades productivas y los mercados.

Lesmo Duarte et al. (2019) argumentan que en el caso paraguayo que la Agricultura Familiar Campesina es muy dependiente de la ganancia generada por la producción de cada cultivo, y que esa dependencia no se restringe solo a la economía familiar, sino que tiene un impacto directo en la economía local. Esto hace que cualquier variación en los costos de insumos o en los precios de mercado tenga efectos inmediatos sobre el bienestar de las familias productoras.

Los eventos climáticos extremos afectan también directamente los costos y la rentabilidad, dado que las pérdidas de cosecha no cuentan con mecanismos de cobertura adecuados. Seisdedos (2024) señala que estos eventos dejan a los agricultores familiares en una situación de extrema vulnerabilidad, dificultando enormemente su recuperación por la falta de protección social y económica.

Acceso a financiamiento y crédito

El acceso al financiamiento constituye uno de los obstáculos estructurales más persistentes para la agricultura familiar. Villarreal (2017) señala que pese a los recientes avances en distintas dimensiones de la inclusión financiera en América Latina y el Caribe, persisten importantes brechas que se acentúan en el ámbito rural, históricamente desatendido por los proveedores tradicionales de servicios financieros.

Las barreras de acceso al crédito surgen de fricciones que afectan tanto la oferta como la demanda. Entre las más relevantes se identifican las asimetrías de información, los altos costos de colocación para los intermediarios financieros y los riesgos climáticos, cuyos choques negativos de ingresos no cubiertos pueden generar barreras adicionales para el acceso al crédito futuro (Banco de la República de Colombia, 2023).

Frente a este panorama, la FAO (s.f.), sostiene que la legislación en materia de agricultura familiar, acompañada de reglamentación y presupuesto adecuado, facilita el acceso a financiamiento, servicios, infraestructuras e innovación, siendo una herramienta clave para superar las restricciones estructurales del sector. Alternativas como el microcrédito, las cooperativas de ahorro y las líneas de crédito diferenciadas del Estado emergen como opciones concretas.

Integración al mercado y cadenas de valor

La inserción de la agricultura familiar en los mercados es frecuentemente desventajosa. Craviotti (2015), documenta que los circuitos cortos de comercialización son una de las principales estrategias desarrolladas por la agricultura familiar para obtener mayores ingresos, mediante la venta directa de productos frescos y diferenciados, acortando las distancias económicas, sociales y geográficas entre la producción y el consumo.

Cáceres Ibáñez (2020), muestra, a través de un caso en Santiago del Estero (Argentina), que los circuitos cortos responden a un balance entre los recursos endógenos disponibles y la posibilidad de escapar de la marginalidad y subordinación al mercado formal, incluyendo experiencias tanto en ferias como en contextos de crisis. Los circuitos cortos son valorados por los productores porque permiten

obtener dinero en efectivo de forma más inmediata, ya que si cuentan con un puesto de feria el cobro es inmediato.

Gazolla y Schneider (2017), documentan que las cadenas cortas permiten a los agricultores eliminar intermediarios, capturar mayor porcentaje del precio final y establecer vínculos directos con los consumidores, lo que fortalece tanto los ingresos como la identidad productiva local. En Paraguay, iniciativas como la Feria Franca y los programas de venta directa en mercados municipales representan ejemplos concretos de este tipo de circuitos.

Contribución a la economía local y nacional

La agricultura familiar tiene un peso estratégico en las economías rurales de América Latina y el Caribe. La FAO, CEPAL y PMA (2025), señalan que la agricultura familiar representa más del 81% de las explotaciones agrícolas en la región. Asimismo, el sector agrícola en su conjunto representa entre el 5% y el 20% del PIB nacional en los países de la región y proporciona más de 100 millones de puestos de trabajo, equivalentes al 22,6% del empleo total, siendo una fuente clave de medios de vida en las zonas rurales y urbanas. Más del 50% de la producción agroalimentaria proviene de agricultores familiares. En Paraguay, este rol es aún más pronunciado. Lesmo Duarte et al. (2019), muestran que la AFC paraguaya es muy dependiente de la renta generada por la producción de cada cultivo, y que esa dependencia impacta directamente en la economía local. Wesz Junior (2021), documenta además las transformaciones agrarias en el Alto Paraná y cómo la expansión del modelo sojero ha reconfigurado los mercados agroalimentarios en detrimento de la agricultura campesina.

La CEPAL, FAO e IICA (2013), destacan que la agricultura familiar es clave para la producción de alimentos y la generación de empleo rural, y que las políticas que apunten a su inclusión exitosa en las cadenas de valor son fundamentales para el crecimiento económico inclusivo de la región.

Rol del Estado y políticas públicas

Las políticas públicas orientadas a la agricultura familiar constituyen un factor determinante de su desempeño económico. Grisa y Schneider (2014), identifican tres generaciones de políticas para la agricultura familiar brasileña y concluyen que la articulación entre programas de compras institucionales —como el Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE) y el Programa de Adquisición de Alimentos (PAA)— con organizaciones de productores fue determinante para la consolidación de mercados estables.

La CEPAL, FAO y PMA (2025), documentan que las compras públicas locales de alimentos a la agricultura familiar en Brasil, Guatemala y Honduras generaron incrementos de hasta el 106% en los ingresos de los productores participantes, además de una participación femenina en mercados institucionales de hasta el 80%. Asimismo, por cada millón de dólares invertido en este tipo de programas se generan 478 empleos, convirtiendo el gasto del Estado en un motor de desarrollo rural inclusivo.

Para Paraguay, la FAO (2008), señala que legislar sobre agricultura familiar permite sentar bases normativas permanentes para el desarrollo de políticas que fomenten el acceso a financiamiento, servicios, infraestructuras, innovación y mercados. No obstante, la implementación efectiva de estos instrumentos enfrenta limitaciones presupuestarias, institucionales y de organización del sector en el contexto nacional.

Vulnerabilidades económicas estructurales

La economía de la agricultura familiar está condicionada por vulnerabilidades estructurales que limitan su capacidad de crecimiento y estabilidad. El BID (2020), documenta que las economías agrícolas en América Latina y el Caribe enfrentan desafíos crecientes derivados del cambio climático, que se suman al aumento de la concentración de la propiedad de la tierra, el acceso limitado de los pequeños agricultores a tecnologías y la desigualdad persistente o creciente.

En Paraguay, estas vulnerabilidades son especialmente agudas. La CEPAL (2014), proyecta que el país podría perder anualmente hasta el 2% de su PIB por causa del cambio climático, siendo la agricultura familiar la que presentaría reducciones significativas de su productividad desde el inicio del período de análisis. Seisdedos (2024), en un estudio específico sobre el impacto climático en la AFC paraguaya, señala que los eventos extremos dejan a las familias campesinas en situación de extrema vulnerabilidad, especialmente por la falta de protección social y económica adecuada.

La concentración de la tierra, una de las más altas del mundo según el índice de Gini genera además una situación de acceso desigual a recursos productivos que se traduce directamente en menores capacidades de inversión, tecnificación y acceso a mercados. Riella y Mascheroni (2015), documentan dinámicas similares en el Río de la Plata, señalando que la expansión agroindustrial ha desplazado a muchas familias rurales hacia condiciones de mayor vulnerabilidad económica y territorial. Frente a este panorama, la diversificación productiva, el fortalecimiento organizativo y las políticas diferenciadas emergen como condiciones necesarias para la sostenibilidad económica de la agricultura familiar.

Principales problemas comerciales y estrategias para la AFC en Paraguay

La sistematización de los hallazgos presentados a lo largo de este capítulo permite identificar un conjunto de problemas estructurales que afectan la comercialización de la AFC en Paraguay, así como estrategias concretas documentadas en la literatura y en experiencias institucionales para hacerles frente. El cuadro 2 se sintetiza estas dimensiones con el objetivo de ofrecer una herramienta práctica para productores, técnicos y tomadores de decisión.

Cuadro 2. Principales problemas y estrategias comerciales de la AFC en Paraguay. **Fuente:** Elaboración propia

Dimensión	Problema principal	Estrategia / Respuesta
Canales de comercialización	Dependencia del canal de acopiadores (intermediarios), que retienen entre el 50% y el 65% del precio final, especialmente en rubros como mandioca, maíz y poroto	Fortalecimiento de circuitos cortos (Ferias, mercados municipales). Articulación con compras institucionales del Estado (PNAE-MAG)
Márgenes y precios	Volatilidad de precios agrícolas y ausencia de mecanismos de precio mínimo garantizado para la AFC. El productor de sésamo como los yerbateros raramente superan el 45% del precio de exportación.	Establecimiento de precios de referencia transparentes y accesibles. Promoción del asociativismo para la venta conjunta y mejora del poder de negociación (cooperativas, comités de productores).
Costos de transacción y transporte	Caminos vecinales en mal estado, falta de transporte propio y elevados costos logísticos que absorben entre el 15% y el 25% del ingreso bruto del productor en zonas alejadas.	Inversión pública en infraestructura rural (caminos, centros de acopio) a través de FONACIDE Y MOPC. Gestión colectiva del transporte en organizaciones de productores.
Acceso a financiamientos	Cobertura limitada del CAH y la banca privada en zonas rurales; exigencias de garantías reales inaccesibles para la mayoría de los pequeños productores; tasas de interés elevadas en el mercado informal.	Ampliación de la cobertura y simplificación de trámites del CAH. Impulso a cooperativas de ahorro y crédito rurales. Microcrédito con aval solidario para grupos organizados de productores.
Información de mercado	Asimetría de información entre productores e intermediarios; los agricultores desconocen los precios de mercado al momento	Sistemas públicos de información de precios (boletines del MAG, plataformas digitales de la DCEA). Capacitación en uso

Dimensión	Problema principal	Estrategia / Respuesta
	de la venta y negocian en posición de desventaja.	de tecnología móvil para consulta de precios en tiempo real.
Políticas públicas de apoyo	Implementación aún insuficiente de la ley N° 6286/19 de Agricultura Familiar, presupuesto del MAG para asistencia técnica en comercialización; ausencia de mercados institucionales consolidados a escala nacional	Reglamentación y asignación presupuestaria de la Ley N° 6286/19. Escalar el PNAE como instrumento de mercado institucional. Fortalecer la asistencia técnica del MAG para comercialización y darle el valor agregado.
Acceso a mercados formales y valor agregado	Participación limitada en mercados formales (supermercados, exportación), por requisitos de volumen, estandarización y certificación inaccesibles para productores individuales; baja capacidad de procesamiento y valor agregado en chacra.	Promoción de sellos de calidad diferenciada (agricultura ecológica, denominación de origen). Apoyo a la constitución de asociaciones y cooperativas para alcanzar escala comercial. Inversión en pequeña agroindustria rural (secaderos, envasadoras, panificadoras).

CONCLUSIÓN

La comercialización y la economía de la agricultura familiar constituyen dimensiones centrales e interdependientes para comprender la situación de los pequeños productores rurales en Paraguay y América Latina. Su importancia radica en que no se trata únicamente de mejorar el acceso a mercados, sino de transformar las condiciones estructurales bajo las cuales las familias campesinas producen, comercializan y reproducen su vida social y económica, a través de circuitos cortos, pluriactividad, financiamiento inclusivo, políticas diferenciadas y organización territorial.

La literatura revisada demuestra que la lógica económica campesina responde a criterios propios de subsistencia y reproducción familiar, distintos a los de la empresa capitalista; que los circuitos cortos de comercialización permiten reducir la dependencia de intermediarios y capturar mayor valor agregado; que las compras públicas locales pueden incrementar significativamente los ingresos de los productores participantes y generar efectos multiplicadores en la economía rural; y que la resiliencia económica de la

agricultura familiar depende tanto de estrategias productivas como de organización social, acceso al crédito y apoyo institucional sostenido.

El capítulo evidencia que la economía de la agricultura familiar debe analizarse desde una perspectiva integral. El ingreso monetario es necesario, pero insuficiente para valorar la sostenibilidad económica de una unidad familiar campesina. Por ello, los análisis deben incluir dimensiones productivas, comerciales, financieras, sociales, territoriales y de vulnerabilidad climática. Esta mirada permite comprender que una agricultura familiar sostenible es aquella que genera ingresos, conserva su base de recursos, reduce su exposición a riesgos, fortalece sus capacidades organizativas y se adapta a las condiciones cambiantes del entorno.

Para Paraguay, la agricultura familiar representa una oportunidad estratégica para fortalecer la seguridad alimentaria, dinamizar las economías locales y construir sistemas agroalimentarios más equitativos y resilientes. Su consolidación requiere políticas públicas diferenciadas, marcos normativos específicos, asistencia técnica, infraestructura rural, financiamiento accesible y mercados institucionales articulados con la producción campesina. En consecuencia, la comercialización de la agricultura familiar debe entenderse no como un problema logístico aislado, sino como una ruta de transformación económica, social e institucional hacia sistemas rurales más justos y sostenibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco de la República de Colombia. (2023). Barreras de acceso al crédito a pequeños productores agropecuarios en Colombia. Ensayos sobre Política Económica, (109). <https://investiga.banrep.gov.co/es/espe/espe109>
- Berdegú, J. A., & Fuentealba, R. (2011). Latin America: The state of smallholders in agriculture. IFAD Conference on New Directions for Smallholder Agriculture. <https://www.ifad.org/documents/38714170/39148759/berdegue+and+fuentealba.pdf>
- BID. (2020). Cinco medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad al cambio climático del sector agrícola en América Latina y el Caribe. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/cinco-medidas-de-adaptacion>
- Cáceres Ibáñez, C. (2020). Circuitos cortos de comercialización: el juego entre lo disponible y lo posible en la agricultura familiar. Revista de Ciencias Sociales, II(168), 35–58. <https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-34032020000200035>
- CEPAL. (2014). La economía del cambio climático en el Paraguay. <https://www.cepal.org/es/noticias/cambio-climatico-tendria-impactos-significativos-la-economia-paraguaya>
- CEPAL, FAO & IICA. (2013). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2013-2014. IICA.

- CEPAL, FAO & PMA. (2025). Mejorando la seguridad alimentaria y la nutrición mediante las compras públicas locales de alimentos a la agricultura familiar. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/84424>
- Chayanov, A. V. (1974). La organización de la unidad económica campesina. Nueva Visión. (Obra original publicada en 1925)
- Craviotti, C. (2015). Circuitos cortos de comercialización agroalimentaria: un acercamiento desde la agricultura familiar diversificada en Argentina. Mundo Agrario, 16(31). <https://www.redalyc.org/jatsRepo/845/84544434001/html/index.html>
- FAO. (1998). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. FAO.
- FAO. (s.f.). Legislar para promover la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1506646/>
- FAO/BID. (2007). Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. FAO. <https://www.fao.org/3/a1433s/a1433s00.htm>
- Gazolla, M., & Schneider, S. (Orgs.). (2017). Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas: negócios e mercados da agricultura familiar. Editora da UFRGS.
- Grisa, C., & Schneider, S. (2014). Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar e formas de interação entre sociedade e Estado no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, 52(Supl. 1), 125–146. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032014000600006>
- Lesmo Duarte, N. D., Ferreira da Silva, A., Schlindwein, M. M., & Solis Mendoza, B. A. (2019). Agricultura Familiar Campesina: un análisis de la producción de cultivos tradicionales en el Departamento de Concepción – Paraguay. Investigación Agraria, 20(2), 136–142. <https://scielo.iics.una.py/scielo.php?pid=S2305-06832018000200136>
- Maluf, R. S. (2004). Mercados agroalimentares e a agricultura familiar no Brasil: agregação de valor, cadeias integradas e circuitos regionais. Ensaios FEE, 25(1), 299–322.
- Niederle, P. A., & Almeida, L. (2013). A nova morfologia do desenvolvimento rural sustentável. En P. A. Niederle, L. Almeida, & F. M. Vezzani (Orgs.), Agroecologia: práticas, mercados e políticas para uma nova agricultura (pp. 21–53). Kairós.
- Paz, R. (2018). Eficiencia y agricultura familiar: más de un siglo de debate sin suficientes respuestas. Economía, Sociedad y Territorio, 18(58), 595–628. <https://doi.org/10.22136/est20181210>
- Riella, A., & Mascheroni, P. (2015). El agro uruguayo y las transformaciones del mundo rural. En A. Riella & P. Mascheroni (Eds.), Ruralidad, identidad y territorio. Debates en el Cono Sur. Facultad de Ciencias Sociales, UdelAR.
- Schneider, S. (2003). A pluriatividade na agricultura familiar. Editora da UFRGS.
- Seisdedos, L. (2024). Impactos del cambio climático en la agricultura familiar campesina de Paraguay [Trabajo de fin de máster]. Universidad Pontificia Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/98116>

- Villarreal, F. G. (Coord.). (2017). Inclusión financiera de pequeños productores rurales. CEPAL.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42121/6/S1700277_es.pdf
- Wanderley, M. N. B. (2009). O mundo rural como espaço de vida: reflexões sobre a propriedade da terra, agricultura familiar e ruralidade. Editora da UFRGS.
- Wesz Junior, V. (2021). Transformaciones agrarias, agricultura campesina y mercados agroalimentarios en Alto Paraná (Paraguay). Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios, (55), 29–50.
<https://ojs.econ.uba.ar/index.php/rica/article/view/2858>

Innovación, extensión y políticas públicas para la sostenibilidad en Paraguay

 10.46420/9786585756846cap8

Daisy Leticia Ramírez Monzón 

Ernesto José Bernal Gini 

Jadiyi Concepción Torales Salinas 

Viviana Alejandra de Fatima Zárate 

INTRODUCCIÓN

La agricultura en Paraguay es una de las actividades económicas y sociales de mayor importancia y tradición. De acuerdo con datos del Banco Mundial, el sector agropecuario aporta el 30,4 % del producto interno bruto (PIB) del país. Del cual, es fuertemente dependiente del desempeño del sector agrícola (8,4%) y ganadero (2,1%) (BCP, 2018). La fertilidad de los suelos es muy adecuada para cultivo, aunque está relativamente poco explotada. Siendo que, el sector agropecuario genera el 64% de los ingresos por exportación.

La economía paraguaya mantiene una fuerte dependencia del sector agropecuario, situación que la hace especialmente vulnerable a las variaciones climáticas y a las fluctuaciones de los mercados internacionales. Esta realidad se evidencia en la estrecha relación existente entre el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola y el crecimiento económico nacional, donde las condiciones meteorológicas influyen directamente sobre el desempeño productivo del país (Figura 1). La limitada infraestructura de mitigación climática agrava esta situación, considerando que cerca del 98,6% de los establecimientos agrícolas no cuentan con sistemas de riego ni mecanismos adecuados de prevención frente a eventos climáticos extremos (Ogasawara, 2017).

La estructura económica paraguaya continúa sustentándose principalmente en actividades primarias, particularmente la agricultura y la ganadería, cuyas exportaciones se concentran en pocos rubros altamente dependientes del clima, como la soja, el maíz y la carne bovina (Muñoz et al., 2015). Esta dependencia estructural genera una elevada volatilidad económica, donde periodos de sequía o exceso hídrico repercuten directamente sobre el crecimiento del PIB nacional.

La Figura 1 demuestra claramente esta relación de dependencia entre las anomalías de precipitaciones, el PIB agrícola y el PIB total del país durante un periodo de diez años. Los años con disminución de precipitaciones presentan caídas significativas en el PIB agrícola, afectando igualmente el crecimiento económico nacional. En contraste, periodos con condiciones climáticas favorables muestran aumentos importantes en la producción agrícola y en el crecimiento económico general (Alecsandro; Lemos, 2015).

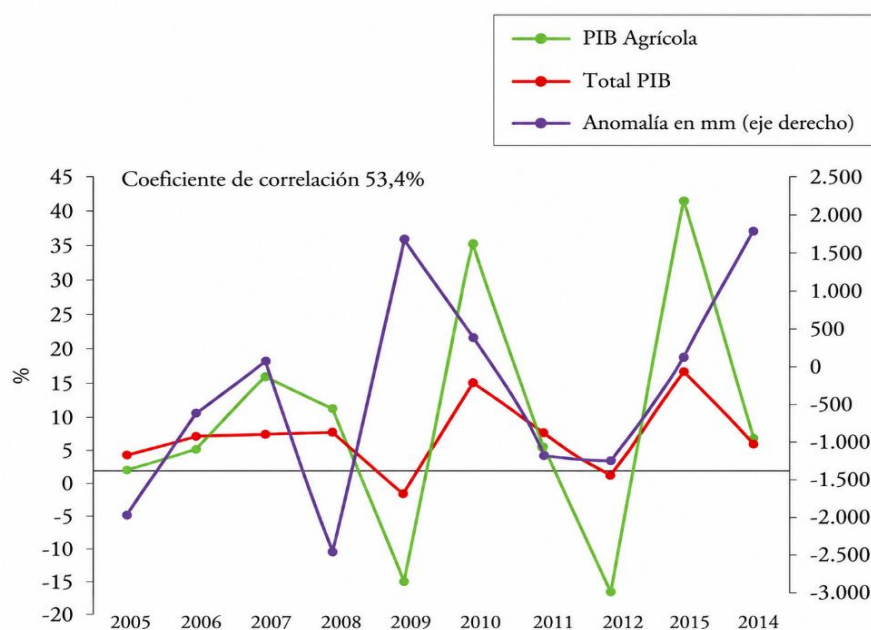


Figura 1. Relación entre el PIB Agrícola, el PIB total a nivel país y la variación de las precipitaciones medias a lo largo de 10 años, la variación hace evidente la dependencia de la economía del país ante la agricultura y que está a su vez depende de los factores climáticos. Fuente: Banco Mundial; Alecsandro y Lemos (2015).

Esta situación continúa siendo visible en la dinámica económica reciente del Paraguay. Según el Banco Central del Paraguay (BCP), el crecimiento económico proyectado para el año 2024 se mantuvo en 4,0%, aunque con importantes recomposiciones internas asociadas principalmente al comportamiento del sector primario. El crecimiento del sector agrícola se estimó en 1,8%, mientras que la ganadería presentó una expansión superior a la prevista inicialmente, alcanzando un crecimiento de 6,2%, impulsado por el aumento del ritmo de faenamiento y las exportaciones de productos cárnicos. Por otro lado, el sector de electricidad y agua registró una revisión negativa debido al bajo caudal hídrico del río Paraná, afectando la producción energética de las binacionales

Asimismo, las proyecciones económicas del 2025 mantienen una fuerte relación con las perspectivas climáticas. El BCP estima un crecimiento del PIB de 3,8%, sustentado parcialmente en una expansión del sector primario del 1,8%, asociada a mejores perspectivas meteorológicas y a un esperado incremento en la producción de maíz, arroz y algodón. De igual manera, se prevé estabilidad en la producción de soja, principal rubro agrícola de exportación del país.

No obstante, pese a la elevada participación de la agricultura en el PIB nacional y en la generación de divisas, Ferreira y Vázquez (2015) señalan una aparente contradicción en torno al sector, ya que frecuentemente es presentado en medios de comunicación e incluso en discursos académicos como una actividad conflictiva y ambientalmente negativa, pese a su relevancia estratégica para la economía y la seguridad alimentaria del país.

Resulta fundamental comprender los nuevos escenarios rurales emergentes dentro de un sistema agrario en constante transformación. Las dinámicas actuales del sector agropecuario exigen analizar no solamente los aspectos económicos y productivos, sino también las condiciones sociales y estructurales que afectan especialmente a los pequeños productores y a la agricultura familiar campesina.

Si bien Paraguay mantiene niveles importantes de producción de alimentos básicos, el apoyo estatal destinado a pequeños productores, agricultura familiar y pueblos originarios continúa siendo insuficiente, limitado y precario (Riquelme, 2020). Esta situación contribuye al mantenimiento de elevados índices de pobreza rural y limita la capacidad de diversificación productiva. Como consecuencia, la oferta nacional de productos frutihortícolas suele presentar comportamientos estacionales e insuficientes. Además, los productores nacionales enfrentan una fuerte competencia derivada del contrabando fronterizo, situación que frecuentemente obliga a los agricultores a comercializar sus productos a precios muy bajos o incluso a descartarlos (Duarte, 2020).

La comprensión de las políticas públicas como herramientas dinámicas de transformación estatal exige analizar cómo las directrices globales y locales se traducen en realidades concretas. Se examina el entramado institucional y normativo que regula el desarrollo rural contemporáneo, articulando los marcos internacionales de la Agenda 2030 con las dinámicas particulares de Paraguay. La fuerte dependencia de una economía sustentada en el sector agropecuario enfrenta el dilema estructural de conjugar el éxito de sus cadenas agroexportadoras con la urgencia de la sostenibilidad ambiental, la inclusión social de la agricultura familiar y la superación de las brechas históricas en asistencia técnica y financiamiento.

En consecuencia, resulta necesario analizar cómo la innovación, la extensión y las políticas públicas pueden articularse para fortalecer la sostenibilidad rural en Paraguay. Esta articulación debe superar la visión fragmentada de las intervenciones aisladas y avanzar hacia un enfoque territorial, participativo e interinstitucional, donde universidades, centros de investigación, organismos del Estado, gobiernos locales, organizaciones de productores y comunidades rurales trabajen de manera coordinada.

El presente se tiene como objetivo analizar el papel de la innovación, la extensión rural y las políticas públicas en la construcción de sistemas agropecuarios sostenibles en Paraguay, considerando los desafíos económicos, sociales, ambientales e institucionales que enfrenta el país, con especial énfasis en la agricultura familiar campesina y el desarrollo rural sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue desarrollada mediante una investigación documental de carácter descriptivo, analítico e interpretativo. Este enfoque permitió revisar, organizar y discutir información procedente de fuentes científicas, documentos técnicos, estadísticas oficiales, marcos normativos y antecedentes institucionales relacionados con la agricultura paraguaya, la innovación agropecuaria, la extensión rural, la agricultura familiar campesina y las políticas públicas para el desarrollo rural sostenible.

La revisión documental se orientó a partir de la siguiente pregunta guía: ¿de qué manera la innovación, la extensión rural y las políticas públicas pueden contribuir al fortalecimiento de sistemas agropecuarios sostenibles en Paraguay, especialmente en el contexto de la agricultura familiar campesina?

Para responder a esta pregunta, se consideraron tres ejes analíticos principales. El primero corresponde a la innovación agropecuaria, entendida como la generación, adaptación y aplicación de conocimientos, tecnologías y prácticas orientadas a mejorar la productividad, la resiliencia climática, la eficiencia en el uso de recursos y la sostenibilidad de los sistemas productivos. El segundo eje corresponde a la extensión rural, concebida como un proceso educativo, participativo y territorial que facilita la articulación entre investigación, productores e instituciones. El tercer eje corresponde a las políticas públicas, entendidas como instrumentos estatales que regulan, promueven y financian acciones destinadas al desarrollo rural sostenible.

Las fuentes consultadas incluyeron informes y estadísticas de organismos nacionales e internacionales, tales como el Banco Central del Paraguay, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el Banco Mundial, así como investigaciones académicas sobre agricultura familiar, desarrollo rural, agroecología, economía agraria y políticas públicas. También se consideraron marcos legales relevantes, especialmente aquellos relacionados con la agricultura familiar campesina, la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y los programas de apoyo productivo.

El análisis se organizó en cuatro momentos. En primer lugar, se realizó una contextualización de la agricultura paraguaya y de los principales desafíos del sector rural. En segundo lugar, se analizó el papel de la innovación como herramienta para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas agropecuarios. En tercer lugar, se examinó la función de la extensión rural como mecanismo de transferencia, apropiación y construcción participativa del conocimiento. En cuarto lugar, se discutió el alcance de las políticas públicas y se propuso un modelo de articulación entre universidad, productores y Estado.

El compendio se elaboró mediante una lectura crítica de los antecedentes revisados, buscando integrar las dimensiones productiva, social, ambiental e institucional del desarrollo rural paraguayo. De este modo, es posible proponer una interpretación orientada a la toma de decisiones y al fortalecimiento de estrategias sostenibles para el territorio rural nacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Agricultura paraguaya, sostenibilidad e innovación productiva

La agricultura paraguaya se desarrolla en un escenario caracterizado por una marcada dualidad productiva. Por un lado, se encuentra la agricultura empresarial, orientada principalmente a la producción de rubros de exportación, con alto nivel de mecanización, incorporación tecnológica y vinculación con los mercados internacionales. Por otro lado, persiste la agricultura familiar campesina, conformada por

pequeñas unidades productivas que dependen en gran medida del trabajo familiar, de la diversificación de rubros y de estrategias productivas adaptadas a las condiciones locales. Esta coexistencia revela que el desarrollo agropecuario nacional no puede analizarse únicamente desde la expansión productiva, sino también desde sus efectos sociales, ambientales y territoriales.

El crecimiento del sector agropecuario ha contribuido de manera significativa a la economía nacional. La relación entre la superficie cultivada y el Producto Interno Bruto agropecuario evidencia la importancia estratégica de la agricultura dentro de la estructura productiva paraguaya. Esta asociación permite observar que la expansión de la actividad agrícola ha acompañado el aumento del PIB agropecuario, confirmando el peso del sector en la economía nacional (Figura 2).

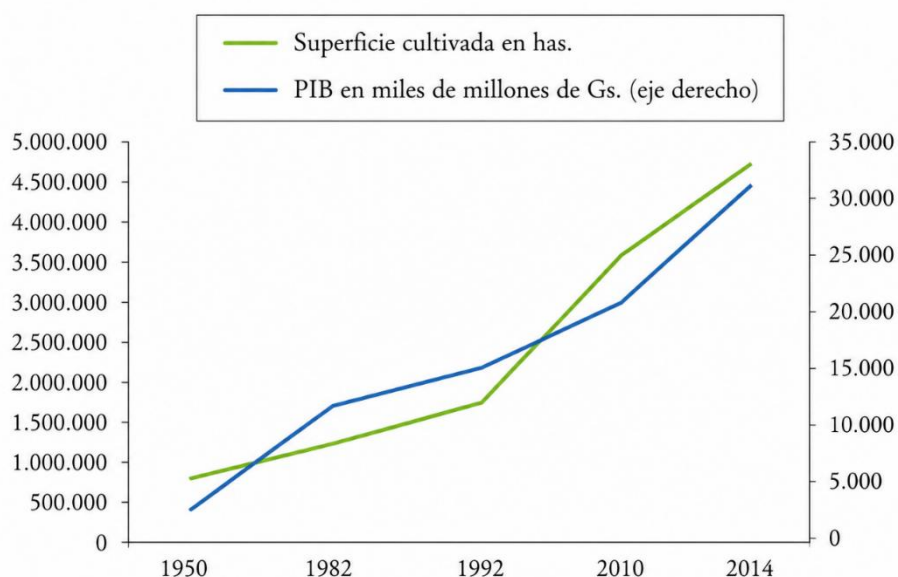


Figura 2. Relación entre la superficie cultivada en hectáreas y el PIB en miles de millones de guaraníes en Paraguay. Se observa una asociación positiva entre ambas variables, evidenciando la contribución significativa del sector agropecuario al crecimiento económico nacional y su relevancia estratégica dentro de la estructura productiva del país. Fuente: Banco Mundial; Alecsandro y Lemos (2015).

Sin embargo, este crecimiento no siempre se traduce en mejoras equitativas para todos los actores rurales. Quiñónez (2019) señala que la expansión agrícola ha estado vinculada históricamente a procesos de concentración de tierras, monocultivo y consolidación de modelos latifundistas, lo que limita el impacto de la agricultura como herramienta efectiva para la reducción de la pobreza rural.

Esta situación exige repensar la innovación agropecuaria desde una perspectiva más amplia. La innovación no debe entenderse solamente como incorporación de maquinaria, semillas mejoradas o tecnologías de producción intensiva, sino como un proceso de generación, adaptación y aplicación de conocimientos orientados a mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos. En el contexto paraguayo, innovar implica fortalecer la productividad sin profundizar la degradación ambiental, aumentar la resiliencia climática, reducir la dependencia de insumos externos y mejorar las condiciones de vida de los productores rurales.

La agricultura empresarial ha logrado incorporar avances tecnológicos relevantes, especialmente en cultivos como soja, maíz y trigo, rubros que posicionan al país dentro de los mercados internacionales. Ferreira y Vázquez (2015) destacan la relevancia de estos sistemas tecnificados para la economía nacional. No obstante, la dependencia de pocos rubros de exportación también incrementa la vulnerabilidad frente a las variaciones climáticas y a las fluctuaciones de precios internacionales, tal como advierten Maceira et al. (2009), al señalar que la economía paraguaya es sensible a los cambios en los precios de los productos agrícolas básicos y a las crisis económicas externas.

En contraste, la agricultura familiar campesina enfrenta mayores restricciones para acceder a tecnologías, financiamiento, asistencia técnica, infraestructura y mercados. Sin embargo, este sector posee un papel estratégico en la conservación de la biodiversidad agrícola, la producción de alimentos para el consumo interno y el sostenimiento de prácticas productivas más diversificadas. Riquelme (2020) sostiene que gran parte de la biodiversidad agrícola y de la producción orgánica del Paraguay proviene de pequeños productores, comunidades campesinas e indígenas, lo que demuestra su importancia para la sostenibilidad territorial.

Desde esta perspectiva, la innovación sostenible debe reconocer y fortalecer los saberes campesinos, la conservación de semillas, la diversificación de cultivos, el manejo agroecológico del suelo, la producción orgánica y los circuitos cortos de comercialización. Galeano (2020) destaca que la diversificación productiva de base campesina constituye una respuesta territorial relevante frente a los impactos ambientales y la volatilidad asociada a los monocultivos. Por tanto, la agricultura familiar no debe ser interpretada como un sector atrasado, sino como un espacio con potencial para generar alternativas productivas sostenibles.

La soberanía alimentaria también se vincula directamente con la capacidad de innovación de la agricultura familiar. Paraguay posee condiciones naturales favorables para producir alimentos diversos; sin embargo, el predominio de un modelo agroexportador centrado en materias primas limita la consolidación de sistemas alimentarios más equilibrados. Guareschi (2016), sostiene que los desafíos de la soberanía alimentaria en Paraguay están asociados a la concentración de la tierra, la limitada implementación de políticas públicas rurales y la necesidad de fortalecer modelos agroecológicos. En este mismo sentido, Guereña y Rojas Villagra (2016), advierten que la concentración de la tierra y el predominio de monocultivos generan impactos ambientales y sociales que profundizan las desigualdades rurales.

No obstante, existen experiencias que demuestran la capacidad de la agricultura familiar para construir alternativas. Vargas Lehner et al. (2017), describen la presencia de mercados de productos agroecológicos y orgánicos en Asunción, mientras que Insfrán Ortiz et al. (2018), analizan experiencias de organizaciones de productores orgánicos en Paraguay, evidenciando la aplicación de dimensiones agroecológicas en los sistemas productivos. Estas experiencias muestran que la innovación también puede

surgir desde los territorios, mediante procesos organizativos, producción diferenciada, comercialización local y recuperación de prácticas sostenibles.

En consecuencia, la innovación para la sostenibilidad agropecuaria en Paraguay debe integrar dos dimensiones complementarias. La primera corresponde a la mejora tecnológica y productiva, necesaria para aumentar la eficiencia y la competitividad del sector. La segunda corresponde a la innovación social, organizativa y agroecológica, indispensable para fortalecer la agricultura familiar, reducir desigualdades y conservar los recursos naturales. La sostenibilidad rural dependerá de la capacidad del país para articular ambas dimensiones en una estrategia de desarrollo inclusiva, territorial y ambientalmente responsable.

Transformación demográfica y reducción de la población rural

La evolución de la población rural en los países del Mercosur evidencia un proceso sostenido de urbanización durante las últimas décadas (Figura 3).

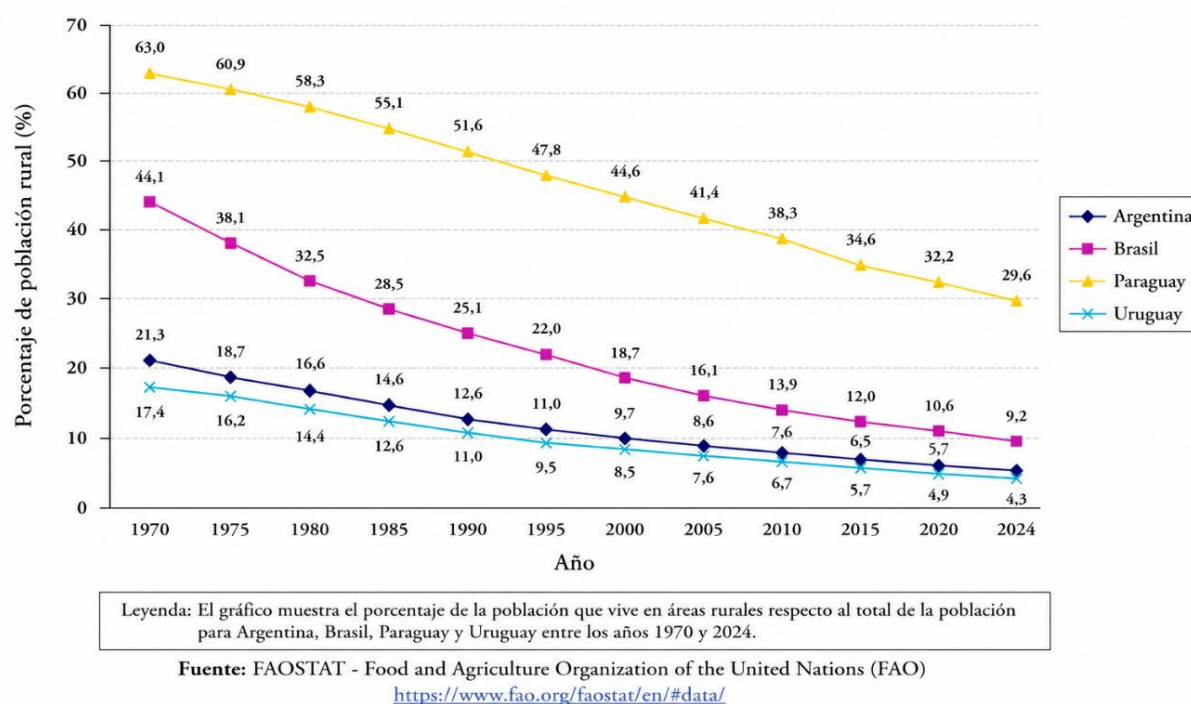


Figura 3. Porcentaje de la población rural sobre el porcentaje de la población total desde 1970 a 2024. Fuente: FAOSTAT – *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2025).

Esta tendencia se relaciona con la migración hacia los centros urbanos en busca de mejores oportunidades de empleo, educación, salud, transporte y acceso a servicios básicos. En el caso paraguayo, aunque el país conserva una proporción rural superior a la de Argentina, Brasil y Uruguay, también se observa una disminución progresiva de la población rural. Los datos muestran que todos los países del del Mercosur han experimentado una disminución progresiva de la población rural entre 1970 y 2024, fenómeno asociado principalmente a las migraciones hacia los centros urbanos en busca de mejores condiciones de vida, empleo, educación y acceso a servicios básicos.

Extensión rural, transferencia de conocimiento y fortalecimiento de capacidades

La extensión rural constituye un componente central para la sostenibilidad del desarrollo agropecuario paraguayo. Cabe destacar que su importancia radica en que permite vincular la investigación, la tecnología, las políticas públicas y las necesidades concretas de los productores. En contextos rurales marcados por desigualdades en el acceso a recursos, la extensión cumple una función educativa, técnica y social, orientada al fortalecimiento de capacidades productivas, organizativas y territoriales.

Históricamente, la extensión rural fue comprendida como un proceso de transferencia de tecnología desde las instituciones hacia los productores. Sin embargo, este enfoque resulta insuficiente para responder a la complejidad actual del medio rural. Rodríguez-Espinosa et al. (2016) señalan que las nuevas tendencias de la extensión rural deben orientarse al desarrollo de capacidades de autogestión, promoviendo procesos participativos y adaptados a la realidad de los productores. En este sentido, la extensión no debe limitarse a recomendar prácticas técnicas, sino que debe facilitar procesos de aprendizaje, intercambio de saberes y construcción colectiva de soluciones.

En Paraguay, la Dirección de Extensión Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería ha sido históricamente una de las principales instituciones responsables de la asistencia técnica rural. Landini (2013), destaca el papel de los extensionistas en el acompañamiento a productores, aunque también evidencia limitaciones vinculadas a la cobertura, los recursos disponibles y los modelos de intervención. De manera complementaria, Landini (2012, 2015), señala que la extensión rural paraguaya enfrenta una encrucijada entre modelos tradicionales de transferencia tecnológica y enfoques más participativos, integrales y territoriales.

Estas limitaciones tienen consecuencias directas sobre la agricultura familiar campesina. La baja cobertura de asistencia técnica dificulta la adopción de innovaciones, la mejora de los sistemas productivos y la inserción en mercados más estables. Según el Censo Agropecuario Nacional del MAG (2022), una proporción reducida de fincas accede a asistencia técnica y financiamiento productivo, situación que afecta especialmente a los pequeños productores. Esta realidad confirma que la innovación no depende únicamente de la existencia de tecnologías, sino también de la capacidad institucional para acompañar su apropiación y adaptación en el territorio.

La extensión rural moderna debe responder a la diversidad de actores del campo paraguayo. Los pequeños productores, las mujeres rurales, los jóvenes, las comunidades indígenas y las organizaciones campesinas presentan necesidades diferenciadas. Por ello, las acciones de extensión deben superar las intervenciones homogéneas y adoptar metodologías participativas, tales como días de campo, parcelas demostrativas, escuelas de campo, diagnósticos comunitarios, intercambios entre productores y procesos de investigación-acción.

La juventud rural requiere especial atención dentro de las estrategias de extensión. Riquelme y Vera (2015), explican que el avance del agronegocio, las dificultades de acceso a la tierra y el debilitamiento de la agricultura campesina han contribuido a la migración rural-urbana. Esta dinámica se relaciona con

la falta de oportunidades económicas, educativas y productivas en el campo. Por tanto, la extensión rural debe contribuir a generar alternativas para el arraigo juvenil, mediante capacitación técnica, innovación productiva, emprendimientos rurales, uso de tecnologías digitales y fortalecimiento organizativo.

Las mujeres rurales también desempeñan un papel fundamental en la sostenibilidad de los sistemas familiares. Su participación en huertas, producción de alimentos, conservación de semillas, comercialización local y gestión del hogar rural constituye una base importante para la seguridad alimentaria. Sin embargo, muchas veces su trabajo permanece invisibilizado. La extensión rural debe incorporar un enfoque inclusivo que reconozca el rol productivo y organizativo de las mujeres, facilitando su acceso a formación, asistencia técnica, financiamiento y espacios de decisión.

La relación entre extensión rural e innovación agropecuaria es fundamental. Ekboir et al. (2003), Pérez y Sili (2007), Stads y Santander (2008), y Landini (2015), coinciden en señalar que Paraguay presenta debilidades estructurales en materia de investigación, transferencia y adopción tecnológica. Esta situación limita la competitividad de los sistemas productivos, especialmente en la agricultura familiar. Pereira (2018), agrega que la adopción tecnológica depende tanto de factores internos de la unidad productiva como de condiciones externas vinculadas al mercado, la asistencia técnica, el financiamiento y las políticas públicas.

Por esta razón, la extensión rural debe funcionar como un puente entre la innovación y la realidad territorial. No basta con generar tecnologías desde centros de investigación si estas no son adecuadas a las condiciones económicas, culturales y ambientales de los productores. La extensión debe traducir el conocimiento científico en prácticas aplicables, pero también debe llevar las demandas del territorio hacia las instituciones de investigación y decisión pública.

La universidad puede cumplir un rol estratégico en este proceso. A través de la extensión universitaria, la investigación aplicada, las prácticas profesionales, los proyectos de vinculación y la formación de estudiantes, las instituciones académicas pueden contribuir al fortalecimiento de capacidades en comunidades rurales. Esta articulación permitiría transformar los problemas del territorio en preguntas de investigación y, a su vez, convertir los resultados científicos en soluciones productivas, sociales y ambientales.

En síntesis, la extensión rural constituye un eje indispensable para la sostenibilidad en Paraguay. Su fortalecimiento requiere recursos humanos capacitados, financiamiento estable, metodologías participativas, articulación institucional y enfoque territorial. Una extensión rural moderna no debe limitarse a transferir tecnología, sino que debe construir capacidades, promover organización, facilitar innovación y contribuir a la inclusión de los sectores más vulnerables del medio rural.

Políticas públicas para el desarrollo rural sostenible

Las políticas públicas son instrumentos fundamentales para orientar el desarrollo rural y corregir desigualdades estructurales. Según Subirats et al. (2008), las políticas públicas comprenden el conjunto de

decisiones, acciones y mecanismos implementados por el Estado para atender problemas de interés colectivo. En el caso del desarrollo rural, estas políticas deben abordar de manera integrada dimensiones económicas, sociales, ambientales, productivas, institucionales y territoriales.

En Paraguay, las políticas públicas rurales se desarrollan en un contexto complejo. El país mantiene una economía fuertemente vinculada al sector agropecuario, pero al mismo tiempo presenta profundas brechas en el acceso a tierra, asistencia técnica, financiamiento, infraestructura y mercados. Esta situación exige políticas diferenciadas que reconozcan la heterogeneidad del campo paraguayo. No es posible aplicar las mismas estrategias para la agricultura empresarial exportadora y para la agricultura familiar campesina, porque ambos sectores presentan capacidades, necesidades y condiciones estructurales diferentes.

El desarrollo rural sostenible se vincula directamente con los compromisos internacionales asumidos en la Agenda 2030. La Organización de las Naciones Unidas (2015), plantea objetivos orientados a la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y la reducción de desigualdades. Estos lineamientos globales encuentran especial relevancia en Paraguay, donde la agricultura familiar campesina continúa enfrentando restricciones que limitan su contribución plena a la seguridad alimentaria y al desarrollo territorial.

La Ley N.º 6286/2019, de defensa, restauración y promoción de la agricultura familiar campesina, representa un avance normativo significativo. Riquelme (2020), analiza esta ley como un logro de las organizaciones campesinas e indígenas, pero también como un desafío para el Estado paraguayo en términos de implementación efectiva. Su importancia radica en que reconoce a la agricultura familiar campesina como un sector estratégico para la producción de alimentos, la sostenibilidad y la inclusión social. Sin embargo, su impacto depende de la existencia de presupuesto, institucionalidad, asistencia técnica, acceso a tierra, financiamiento y canales de comercialización.

Las políticas públicas orientadas al desarrollo rural no deben limitarse al apoyo productivo puntual. Deben integrar componentes de infraestructura, educación, salud, conectividad, comercialización, financiamiento, gestión del agua, conservación del suelo y fortalecimiento organizativo. Schejtman y Berdegú (2004), sostienen que el desarrollo territorial rural requiere intervenciones integrales y diferenciadas, capaces de reconocer las características económicas, culturales y ambientales de cada territorio. Este enfoque resulta especialmente pertinente para Paraguay, donde las realidades rurales varían significativamente entre departamentos, distritos y comunidades.

La comercialización constituye uno de los principales desafíos para la agricultura familiar. Duarte (2020), señala que los productores frutihortícolas enfrentan dificultades asociadas al contrabando y a la competencia desleal, lo que afecta los precios y reduce la rentabilidad. Esta situación demuestra que las políticas públicas deben intervenir no solo en la producción, sino también en los mercados. Sin mecanismos estables de comercialización, los pequeños productores quedan expuestos a intermediación desfavorable, pérdidas económicas y desmotivación productiva.

En este contexto, las compras públicas pueden convertirse en una herramienta estratégica para fortalecer la agricultura familiar campesina. Los programas vinculados a alimentación escolar y abastecimiento institucional tienen potencial para conectar la producción local con la demanda pública, generando mercados más seguros para los productores y mejorando la disponibilidad de alimentos. Para que esta estrategia funcione, se requiere planificación de la producción, formalización, asistencia técnica, organización de productores, estándares de calidad y coordinación entre instituciones.

La política pública también debe atender la dimensión climática. La economía paraguaya es altamente vulnerable a las variaciones de precipitación, sequías, inundaciones y eventos extremos. Ogasawara (2017), señala las limitaciones existentes en sistemas de riego y mecanismos de prevención climática, lo cual evidencia la necesidad de fortalecer políticas de adaptación. Entre las acciones prioritarias se encuentran el acceso a riego apropiado para pequeñas fincas, la gestión comunitaria del agua, la conservación de suelos, la diversificación productiva, los sistemas agroforestales y el seguro agrícola.

Asimismo, la sostenibilidad rural requiere políticas de investigación e innovación. El World Bank (2012), plantea que los sistemas de innovación agrícola deben articular actores, instituciones, conocimientos y recursos para generar soluciones aplicables al desarrollo agropecuario. En Paraguay, esta articulación aún presenta debilidades, por lo que resulta necesario fortalecer los vínculos entre universidades, centros de investigación, organismos públicos, gobiernos locales y organizaciones de productores.

La continuidad institucional es otro aspecto crítico. Las políticas rurales requieren tiempo para generar impactos, especialmente cuando buscan modificar estructuras productivas, fortalecer organizaciones y promover cambios culturales. Sin embargo, los cambios frecuentes de prioridades institucionales pueden debilitar los procesos iniciados. Por ello, es necesario avanzar hacia políticas de Estado, con planificación de largo plazo, financiamiento sostenido y mecanismos de evaluación.

La evaluación de las políticas públicas debe ser permanente. No basta con registrar programas ejecutados o número de beneficiarios; es necesario analizar si las intervenciones mejoran la productividad, reducen la pobreza rural, fortalecen la seguridad alimentaria, conservan los recursos naturales y generan arraigo territorial. Serafini (2019), señala que las estrategias de inclusión financiera, asistencia técnica y acceso a servicios deben integrarse con políticas de comercialización y gestión de riesgos, tanto para productores rurales como urbanos.

Por tanto, las políticas públicas para la sostenibilidad en Paraguay deben ser integrales, territoriales, participativas y sostenidas en el tiempo. Su principal desafío consiste en articular el crecimiento económico del sector agropecuario con la inclusión social, la conservación ambiental y el fortalecimiento de la agricultura familiar campesina. El desarrollo rural sostenible no puede depender de acciones aisladas, sino de una estrategia nacional que integre innovación, extensión rural y gobernanza pública.

Articulación universidad–productores–estado como estrategia de sostenibilidad

El análisis de la innovación, la extensión rural y las políticas públicas permite identificar la necesidad de construir mecanismos de articulación más efectivos entre universidad, productores y Estado. La sostenibilidad rural no puede ser alcanzada por un solo actor de manera aislada. Requiere cooperación interinstitucional, participación social, generación de conocimiento, asistencia técnica, financiamiento y continuidad política.

La universidad posee un papel estratégico en la producción de conocimiento científico, la formación de profesionales, la investigación aplicada y la extensión universitaria. Sin embargo, para contribuir efectivamente al desarrollo rural, debe vincular sus capacidades con las demandas reales de los productores. Esto implica orientar proyectos de investigación hacia problemas concretos, como manejo sostenible del suelo, producción agroecológica, semillas adaptadas, control ecológico de plagas, comercialización, sistemas de riego, diversificación productiva y resiliencia climática.

Los productores, por su parte, aportan conocimiento territorial, experiencia práctica y capacidad de adaptación. La agricultura familiar campesina ha desarrollado históricamente estrategias de diversificación, conservación de semillas, producción para autoconsumo y organización comunitaria. Estos saberes deben ser reconocidos dentro de los procesos de innovación y no subordinados a modelos externos de intervención. La construcción de soluciones sostenibles requiere diálogo entre conocimiento científico y conocimiento campesino.

El Estado cumple la función de crear condiciones institucionales, normativas y financieras para que la innovación y la extensión puedan sostenerse en el tiempo. Su responsabilidad incluye garantizar asistencia técnica, financiamiento, infraestructura, acceso a mercados, compras públicas, programas de adaptación climática y políticas de fortalecimiento organizativo. Además, debe promover la coordinación entre instituciones nacionales, gobiernos departamentales, municipalidades, universidades y organizaciones rurales.

Una propuesta de articulación universidad–productores–Estado debe iniciar con diagnósticos territoriales participativos. Estos diagnósticos permitirían identificar necesidades productivas, limitaciones ambientales, problemas de comercialización, capacidades organizativas y oportunidades de innovación. A partir de esta información, podrían diseñarse proyectos aplicados con participación de estudiantes, docentes, técnicos y productores.

El segundo componente debe ser la investigación aplicada en fincas y comunidades. Las parcelas demostrativas, los ensayos participativos y las experiencias piloto permitirían validar tecnologías en condiciones reales. Esto facilitaría la adopción de prácticas sostenibles, porque los productores podrían observar resultados concretos y adaptar las recomendaciones a sus propias condiciones.

El tercer componente corresponde a la extensión y capacitación continua. Las universidades, en coordinación con instituciones públicas y organizaciones de productores, podrían desarrollar programas de formación en manejo agroecológico, conservación de suelos, producción de bioinsumos, gestión del

agua, planificación de cultivos, costos de producción, comercialización, asociatividad y uso de herramientas digitales.

El cuarto componente debe orientarse al fortalecimiento organizativo y comercial. La articulación con el Estado permitiría vincular a productores con programas de compras públicas, ferias locales, mercados municipales, cooperativas y circuitos cortos de comercialización. De esta manera, la sostenibilidad no quedaría limitada al ámbito productivo, sino que incluiría condiciones económicas para la permanencia de las familias en el campo.

Finalmente, el quinto componente debe ser la evaluación de impacto. Cada acción de articulación debe contar con indicadores claros, tales como número de productores capacitados, adopción de prácticas sostenibles, aumento de la diversificación productiva, mejora de ingresos, participación de mujeres y jóvenes, acceso a mercados, conservación del suelo y reducción de la vulnerabilidad climática. Estos indicadores permitirían ajustar las intervenciones y generar evidencia útil para mejorar las políticas públicas.

En este sentido, la articulación universidad–productores–Estado puede constituirse en una estrategia concreta para fortalecer la sostenibilidad rural en Paraguay. Su aporte principal radica en integrar conocimiento científico, experiencia territorial y capacidad institucional. Esta integración permitiría avanzar hacia sistemas agroalimentarios más resilientes, inclusivos y sostenibles, con especial énfasis en la agricultura familiar campesina.

CONSIDERACIONES FINALES

La agricultura paraguaya continúa desempeñando un papel estratégico en la economía nacional, tanto por su contribución a la generación de ingresos, exportaciones y empleo, como por su importancia en la configuración social y territorial del país. Sin embargo, el análisis desarrollado en este capítulo evidencia que el modelo agroproductivo vigente enfrenta desafíos estructurales vinculados con la sostenibilidad ambiental, la desigualdad social, la concentración de tierras, la vulnerabilidad climática y las limitaciones de acceso a innovación, asistencia técnica, financiamiento y mercados justos. Estos factores condicionan el desarrollo equilibrado de los territorios rurales y exigen una mirada integral sobre el futuro del sector agropecuario nacional.

Esta revisión permitió identificar que Paraguay mantiene una elevada dependencia del sector agropecuario y de los mercados internacionales, situación que expone a la economía nacional a fluctuaciones derivadas de las condiciones climáticas y de la dinámica global de los commodities agrícolas. Si bien el crecimiento del agronegocio y de las exportaciones ha fortalecido la presencia del país en los mercados internacionales, sus beneficios no se distribuyen de manera equitativa entre todos los actores rurales. En este contexto, persisten profundas desigualdades sociales y territoriales, especialmente en los sectores vinculados a la agricultura familiar campesina, las comunidades indígenas, los jóvenes y las mujeres rurales.

La agricultura familiar campesina continúa representando un componente fundamental para la seguridad y soberanía alimentaria, la conservación de la biodiversidad, la generación de empleo rural y el arraigo territorial. Los sistemas agroecológicos desarrollados por pequeños productores demuestran un importante potencial para promover modelos de producción más sostenibles, diversificados, resilientes e inclusivos. No obstante, estos sectores aún enfrentan limitaciones significativas relacionadas con el acceso a tecnologías apropiadas, asistencia técnica permanente, financiamiento productivo, infraestructura, organización comercial y canales estables de venta.

En este sentido, es importante comprender que la innovación debe ser comprendida no solo como incorporación de tecnologías modernas, sino como un proceso social, productivo y territorial que integra conocimientos científicos, saberes campesinos, prácticas agroecológicas, organización comunitaria y estrategias de adaptación climática. Así mismo, la sostenibilidad rural dependerá de la capacidad del país para promover innovaciones inclusivas, orientadas a mejorar la productividad sin comprometer los recursos naturales ni profundizar las desigualdades existentes.

De igual manera, la extensión rural se presenta como un eje fundamental para transformar el conocimiento en acción. Su fortalecimiento resulta indispensable para acompañar a los productores en la adopción de prácticas sostenibles, la diversificación productiva, la gestión de riesgos, la comercialización y la organización comunitaria. La extensión no debe limitarse a la transferencia vertical de tecnologías, sino que debe asumir un enfoque participativo, educativo y territorial, capaz de articular investigación, experiencia local y necesidades concretas de las comunidades rurales.

Siendo así fue posible evidenciar que los procesos de urbanización y migración rural-urbana continúan transformando profundamente la estructura social paraguaya. La reducción progresiva de la población rural debilita la agricultura familiar, disminuye la disponibilidad de mano de obra joven en el campo y pone en riesgo la transmisión intergeneracional de conocimientos productivos tradicionales. Esta situación resalta la necesidad de fortalecer políticas públicas orientadas al arraigo rural, la inclusión económica de jóvenes y mujeres, la generación de empleo, el acceso a servicios básicos y la creación de oportunidades sostenibles en los territorios.

Por otra parte, las políticas públicas para el desarrollo rural sostenible requieren mayor articulación interinstitucional, continuidad en el tiempo, financiamiento adecuado y enfoque territorial. Las intervenciones aisladas o de corto plazo resultan insuficientes frente a problemas estructurales como la pobreza rural, la concentración de tierras, la degradación ambiental, la baja cobertura de asistencia técnica y las dificultades de comercialización. Por ello, se vuelve necesario consolidar políticas de Estado que integren producción, ambiente, inclusión social, innovación, extensión, financiamiento y mercados.

A partir del análisis realizado, fue posible concluir que la articulación entre universidad, productores y estado constituye una estrategia clave para avanzar hacia sistemas agroalimentarios más sostenibles, resilientes e inclusivos. La universidad puede aportar investigación aplicada, formación profesional y extensión; los productores contribuyen con conocimiento territorial, experiencia práctica y

organización comunitaria; y el estado debe garantizar el marco normativo, financiero e institucional que permita sostener estos procesos en el tiempo. Esta alianza puede transformar los problemas del territorio en agendas de investigación, las investigaciones en soluciones aplicables y las políticas públicas en resultados concretos para las comunidades rurales.

Paraguay posee condiciones naturales, productivas, humanas e institucionales suficientes para consolidar un modelo de desarrollo rural sostenible basado en la sostenibilidad ambiental, la inclusión social, la seguridad alimentaria y la resiliencia climática. No obstante, alcanzar este objetivo dependerá de la capacidad colectiva para integrar innovación, extensión rural y políticas públicas como una estrategia nacional coherente, participativa y sostenida. Solo mediante esta articulación será posible fortalecer la agricultura familiar campesina, conservar los recursos naturales, dinamizar las economías locales y garantizar mejores condiciones de vida para las generaciones presentes y futuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, J. M., Báez, M. A., & Leiva, O. B. (2018). La soja en el Paraguay. Una aproximación a la cuantificación económica. Periodo 1994-2016. *Población y Desarrollo*, 24(46), 24-36.
- Alecsandro, F., & Lemos, R. (2015). Agricultura y desarrollo en Paraguay. In Unión de Gremios de la Producción U.G.P.
- Ardila, J. 2010. Extensión rural para el desarrollo de la agricultura y la seguridad alimentaria: aspectos conceptuales, situación y una visión de futuro. San José, CR, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 130 p.
- Banco Central del Paraguay. www.bcp.gov.py
- Banco Mundial. (2024). Diagnóstico de sistemas alimentarios y asistencia técnica para la agricultura familiar en Paraguay.
- Berry, A. (2000). Causas de la pobreza en América Latina y políticas para reducirla, con referencia especial al Paraguay. *Revista Paraguaya de Sociología*, 36(106), 7-34.
- Borda, D., & Caballero, M. (2020). Crecimiento y desarrollo económico en Paraguay. Asunción: CADEP. ISBN: 978-99967-991-2-9 (versión digital).
- de la Mora, F. Paraguay: proyección de la población nacional, áreas urbana y rural por sexo y edad, 2000–2025: revisión 2015. October, 2015.
- Duarte, N. (2020, June 23). Hortigranjeros denuncian que contrabando afecta las ventas. 5 Días, 1. <http://www.5dias.com.py/2020/06/hortigranjeros-denuncian-que-contrabando-afecta-las-ventas/>
- Ekboir, J; Parellada, G; Molina, A; Duarte, C. 2003. Análisis del sistema paraguayo de investigación agropecuaria. México, MX, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 22 p.
- FAO Paraguay. (2024). Foro de Inversiones Rurales Paraguay 2024.
- FAO, O. D. Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe.

- FAO. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ferreira, M., & Vázquez, F. (2015). Agricultura y desarrollo en Paraguay. Asunción: UGP. <https://www.mre.gov.py/v2/novenoconcurso/docs/materias/agricultura%20y%20desarrollo.pdf>
- Guareschi, M. (2016). Desafíos y retos desde el paradigma de la soberanía alimentaria y la agroecología para los procesos de cooperación al desarrollo y desarrollo rural. Aprendizajes desde el contexto paraguayo. Universidad de Córdoba.
- Guereña, A., & Rojas Villagra, L. (2016). Yvy Jára. Los dueños de la tierra en Paraguay. OXFAM, 107.
- Insfrán Ortiz, A., Eladio Germán Flecha Paredes, I. E., Antonio Miranda, J., Dra Maria José Aparicio Meza, P., & Vargas Lehner, F. (2018). Perspectivas históricas y actualidad de la Asociación de Productores Orgánicos (APRO) en Paraguay: ¿qué dimensiones agroecológicas son aplicadas? Revista Ecologías Humanas, 4, 50–65. https://www.researchgate.net/profile/Maria_Jose_Aparicio_Meza/publication/326363072_Perspectivas_historicas_y_actualidad_de_la_Asociacion_de_Productores_Organicos_APRO_en_Paraguay_que_dimensiones_agroecologicas_son_aplicadas/links/5b47f3d10f7e9b4637d1c9a1
- Landini, F. (2007). Prácticas cooperativas en campesinos formoseños. Problemas y alternativas. Revista de la Facultad de Agronomía, 27 (2), 173-186.
- Landini, F. (2012). Problemas en la extensión rural paraguaya: modelos de extensión en la encrucijada. Cuadernos de desarrollo rural, 9(69), 127-149.
- Landini, F. (2015). Extensión rural en Paraguay: análisis de problemas y concepciones de extensión. Investigación Agraria, 17(2), 87-97.
- Landini, F. P. (2013). Perfil de los extensionistas de la Dirección de Extensión Agraria del Ministerio de Agricultura, Ganadería del Paraguay.
- Maceira, J., Guimaraes, E., Nazif, I., Barreto, M., Buxedas, M., & Sarquis, A. (2009). La crisis económica internacional y su impacto en la agricultura regional (Argentina-Bolivia-Brasil-Chile-Paraguay-Uruguay) (No. IICA 338.13 C932). IICA, Santiago (Chile) Red de Coordinación de Políticas Agropecuarias del Consejo Agropecuario del Sur, Montevideo (Uruguay) Consejo Agropecuario del Sur, Montevideo (Uruguay).
- Maceira, J., Guimaraes, E., Nazif, I., Barreto, M., Buxedas, M., & Sarquis, A. (2009). La crisis económica internacional y su impacto en la agricultura regional (Argentina-Bolivia-Brasil-Chile-Paraguay-Uruguay) (No. IICA 338.13 C932). IICA, Santiago (Chile) Red de Coordinación de Políticas Agropecuarias del Consejo Agropecuario del Sur, Montevideo (Uruguay) Consejo Agropecuario del Sur, Montevideo (Uruguay).
- Ministerio de Hacienda, P. (2013). Atlas de Políticas Públicas del Paraguay : tendencias y retos de intervención. 110.

- Mundial, B. (2008). Los Sistemas de Extensión y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en América Latina. Washington: Banco Mundial.
- Muñoz, G., Ludeña, C. E., García, Á., Martel, P., & Sammarco, C. (2015). Paraguay: Desarrollo Rural.
- Ogasawara, J. (2017). Estudios de los diferentes sistemas de riego agrícola utilizados en Paraguay. Aladi, 1, 1–172.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). Logros y avances del Marco de Programación 2019-2024 en Paraguay.
- Pereira, H. (2018). Transferencia de tecnología. Arandu-UTIC. Revista Científica Internacional de la Universidad Tecnológica Intercontinental, 5(2), 129-162.
- Pérez, A; Sili, M. 2007. Estudios sectoriales, Paraguay: desarrollo agrícola y rural. Tendencias recientes y recomendaciones. Roma, IT, FAO. 42 p.
- Quiñonez, F. (2019). Contribución del crecimiento agrícola a la reducción de la pobreza en Paraguay. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Riquelme, Q. (2020). Ley de la Agricultura Familiar Campesina en Paraguay , Ley N ° 6286 : logro y desafío para las organizaciones campesinas e indígenas. In CDE - Centro de Documentación y Estudios.
- Riquelme, Q., & Vera, E. (2015). Agricultura campesina, agronegocio y migración. El impacto de los modelos de producción en la dinámica de los territorios. Asunción: Centro de Documentación y Estudios.
- Rodríguez-Espinosa, H., Ramírez-Gómez, C. J., & Restrepo-Betancur, L. F. (2016). Nuevas tendencias de la extensión rural para el desarrollo de capacidades de autogestión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 17(1), 31-42.
- Sánchez Silva, J. M., & Gabriel Maldonado, A. E. (2018). Anuario estadístico 2018.
- Schejtman, A., & Berdegué, J. (2004). Desarrollo territorial rural. Rimisp.
- Segovia, D., & Sociales, B. I. (2009). Agroecología y desarrollo sustentable. Debates para la acción.
- Serafini, V. (2019). Pobreza rural en Paraguay.
- Silva, M., & Huertas, A. (2009). Agricultura familiar, fruticultura de hoja caduca: estructura, resultados y estrategias.
- Stads, G; Santander, V. 2008. Indicadores de ciencia y tecnología agrícola: Paraguay. ASTI Cuaderno de País n° 40. Washington, US, International Food Policy Research Institute. 12 p.
- Subirats, J., Knoepfel, P., Larrue, C., & Varone, F. (2008). Análisis y gestión de políticas públicas. Ariel.
- Tubiello, F. N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., & Smith, P. (2013). The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. Environmental Research Letters, 8(1), 015009.

- Vargas Lehner, F., Gavilán Jiménez, M., López Antezana, R., & Maldonado Murguía, J. (2017). Caracterización del mercado de productos agroecológicos y orgánicos en Asunción – Paraguay. *Revista Sociedad Científica Del Paraguay*, 13(3), 1576–1580.
- World Bank. (2012). *Agricultural Innovation Systems: An Investment Sourcebook*. The World Bank.
- Zeballos, Z. H. (2006). *Agricultura y desarrollo sostenible*. Plural editores.

Tecnología satelital aplicada a la agricultura para monitoreo, sostenibilidad y productividad en sistemas agrícolas modernos

 10.46420/9786585756846cap9

Adolfo Jara 
Yanine Mendoza 
Victor Olazar 

INTRODUCCIÓN

La incorporación de tecnologías de observación terrestre ha transformado significativamente la manera en que se gestionan los sistemas agroalimentarios en la actualidad. El desarrollo de la teledetección, las imágenes satelitales de alta resolución, los sistemas de posicionamiento global (GPS) y las plataformas de análisis geoespacial ha permitido disponer de información más precisa para la toma de decisiones en el sector agropecuario. Sin embargo, al analizar esta evolución, se observa que su importancia no radica únicamente en el avance tecnológico alcanzado, sino en su capacidad para responder a problemáticas cada vez más complejas relacionadas con la productividad, la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos naturales. En un contexto marcado por la variabilidad climática y la creciente demanda de alimentos, estas herramientas representan una alternativa relevante para mejorar la planificación y reducir la incertidumbre en los procesos productivos.

Desde esta perspectiva, la agricultura de precisión se ha consolidado como una estrategia que permite abordar desafíos asociados a la degradación de los suelos, la disponibilidad de agua y la necesidad de incrementar la producción agrícola sin aumentar significativamente la presión sobre los ecosistemas. Se considera que el principal aporte de estas tecnologías radica en la posibilidad de comprender con mayor detalle las condiciones específicas de cada área productiva, favoreciendo una gestión diferenciada y más eficiente. Este aspecto resulta particularmente importante porque permite optimizar el uso de insumos, disminuir pérdidas económicas y promover prácticas más sostenibles. No obstante, también es necesario reconocer que los beneficios potenciales dependen de la capacidad de los productores para acceder, interpretar y utilizar adecuadamente la información generada.

La evidencia científica revisada demuestra que la información obtenida mediante sensores remotos facilita la evaluación de la cobertura vegetal, la detección temprana de estrés hídrico, la estimación de rendimientos y el monitoreo de cambios en el uso del suelo. Zhang y Kovacs (2012) señalan que la integración de datos geoespaciales con sistemas de información geográfica ha fortalecido los procesos de planificación agrícola, mientras que Mulla (2013) destaca su contribución al incremento de la productividad y a la reducción de impactos ambientales. A partir de estos antecedentes, se puede

observar que el impacto de la tecnología satelital va más allá de la simple obtención de datos, ya que permite generar conocimiento estratégico para una gestión más eficiente y fundamentada. Sin embargo, también se evidencia que la disponibilidad de información no garantiza por sí sola mejores resultados, siendo indispensable contar con capacidades técnicas que permitan transformar esos datos en decisiones efectivas.

En América Latina, la adopción de estas innovaciones ha experimentado un crecimiento sostenido, especialmente en sistemas productivos vinculados a mercados de exportación. Asimismo, se observa una incorporación progresiva en iniciativas relacionadas con la agricultura familiar, la planificación territorial y el monitoreo ambiental. Esta expansión demuestra el reconocimiento de su valor estratégico para el desarrollo agrícola; sin embargo, también pone en evidencia importantes desigualdades en el acceso a la tecnología. En Paraguay, su relevancia ha aumentado debido a la expansión de cultivos extensivos como soja, maíz y trigo, donde el análisis geoespacial contribuye al seguimiento de superficies cultivadas y a la evaluación de eventos climáticos adversos. A pesar de ello, el nivel de utilización de estas herramientas aún presenta oportunidades de fortalecimiento, particularmente en aspectos relacionados con capacitación, infraestructura tecnológica y monitoreo permanente del territorio.

En función de lo expuesto, resulta necesario analizar el uso de tecnologías satelitales no solo desde una perspectiva técnica, sino también considerando su impacto sobre la sostenibilidad, la competitividad y la resiliencia del sector agropecuario. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo examinar estas herramientas desde un enfoque descriptivo y analítico, evaluando sus fundamentos operativos, aplicaciones, ventajas, limitaciones y desafíos de implementación en América Latina, con especial énfasis en el contexto paraguayo. A través de este análisis se busca comprender su contribución real al fortalecimiento de los sistemas productivos y a la construcción de una agricultura más eficiente, sostenible y preparada para enfrentar los desafíos futuros.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación desarrolló un estudio con enfoque cualitativo, de carácter descriptivo, analítico e interpretativo, orientado a comprender de manera integral el papel que desempeñan las tecnologías satelitales en la agricultura contemporánea. La realización de este trabajo respondió al interés de analizar cómo estas herramientas han contribuido a transformar los sistemas productivos agrícolas, así como evaluar su importancia en la optimización de recursos, la sostenibilidad ambiental y la toma de decisiones basada en información geoespacial. Más allá de describir avances tecnológicos, la investigación buscó comprender su impacto real, sus alcances y las limitaciones que condicionan su adopción en distintos contextos productivos, especialmente en América Latina y Paraguay.

Para el desarrollo del estudio llevamos a cabo una revisión documental y bibliográfica sistemática de literatura científica publicada entre los años 2015 y 2025. La selección de este período permitió analizar

la evolución reciente de las tecnologías satelitales aplicadas a la agricultura, considerando los avances asociados a la teledetección, la agricultura de precisión, los sistemas de información geográfica y la creciente incorporación de herramientas digitales en los procesos productivos. Desde una perspectiva crítica, se consideró fundamental examinar no solo los beneficios reportados por la literatura científica, sino también los desafíos técnicos, económicos e institucionales que influyen en su implementación efectiva (Mulla, 2013).

La búsqueda, recopilación y análisis de información se realizaron utilizando bases de datos científicas de reconocido prestigio internacional, específicamente Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar. Asimismo, se incorporaron informes técnicos, publicaciones institucionales y documentos especializados elaborados por organismos de referencia mundial y regional, entre ellos la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la National Aeronautics and Space Administration (NASA), la Agencia Espacial Europea (ESA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (FAO, 2022; Zhang y Kovacs, 2012). Este procedimiento permitió identificar tendencias de investigación, evolución temática, frecuencia de palabras clave y principales líneas de estudio relacionadas con la aplicación de tecnologías satelitales en la agricultura durante el período analizado. Para fortalecer el análisis y facilitar la interpretación de los resultados, se empleó el software VOSviewer, una herramienta especializada en mapeo y visualización científica que permite procesar grandes volúmenes de metadatos y generar redes bibliométricas. Mediante esta plataforma se analizaron relaciones de coocurrencia entre palabras clave, vínculos de colaboración científica y conexiones temáticas presentes en la literatura especializada. La utilización de esta metodología no solo permitió cuantificar la producción científica existente, sino también comprender de manera crítica la evolución del conocimiento, identificar áreas emergentes de investigación y reconocer los principales enfoques que actualmente orientan el desarrollo de las tecnologías satelitales aplicadas al sector agropecuario.

Para la localización de la información se emplearon palabras clave específicas en inglés, entre ellas “satellite technology”, “precision agriculture”, “remote sensing”, “GIS agriculture”, “crop monitoring”, “digital agriculture”, “satellite imagery”, “agricultural monitoring” y “smart farming”, además de sus equivalentes en español. La combinación estratégica de estos términos permitió abarcar las diferentes dimensiones de la temática estudiada y garantizar una búsqueda amplia y representativa de la producción científica disponible.

Los criterios de inclusión contemplaron artículos científicos revisados por pares con identificador DOI verificable, documentos técnicos emitidos por organismos especializados y estudios directamente relacionados con agricultura de precisión, monitoreo de cultivos, sostenibilidad agrícola, gestión de recursos naturales y tecnologías de observación terrestre. Por otra parte, fueron excluidas publicaciones duplicadas, artículos sin revisión científica, documentos de opinión, literatura gris sin respaldo

institucional, trabajos sin acceso al texto completo y estudios ajenos al ámbito agropecuario o fuera del período temporal establecido.

Posteriormente, la información seleccionada fue sometida a un proceso de análisis comparativo, interpretativo y crítico. Los contenidos fueron organizados en categorías temáticas que incluyeron los fundamentos de la tecnología satelital, los sensores remotos, el monitoreo agrícola, la agricultura de precisión, la gestión hídrica, la evaluación de la fertilidad del suelo y la sostenibilidad ambiental. Este procedimiento permitió identificar coincidencias, diferencias, tendencias emergentes y vacíos de conocimiento presentes en la literatura científica.

Finalmente, los hallazgos fueron analizados considerando las particularidades del contexto latinoamericano y, especialmente, del sector agrícola paraguayo. Este enfoque permitió evaluar de manera crítica el nivel de adopción de estas tecnologías, su contribución al fortalecimiento de la productividad y la sostenibilidad, así como las principales barreras que limitan su expansión. De esta manera, la investigación no se limitó a describir aplicaciones tecnológicas, sino que buscó generar una comprensión fundamentada sobre su impacto actual y su potencial para contribuir al desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes, resilientes y sostenibles frente a los desafíos presentes y futuros (ESA, 2023; Wolfert et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de la literatura científica seleccionada, se identificaron diversas contribuciones de la tecnología satelital al desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles. Para garantizar una lectura cohesionada y un análisis crítico de los hallazgos, los resultados se estructuran en cuatro ejes temáticos fundamentales que engloban la teoría, la aplicación, el impacto y las limitaciones de estas herramientas.

Fundamentos de la tecnología satelital y automatización espacial

Los estudios revisados coinciden en que los sistemas de observación terrestre y las imágenes satelitales constituyen la base tecnológica para el monitoreo continuo de los agroecosistemas. Los sensores ópticos y de radar, al operar en distintas resoluciones espaciales y temporales, permiten extraer información sobre el estado fenológico, la cobertura vegetal y la productividad potencial (Mulla, 2013; Weiss et al., 2020).

Entre los indicadores fundamentales, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se ha consolidado como la métrica base para evaluar el vigor vegetativo y detectar anomalías de forma temprana (Huang et al., 2018). Sin embargo, el análisis crítico de la literatura actual demuestra que el verdadero salto cualitativo en estos fundamentos no reside únicamente en la captura de la imagen, sino en su procesamiento.

Tradicionalmente, la interpretación requería procesos manuales complejos y subjetivos; en la actualidad, la integración con la inteligencia artificial y el aprendizaje automático facilita la automatización del análisis espacial (Ma et al., 2019; Kamilaris; Prenafeta-Boldú, 2018). Estos algoritmos permiten clasificar cultivos y generar mapas de productividad con alta precisión, reduciendo la incertidumbre y democratizando progresivamente el acceso a información estratégica procesada.

Aplicaciones agrícolas: De la precisión a la predicción

La agricultura de precisión representa la aplicación práctica más robusta de los datos satelitales. La integración de estas imágenes con sistemas de posicionamiento global (GPS) y sensores remotos permite implementar prácticas de manejo sitio-específico. Según Gebbers y Adamchuk (2010) y Basso y Antle (2020), este enfoque favorece la aplicación diferenciada de insumos (fertilizantes, agua y agroquímicos), reduciendo costos operativos y minimizando los impactos ambientales. En relación con la gestión hídrica, la información derivada optimiza la programación de riegos al identificar zonas con déficit o exceso de humedad, lo cual es vital en contextos de variabilidad climática (Sishodia et al., 2020). Además, la literatura reciente resalta la sinergia entre tecnologías: la combinación de plataformas satelitales con vehículos aéreos no tripulados (drones) fortalece la precisión diagnóstica al unir la amplia cobertura territorial del satélite con la alta resolución espacial del dron (Tsouros et al., 2019; Zhang et al., 2021). Sobre esta base, los modelos predictivos basados en inteligencia artificial permiten anticipar el rendimiento agrícola combinando datos satelitales, climáticos y edáficos, dotando a los productores de herramientas para intervenciones oportunas y mitigación de pérdidas productivas.

Contribución a la sostenibilidad y seguridad alimentaria

La sostenibilidad agrícola representa uno de los principales desafíos del siglo XXI frente al crecimiento poblacional y el cambio climático, y la tecnología satelital se ha posicionado como un pilar para la “agricultura climáticamente inteligente” (FAO, 2022; Lobell et al., 2015). Los resultados muestran un amplio consenso sobre el aporte de estas herramientas en la gestión ambiental, permitiendo monitorear la deforestación, la degradación de suelos y la expansión de la frontera agrícola sobre ecosistemas naturales (Searchinger et al., 2019).

Esta capacidad es de particular relevancia en América Latina y específicamente en países como Paraguay, donde la expansión de cultivos extensivos (soja, maíz, trigo) en la Región Oriental genera presiones sobre la biodiversidad (Benites-Lazaro et al., 2021). La información geoespacial facilita no solo la evaluación de impactos por el uso intensivo de agroquímicos, sino que fortalece la planificación territorial y las políticas de gobernanza ambiental (Herrero et al., 2020). Al integrar el análisis multitemporal, estas tecnologías evalúan la disponibilidad de alimentos y los riesgos climáticos, consolidando sistemas de alerta temprana esenciales para la seguridad alimentaria global.

Desafíos futuros y brechas tecnológicas

A pesar de los avances y la consolidación de estas herramientas, la discusión de los resultados evidencia profundas limitaciones y desafíos que cuestionan la equidad de la transformación digital agrícola. La literatura advierte que los beneficios tecnológicos están condicionados por factores socioeconómicos e institucionales (Klerkx et al., 2019). Los altos costos de implementación, la deficiente conectividad rural y la falta de capacitación especializada limitan severamente el acceso de los pequeños y medianos productores a estas plataformas (Bronson; Knezevic, 2016).

En consecuencia, la digitalización agrícola corre el riesgo de profundizar las desigualdades existentes, concentrando la innovación en grandes empresas agroindustriales con mayor capacidad financiera (Rotz et al., 2019; Walter et al., 2017). Esta dependencia tecnológica y la asimetría en el acceso a la inteligencia artificial plantean desafíos éticos ineludibles (Lowenberg-DeBoer; Erickson, 2019). Por lo tanto, el aprovechamiento pleno de la agricultura satelital exige ir más allá del desarrollo de algoritmos; requiere el diseño de políticas públicas inclusivas orientadas a fortalecer la infraestructura digital, brindar asistencia técnica rural y democratizar el acceso a la innovación para todos los estratos productivos.

CONCLUSIÓN

La tecnología satelital aplicada a la agricultura constituye una herramienta estratégica para mejorar monitoreo, la sostenibilidad y la productividad agrícola. Las imágenes satelitales, sensores remotos y sistemas digitales permiten optimizar el uso de agua, fertilizantes y manejo de cultivos, además de fortalecer el monitoreo ambiental y adaptación climática.

La evidencia científica demuestra que estas tecnologías poseen alto potencial para la agricultura moderna y la agricultura familiar, especialmente cuando se articulan con capacitación técnica y políticas públicas inclusivas. En América Latina y Paraguay, las tecnologías satelitales representan una oportunidad para fortalecer la sostenibilidad agrícola y la resiliencia climática.

Sin embargo, persisten desafíos relacionados con acceso desigual a la tecnología, infraestructura limitada y brechas de capacitación. Por ello, la agricultura digital debe promoverse mediante estrategias integrales que incluyan asistencia técnica, educación y acceso democrático a innovación tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA BIBLIOGRAFICAS

- Basso, B., & Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3(4), 254-256.
- Benites-Lazaro, L. L., Mello, L. R., & Giatti, L. L. (2021). Sustainability and governance of agriculture in Latin America. *Environmental Science & Policy*, 123, 15-24.
- Bronson, K., & Knezevic, I. (2016). Big Data in food and agriculture. *Big Data & Society*, 3(1), 1-5.
- European Space Agency [ESA]. (2023). Earth observation for sustainable agriculture and ecosystem monitoring. ESA Climate Office.

- FAO. (2022). The State of Food and Agriculture 2022. Rome: FAO.
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828-831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Herrero, M., Thornton, P. K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T. G., Bodirsky, B. L., ... & Rockström, J. (2020). Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*, 1(5), 266-272.
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2018). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 29(1), 1-6.
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70-90.
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *WNIJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100315
- Lobell, D. B., Thau, D., Seifert, C., Engle, E., & Little, B. (2015). A scalable satellite-based crop yield mapper. *Remote Sensing of Environment*, 164, 324-333.
- Lowenberg-DeBoer, J., & Erickson, B. (2019). Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111(4), 1552-1569.
- Ma, L., Liu, Y., Zhang, X., Ye, Y., Yin, G., & Johnson, B. A. (2019). Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 166-177.
- Mulla, D. J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358-371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>
- Rotz, S., Gravelly, E., Mosby, I., Duncan, E., Finnis, E., Horgan, M., ... & Fraser, E. D. (2019). Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities. *Journal of Rural Studies*, 68, 112-122.
- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., & Ranganathan, J. (2019). Creating a sustainable food future: A menu of solutions to feed nearly 10 billion people by 2050. World Resources Institute.
- Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136.
- Tsouros, D. C., Bibi, S., & Velivasaki, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), 349.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 114(24), 6148-6150.
- Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (2020). Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*, 236, 111402.

- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Precision Agriculture*, 13, 693-712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>
- Zhang, X., Zhang, F., Qi, Y., Deng, L., Wang, X., & Yang, S. (2021). New research methods for vegetation information extraction based on machine learning using UAV multispectral images. *Remote Sensing*, 13(23), 4843.

Índice

A

Agenda, 47, 108, 115
 Agricultura familiar, 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 26, 28, 29, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 45, 50, 60, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 74, 75, 77, 81, 82, 83, 86, 88, 89, 91, 92, 93, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 125, 129
 Agroecología, 1, 3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 78, 81, 82, 83, 85, 86, 89, 90, 91, 109, 121, 122
 Agroecosistemas, 4, 18, 32, 34, 41, 45, 50, 81, 85, 86, 88, 89, 91, 127
 Agropecuaria, 32, 43, 92, 93, 108, 109, 110, 112, 114, 120, 122, 134
 América Latina, 8, 19, 22, 27, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 43, 44, 45, 53, 59, 60, 61, 64, 65, 67, 69, 70, 71, 74, 78, 92, 94, 97, 98, 99, 100, 102, 125, 128, 129

B

Biodiversidad, 4, 6, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 36, 50, 51, 56, 57, 58, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 81, 82, 85, 86, 88, 89, 90, 111, 119, 128

C

Cambio climático, 4, 7, 13, 15, 19, 27, 29, 32, 33, 35, 37, 38, 41, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 93, 100, 103, 104, 128
 Campesina, 7, 9, 17, 19, 65, 70, 71, 85, 89, 92, 93, 96, 97, 98, 99, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122
 Comercialización, 6, 82, 85, 92, 93, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119
 Conservación de semillas, 18, 24, 27, 56, 58, 68, 111, 114, 117
 Conservación de suelos, 34, 35, 36, 43, 116, 118

D

Desarrollo rural, 4, 16, 33, 36, 38, 39, 43, 44, 45, 47, 82, 89, 93, 99, 103, 108, 109, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122
 Diversificación, 18, 19, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 76, 78, 82, 85, 88, 100, 108, 110, 111, 116, 117, 118, 119
 Diversificación productiva, 73, 77

E

Economía rural, 7, 92, 103
 Educación ambiental, 68
 Extensión rural, 108, 109, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 121, 122
 Extensión universitaria, 4, 114, 117

H

Hambre, 41
 Huertas familiares, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78

I

Innovación agropecuaria, 108, 109, 110, 114
 Instrumentos legales, 38

M

Manejo agroecológico, 65, 72, 74, 81, 82, 83, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 111, 118
 Manejo ecológico, 73, 77, 83
 Manejo integrado de, 43, 82, 86, 88, 90, 91
 Mercados locales, 26, 28, 81

O

Objetivos de Desarrollo Sostenible, 38, 41, 45

P

Pequeños productores, 6, 65, 70, 73, 75, 81, 85, 92, 93, 97, 102, 103, 105, 108, 111, 113, 115, 119
 Plagas, 18, 27, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 76, 78, 81, 82, 83, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 117
 Políticas públicas, 4, 27, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 70, 85, 86, 89, 93, 99, 103, 104, 106, 108, 109,

111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120,
121, 122, 129

Producción agroecológica, 40, 64

Producción sostenible, 4, 7, 86

Productiva, 4, 7, 19, 20, 28, 29, 36, 38, 39, 49,
55, 60, 61, 68, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 85, 86,
89, 92, 99, 100, 108, 109, 110, 111, 112, 114,
115, 116, 117, 118, 119, 124

R

Recursos naturales, 4, 19, 32, 33, 36, 37, 38, 39,
40, 45, 49, 59, 89, 112, 116, 119, 120, 124,
127

Resiliencia climática, 19, 21, 22, 27, 29, 33, 43,
50, 57, 67, 72, 109, 110, 117, 120, 129

S

Saberes tradicionales, 81, 85

Seguridad alimentaria, 4, 6, 7, 13, 15, 18, 19, 21,
22, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 36, 38, 45, 50,
51, 52, 55, 56, 58, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68,
69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 89, 92, 97,
103, 104, 107, 109, 114, 115, 116, 120, 128

Semillas, 77

Servicios ecosistémicos, 19, 22, 25, 29, 41, 45,
72, 73, 74

Soberanía alimentaria, 18, 111, 119, 121

Sostenible, 4, 7, 10, 13, 29, 33, 35, 36, 37, 38,
39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51, 65, 67,
75, 77, 82, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 103, 108,
109, 111, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 123,
125, 134

V

Vulnerabilidades, 100

Los organizadores



Daisy Leticia Ramírez Monzón

Ingeniera agrónoma, graduada en Agronomía (2009) por la Universidad Nacional de Asunción (UNA). Máster (2012) en Ciencia y Tecnología de Semillas y doctora (2015) en Fitomejoramiento por la Universidad Federal de Pelotas (UFPeL), Brasil. Realizó un posdoctorado (2020) en Ciencia y Tecnología de Semillas en la misma universidad. Sus principales áreas de actuación comprenden fitomejoramiento, biotecnología agrícola, fisiología y calidad de semillas, hidroponía, horticultura y manejo sostenible de cultivos.

Actualmente se desempeña como profesora de tiempo completo y docente de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Este; directora de Investigación de la Universidad Privada del Este; investigadora asociada del grupo BioProAVA y colaboradora del Centro Tecnológico de Plantas de Lavoura de la UFPeL. También ejerce como experta técnica en procesos de acreditación del ONA. Cuenta con 16 artículos publicados en revistas científicas, un artículo aceptado, 58 trabajos presentados en eventos y tres capítulos de libros, además de experiencia en tutorías, evaluación de proyectos, publicaciones científicas y participación en comités académicos nacionales e internacionales. Correo electrónico: daisyrami@gmail.com



Ernesto José Bernal Gini

Licenciado en Administración Agropecuaria (2013) por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA). Magíster (2024) en Nutrición de Plantas y Producción por la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Este (FIA-UNE), con una investigación orientada al uso de sílica amorfa para mejorar el rendimiento y controlar *Alternaria solani* en el cultivo de tomate. Cuenta, además, con una especialización en Didáctica Superior Universitaria y actualmente cursa la carrera de Agronomía y la Habilitación Pedagógica. Se desempeña como

docente investigador y técnico de la FIA-UNE, con experiencia en las áreas de horticultura, hidroponía, genética agrícola, biotecnología, producción de semillas y agricultura sostenible. Participa en proyectos relacionados con el uso de fuentes de silicio, calidad fisiológica y sanitaria de semillas, producción hidropónica, bioestimulantes naturales, estrés abiótico y manejo sostenible de cultivos. Actualmente, cuenta con 3 artículos publicados en revistas científicas arbitradas, 19 trabajos presentados en eventos científicos —17 resúmenes simples y 2 resúmenes expandidos— y 2 capítulos de libros publicados. También ha realizado presentaciones en congresos nacionales e internacionales y obtuvo el octavo puesto nacional en la presentación de pósteres del VI Congreso Paraguayo de Semillas. Correo electrónico: erne.981@gmail.com



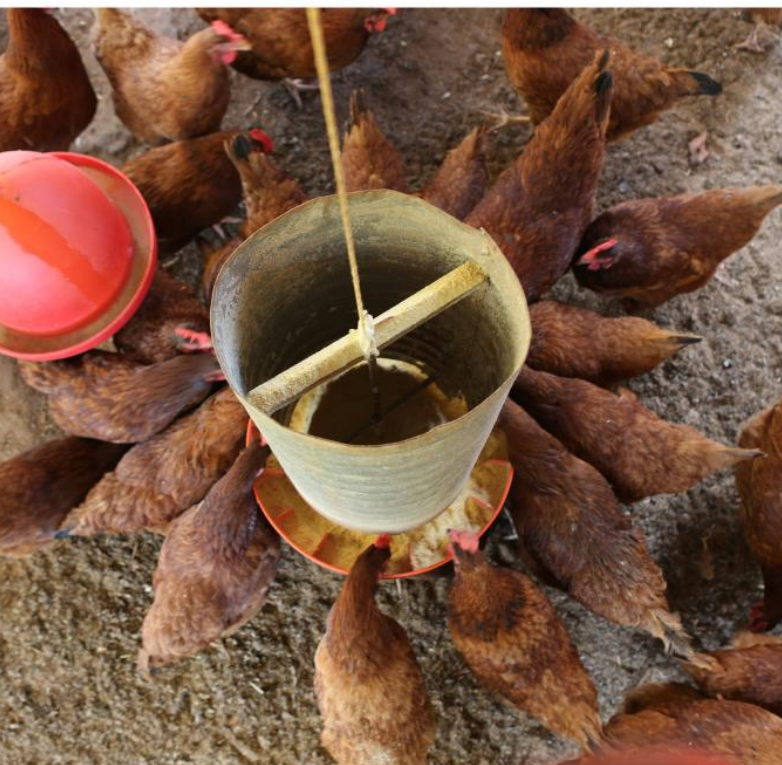
** Hector Casiano Piris da Motta**

Abogado, Doctor en Ciencias Jurídicas y Doctorando en Ciencias de la Educación. Graduado en Derecho (2007) por la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional del Este (UNE). Magíster (2020) por la Universidad Privada del Este (UPE). Doctor en Ciencias Jurídicas (2023) por la Universidad de la Integración de las Américas (UNIDA). Especialista en Criminología por la Universidad Pontificia de Salamanca (2022), Neurociencias y Cognición por la Universidad Autónoma de Encarnación (2024), y Didáctica Universitaria por la Universidad Privada del Este (2024). Cuenta con una sólida trayectoria de más de 18 años en el

ámbito legal, combinando la docencia universitaria con la asesoría jurídica especializada en Derecho Penal, Civil y Administrativo. Su trabajo se enfoca en la intersección entre el derecho, la criminología y la psicología. Es autor del libro "Las Cárceles y las Penas: Nuestra Condena" y ha sido reconocido por USAID, Rutgers University y la UNA por su proyecto ganador "Instalando la Cultura de la EET en la Academia", contribuyendo al fortalecimiento del Estado de Derecho en Paraguay. Actualmente, se desempeña como docente titular de cátedras como Criminología, Derecho Civil, Neurociencias y Ética en la Investigación Científica en diversas instituciones de educación superior, y como asesor jurídico. Correo electrónico: hector.piris.motta@gmail.com



9786585756846



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br