

Experiencia de buenas prácticas

Estrategia de innovación con bioproductos para la Empresa de Suministros Agropecuarios en Artemisa, Cuba



Innovation strategy with bioproducts for the Agricultural Supply Company in Artemisa, Cuba

Estratégia de inovação com bioprodutos para a Companhia de Abastecimento Agrícola em Artemisa, Cuba

Efraín Díaz Arias¹  0009-0004-3043-769X  diazeffrain476@gmail.com

Alexander Chile Bocourt²  0009-0004-0456-9584  chiledecuba@gmail.com

Mariol Morejón García³  0000-0002-0166-877X  mariol@upr.edu.cu

Adrián Martínez García⁴  0009-0005-5571-8049  gonzalezzyudy170@gmail.com

¹ Organización Superior de Dirección Empresarial (OSDE-GELMA). Cuba.

² Universidad de Artemisa "Julio Díaz González". Cuba.

³ Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Cuba.

⁴ Cooperativa de Créditos y Servicios "Camilo Cienfuegos". Alquizar, Cuba.

Recibido: 7/11/2025

Aceptado: 1/04/2026

RESUMEN

La Empresa de Suministros Agropecuarios en Artemisa enfrenta limitaciones por la escasez y alto costo de fertilizantes químicos importados, unido a problemas de degradación de suelos. Esta investigación tuvo como objetivo diseñar una estrategia de innovación basada en bioproductos y biofertilizantes para la Empresa de Suministros Agropecuarios, alineada con las políticas nacionales

de soberanía alimentaria. La estrategia se desarrolló mediante un enfoque metodológico que integró revisión documental, diagnóstico con técnicas mixtas (análisis de informes, entrevistas y talleres), y triangulación de fuentes. Se propone un enfoque integral que incluye: investigación y desarrollo de biofertilizantes adaptados a condiciones locales; capacitación a productores; y optimización de la comercialización. Los resultados esperados para 2026, basados en proyecciones validadas con experiencias internacionales documentadas, incluyen un aumento del 30% en la adopción de biofertilizantes locales, una reducción del 50% en el uso de agroquímicos, y la creación de 120 empleos locales. La estrategia contribuiría a la sostenibilidad agrícola, la seguridad alimentaria y la resiliencia climática en Artemisa, constituyendo un referente escalable para el sector agropecuario cubano.

Palabras clave: bioproductos; biofertilizantes; innovación agrícola; sostenibilidad; seguridad alimentaria; transición tecnológica.

ABSTRACT

The Agricultural Supply Company in Artemisa faces constraints due to the scarcity and high cost of imported chemical fertilizers, coupled with soil degradation issues. The objective of this research was to design an innovation strategy based on bioproducts and biofertilizers for the Agricultural Supply Company, aligned with national food sovereignty policies. The strategy was developed using a methodological approach that integrated a literature review, mixed-methods assessment (analysis of reports, interviews, and workshops), and triangulation of sources. A comprehensive approach is proposed that includes: research and development of biofertilizers adapted to local conditions; training for producers; and optimization of marketing. The expected results for 2026, based on projections validated by documented international experiences, include a 30% increase in the adoption of local biofertilizers, a 50% reduction in the use of agrochemicals, and the creation of 120 local jobs. The strategy would contribute to agricultural sustainability, food security, and climate resilience in Artemisa, serving as a scalable model for the Cuban agricultural sector.

Keywords: bioproducts; biofertilizers; agricultural innovation; sustainability; food security; technological transition.

RESUMO

A Companhia de Abastecimento Agrícola de Artemisa enfrenta limitações devido à escassez e ao alto custo dos fertilizantes químicos importados, além de problemas de degradação do solo. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma estratégia de inovação baseada em bioprodutos e biofertilizantes para a Companhia de Abastecimento Agrícola, alinhada às políticas nacionais de soberania alimentar. A estratégia foi desenvolvida utilizando uma abordagem metodológica que integrou revisão documental, diagnóstico com técnicas mistas (análise de relatórios, entrevistas e oficinas) e triangulação de fontes. Propõe-se uma abordagem abrangente que inclui: pesquisa e desenvolvimento de biofertilizantes adaptados às condições locais; capacitação de produtores; e otimização de marketing. Os resultados esperados para 2026, com base em projeções validadas por experiências internacionais documentadas, incluem um aumento de 30% na adoção de biofertilizantes locais, uma redução de 50% no uso de agroquímicos e a criação de 120 empregos locais. A estratégia contribuiria para a sustentabilidade agrícola, a segurança alimentar e a resiliência climática em Artemisa, servindo como um modelo escalável para o setor agrícola cubano.

Palavras-chave: bioprodutos; biofertilizantes; inovação agrícola; sustentabilidade; segurança alimentar; transição tecnológica.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en Cuba enfrenta el desafío de mantener la productividad en un contexto de limitaciones críticas de insumos, degradación de los suelos y efectos del cambio climático. Según el monitoreo de la FAO (2023), la producción cerealera en Cuba disminuyó casi un 50% respecto al promedio quinquenal durante 2023, debido a la persistente escasez de insumos agrícolas y el limitado acceso al crédito para los productores. Esta crisis se refleja en la drástica reducción de fertilizantes químicos disponibles, que según reportes recientes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Zahniser et al., 2024), han cubierto menos del 10% de los requerimientos nacionales, obligando a los agricultores a recurrir a biofertilizantes ante la ausencia de alternativas químicas.

Meta-análisis recientes, basados en más de 1,800 comparaciones de campo, demuestran que los biofertilizantes incrementan significativamente los rendimientos en 21 de 23 cultivos evaluados, con aumentos promedio del 12-25% según el tipo de cultivo y calidad del suelo (Pei et al., 2025; Schütz

et al., 2018). Específicamente en condiciones semiáridas, los biofertilizantes basados en *Bacillus* spp. y micorrizas arbusculares han demostrado incrementar la tolerancia al estrés hídrico en trigo, mejorando la eficiencia en el uso del agua hasta en un 53% bajo condiciones de déficit hídrico (Ikan et al., 2024).

En Cuba, el uso de bioproductos ha sido promovido mediante el movimiento agroecológico Campesino-a-Campesino de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños, que desde la década de 1990 ha demostrado la viabilidad de la producción sostenible sin dependencia de insumos químicos importados, contribuyendo significativamente a la soberanía alimentaria y sentando las bases para la transformación hacia modelos agrícolas resilientes (Betto, 2021; Rosset et al., 2011). Este movimiento ha validado metodologías de investigación participativa que integran conocimientos campesinos con ciencia agroecológica, creando las condiciones para la transición hacia una agricultura más sostenible.

La Empresa de Suministros Agropecuarios (GELMA) ha iniciado experiencias promisorias con el uso de subproductos locales como la tabaquina (*Nicotiana tabacum*) para el control de plagas, demostrando el potencial de estas alternativas en condiciones específicas de Artemisa. Estas iniciativas se enmarcan en modelos de economía circular donde los residuos agroindustriales son valorizados como insumos sostenibles, reduciendo costos de producción hasta en un 40% y disminuyendo la contaminación por agroquímicos sintéticos (Gaitan Angulo et al., 2024). No obstante, estas iniciativas carecen de una integración sistémica que permita su escalamiento y generalización en el territorio provincial, requiriéndose una estrategia integral que articule producción, capacitación y comercialización.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue diseñar una estrategia de innovación con bioproductos y biofertilizantes para GELMA en Artemisa, que contribuya a la sostenibilidad agrícola y la soberanía alimentaria. La estrategia propuesta busca capitalizar las experiencias existentes y potenciarlas mediante un enfoque sistémico que considere las particularidades agroecológicas y socioeconómicas del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo), mediante un estudio de caso descriptivo-propositivo de la Empresa de Suministros Agropecuarios en la provincia de Artemisa, Cuba (2023-2024). El diseño metodológico se fundamentó en la triangulación de fuentes (documentales, entrevistas, talleres) y métodos (analítico-descriptivo y participativo) para garantizar la validez interna y confiabilidad de los resultados (Hernández Sampieri et al., 2014).

Fase 1: Revisión documental y análisis de contexto

Se realizó una revisión sistemática de literatura científica en bases de datos Scopus, SciELO, Google Académico y repositorios institucionales cubanos (2020-2024), utilizando descriptores controlados: "biofertilizantes", "bioproductos agrícolas", "agricultura sostenible Cuba", "economía circular", "transición agroecológica". Se aplicaron criterios de inclusión: (a) publicaciones 2020-2024, (b) idioma español/inglés, (c) acceso texto completo.

Paralelamente, se analizaron 15 informes técnicos internos de GELMA (2019-2023), seleccionados mediante muestreo intencional por relevancia temática y disponibilidad documental, que incluyeron: informes de gestión de suministros (n=6), reportes de importación de agroquímicos (n=5) y evaluaciones de uso de insumos por cultivos (n=4). Los documentos fueron analizados mediante análisis de contenido documental (Bardin, 2016) (Anexo 1: Matriz de análisis de informes técnicos).

Fase 2: Recolección de datos primarios

Entrevistas semiestructuradas: Se aplicaron 8 entrevistas a informantes clave de GELMA: directivos (n=3: presidente, vicepresidente económico, director de producción) y técnicos especialistas (n=5: agrónomos de zona con 5 o más años de experiencia). La selección se realizó por criterio de experiencia institucional y conocimiento directo del objeto de estudio. Las entrevistas se estructuraron en cuatro dimensiones: (a) gestión de insumos y dependencia de importaciones, (b) experiencias previas con bioproductos, (c) capacidades técnicas y de infraestructura, (d) percepciones sobre transición agroecológica. La guía de entrevista fue validada por tres expertos en gestión agropecuaria (Coeficiente de Validez de Contenido: CVI=0.92) y sometida a prueba piloto (n=2) antes de su aplicación definitiva (Anexo 2: Guía de entrevista semiestructurada y certificación de validación).

Las entrevistas se realizaron en el período enero-febrero 2024, con duración promedio de 45 minutos, en instalaciones de GELMA. Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes y se garantizó confidencialidad mediante codificación alfanumérica (E1-E8). Las entrevistas fueron registradas en audio (con autorización) y transcritas literalmente para su análisis.

Talleres participativos de validación: Se realizaron 2 talleres con 25 productores agrícolas (municipios Alquizar, n=13; Guanímar, n=12), seleccionados por pertenencia a cooperativas de créditos y servicios (CCS) vinculadas a GELMA, dedicación a cultivos variados (viandas, hortalizas, tabaco) y disponibilidad para participar. Los talleres tuvieron una duración de 4 horas cada uno (marzo 2024) y se estructuraron en tres momentos: (i) presentación de resultados preliminares del diagnóstico DAFO por parte del equipo investigador, (ii) grupos focales por líneas de cultivo (3 grupos de 8-9 productores), identificando barreras y potencialidades de adopción de bioproductos, (iii) sesión de validación participativa de estrategias propuestas mediante técnica de votación ponderada y construcción colectiva de ajustes.

Se elaboraron actas de taller con registro fotográfico, listas de asistencia firmadas y matrices de consenso (Anexo 3: Actas de talleres y evidencia fotográfica). La información se sistematizó mediante análisis de contenido temático (Bardin, 2016).

Fase 3: Análisis de datos y construcción de la estrategia

La información documental y primaria se procesó mediante análisis de contenido categorial, utilizando el software NVivo 12 para la gestión de datos cualitativos. Se establecieron categorías predefinidas del diagnóstico DAFO (Fortalezas, Debilidades, Oportunidades, Amenazas) y subcategorías emergentes del análisis inductivo. La triangulación metodológica se realizó contrastando: (a) evidencia documental (informes técnicos), (b) testimonios de entrevistas (directivos y técnicos), y (c) consensos de talleres (productores). Se calculó el Coeficiente de Concordancia entre fuentes (≥ 0.80 se consideró aceptable).

Para la construcción de la estrategia se empleó el método de proyección participativa (Delphi simplificado), validando metas mediante análisis de tendencias de experiencias documentadas (Schütz et al., 2018) y proyecciones basadas en capacidad instalada de GELMA. Las proyecciones cuantitativas para 2026 se calcularon mediante análisis de escenarios: (a) escenario conservador (adopción gradual, 20% reducción agroquímicos), (b) escenario moderado (adopción acelerada, 50%

reducción), (c) escenario optimista (adopción masiva, 70% reducción). Se seleccionó el escenario moderado como meta viable, con intervalos de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico de la situación actual de GELMA

El diagnóstico integral de GELMA en Artemisa reveló un escenario complejo caracterizado por fortalezas estratégicas y limitaciones estructurales. Entre las principales fortalezas identificadas se destaca su posición consolidada en la cadena de suministro agrícola provincial (cobertura del 85% de cooperativas), su red logística establecida y sus experiencias incipientes con bioproductos, particularmente el uso de tabaquina (*Nicotiana tabacum*) como bioplaguicida en cultivos de hortalizas. Estas iniciativas, desarrolladas desde 2021, demuestran capacidades internas para la innovación y adaptación tecnológica, constituyendo una base sólida para procesos de transformación productiva.

Como debilidades críticas se identificaron: (a) alta dependencia de insumos importados, que alcanza el 92% de los fertilizantes utilizados en la provincia; (b) infraestructura limitada para producción local de bioproductos (sin laboratorio de control de calidad propio); (c) déficit de capacitación técnica especializada en manejo de bioinsumos (solo 2 técnicos con formación específica); y (d) sistemas de distribución centralizados que dificultan el acceso oportuno de productores. Estas limitantes coinciden con lo reportado por la FAO (2023) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Zahniser et al., 2024) para Cuba, donde la dependencia de importaciones de insumos agrícolas constituye un factor de vulnerabilidad crítica para los sistemas alimentarios.

El análisis del entorno identificó oportunidades significativas: (a) existencia de un movimiento campesino consolidado con experiencia en agroecología (Rosset et al., 2011); (b) disponibilidad de centros de investigación con capacidades demostradas (Universidad de Artemisa, Labiofam, AzCuba); (c) existencia de subproductos locales valorizables (tabaquina, residuos de caña, estiércol avícola); (d) demanda creciente de alimentos orgánicos en mercados locales. Investigaciones recientes validan que las alianzas entre empresas y centros de investigación aceleran la innovación y adaptación tecnológica en el sector agrícola (Liu et al., 2023).

Entre las amenazas más significativas se encuentran: (a) volatilidad del mercado internacional de fertilizantes (incrementos de 200-400% en precios post-pandemia); (b) impactos del cambio

climático (sequías prolongadas, huracanes); (c) resistencia cultural de productores a cambiar prácticas establecidas; (d) competencia desleal de agroquímicos importados de contrabando. Estos factores externos refuerzan la urgencia de implementar estrategias de adaptación basadas en recursos locales (Ikan et al., 2024).

La experiencia de GELMA con la tabaquina se alinea con los principios de la economía circular, al valorizar un residuo de la industria tabacalera local (producción provincial: ~1,200 toneladas/año de desechos) que anteriormente representaba un pasivo ambiental. Estudios recientes confirman que este tipo de iniciativas no solo reduce costos de producción hasta en un 40%, sino que también contribuye a la salud del suelo y reduce la contaminación por agroquímicos sintéticos (Gaitan Angulo et al., 2024).

La literatura científica corrobora el potencial de los bioproductos en contextos de agricultura con limitaciones de insumos. Schütz et al. (2018) demostraron en un meta-análisis global que los biofertilizantes incrementan el rendimiento de los cultivos en un 12-25% según el cultivo específico. Específicamente, estudios experimentales recientes en *Frontiers in Microbiology* demuestran que consorcios de *Pseudomonas* spp. y *Bacillus* spp. solubilizadores de fosfato incrementan la disponibilidad de fósforo en plantas de tomate mediante la producción de ácidos orgánicos (gluconico, málico y cítrico), alcanzando concentraciones de solubilización de hasta 195.42 $\mu\text{g mL}^{-1}$, y reducen la incidencia de enfermedades bacterianas como el cancro bacteriano en un 75% (Bakki et al., 2024). Por su parte, meta-análisis globales confirmaron que los biofertilizantes mejoran significativamente la salud del suelo, incrementando la materia orgánica en un 16.64% y suprimiendo patógenos en un 51.81% (Pei et al., 2025), validando su efectividad en condiciones de campo reales. Adicionalmente, se ha demostrado que los consorcios microbianos inoculados en suelos vivos tienen un desempeño significativamente superior a las cepas individuales, incrementando el crecimiento vegetal en un 48% versus 29% de cepas aisladas (Liu et al., 2023).

Estrategia de innovación propuesta

Componente 1: Investigación y Desarrollo (I+D)

La estrategia de I+D se fundamenta en el establecimiento de alianzas estratégicas con instituciones académicas y centros de investigación. Se propone la creación de una Unidad de Innovación en Bioinsumos dentro de GELMA, en colaboración con la Universidad de Artemisa "Julio Díaz González" y el Centro de Investigaciones Biofarmacéuticas Labiofam. Esta unidad tendría tres líneas de trabajo:

(a) formulación de biofertilizantes nitrogenados y fosfatados adaptados a suelos pardos y rojos ferralíticos de la provincia; (b) escalado industrial de bioplaguicidas derivados de tabaquina y otros subproductos locales; (c) ensayos de campo estandarizados para validación de eficacia.

El programa priorizará el desarrollo de formulaciones de biofertilizantes basados en micorrizas arbusculares (*Glomus* spp.) y rizobios específicos para leguminosas, adaptados a las condiciones edafoclimáticas de Artemisa. Meta-análisis recientes demuestran que los consorcios microbianos pueden incrementar la eficiencia en el uso de nutrientes hasta en un 48% comparado con cepas individuales, particularmente en cultivos estratégicos como tabaco, frijoles y hortalizas (Liu et al., 2023; Schütz et al., 2018). La sostenibilidad del componente de I+D requiere la dotación de un laboratorio básico de control de calidad (microbiología, bioquímica del suelo) dentro de la estructura de GELMA, con inversión estimada de 25,000 USD en equipamiento inicial.

Componente 2: Capacitación y Transferencia Tecnológica

El programa de capacitación se diseñará mediante un enfoque participativo que integre conocimientos tradicionales de los agricultores con avances técnico-científicos, siguiendo la metodología Campesino-a-Campesino validada en Cuba (Rosset et al., 2011). Se estructurará como un sistema de formación escalonado: (a) nivel básico (manejo y aplicación de bioinsumos), (b) nivel intermedio (producción artesanal de biofertilizantes), (c) nivel avanzado (monitoreo de calidad y resolución de problemas). Las metodologías incluirán talleres teórico-prácticos, días de campo mensuales, parcelas demostrativas en 5 cooperativas piloto, y materiales didácticos adaptados al contexto local (cartillas, videos cortos).

Un aspecto innovador será la priorización de jóvenes (18-35 años) y mujeres (e"40% de participantes), mediante módulos específicos que aborden sus particulares necesidades y potencialidades. Estudios recientes evidencian que la inclusión de estos grupos sociales no solo fortalece la equidad en el sector agrícola, sino que también acelera la adopción de tecnologías sostenibles (FAO, 2023). Se establecerán horarios flexibles (fines de semana) y metodologías de enseñanza que consideren brechas de acceso al conocimiento (alfabetización digital, lenguaje inclusivo).

La evaluación del impacto se realizará mediante indicadores: (a) cantidad de productores capacitados, (b) tasa de adopción de tecnologías (seguimiento a 6 y 12 meses), (c) cambios en prácticas de manejo (encuestas estructuradas), (d) satisfacción con la formación (escala Likert).

Según la FAO (2023), los programas de extensión agrícola que incorporan mecanismos robustos de seguimiento logran tasas de adopción tecnológica hasta un 40% superiores a los programas convencionales.

Componente 3: Comercialización y Acceso a Mercados

La optimización de la cadena de suministro requiere una reingeniería de procesos logísticos. Se implementará un sistema de distribución descentralizado con: (a) 3 centros de acopio regional con capacidad de almacenamiento refrigerado para bioinsumos, (b) 15 puntos de venta en cooperativas (tiendas móviles), (c) sistema de pedidos por vía telefónica y digital (aplicación móvil). Esto facilitará el acceso oportuno de los agricultores, reduciendo tiempos de espera de 15-20 días a 3-5 días.

Las estrategias de comercialización incorporarán: (a) campañas de divulgación multimedia (radio local, redes sociales, folletos) comunicando beneficios económicos y ambientales, (b) testimonios de productores pioneros que han implementado exitosamente estas tecnologías, (c) sistema de garantía de calidad con certificación de eficacia y protocolos de aplicación específicos por cultivo, (d) marca territorial "BioGELMA-Artemisa" asociada a la identidad agrícola de la provincia, agregando valor comercial. Estudios previos destacan que la validación social mediante experiencias exitosas de pares incrementa significativamente la confianza y disposición al cambio tecnológico (Gaitan Angulo et al., 2024).

Se establecerán mecanismos de financiamiento flexibles: venta a crédito (pago post-cosecha), subsidios cruzados (productores de mayor escala apoyan a pequeños), y alianzas con cooperativas de crédito para préstamos preferenciales. Esto abordará la barrera de liquidez que frecuentemente limita la adopción de innovaciones en el contexto cubano actual (Rosset et al., 2011).

Impacto esperado de la estrategia (proyecciones 2026)

La implementación integral de la estrategia podría generar impactos transformadores en múltiples dimensiones:

Dimensión económica: Reducción de 40% en costos de fertilizantes (sustitución de importaciones por producción local), liberando recursos estimados en 450,000 USD anuales para otras inversiones productivas. Creación de 120 empleos locales (directos e indirectos): 25 en producción de bioinsumos, 15 en control de calidad y distribución, 40 en asistencia técnica, 40 en comercialización.

Incremento de 25% en ingresos netos de productores adoptantes, por reducción de costos de insumos y acceso a mercados diferenciados (orgánicos).

Dimensión ambiental: Reducción del 50% en uso de agroquímicos sintéticos (proyección conservadora: 35% en 2024, 50% en 2026), disminuyendo contaminación de suelos y acuíferos. Incremento estimado de 0.8-1.2% anual en materia orgánica del suelo, mejorando retención hídrica y resiliencia climática. Reducción de 30% en huella de carbono asociada a transporte de insumos importados.

Dimensión social: Capacitación directa de 500 productores y técnicos (2024-2026), fortaleciendo capacidades de gestión e innovación territorial. Participación de 40% de mujeres y 35% de jóvenes en espacios de formación y emprendimiento. Estabilización de producción agrícola provincial, contribuyendo a seguridad alimentaria local.

Las proyecciones se fundamentan en: (a) análisis de experiencias previas documentadas (Ikan et al., 2024; Pei et al., 2025; Schütz et al., 2018), (b) modelos de adopción tecnológica en agricultura (difusión de innovaciones), (c) capacidad instalada actual y potencial de GELMA. Se utilizó análisis de escenarios con intervalos de confianza del 95%, seleccionando metas del escenario moderado (adopción acelerada pero realista).

La estrategia propuesta representa un camino viable para la transición agroecológica de GELMA en Artemisa, articulando innovación tecnológica, fortalecimiento institucional y participación social. Sin embargo, su implementación enfrentará desafíos que deben considerarse proactivamente.

Entre las limitaciones del estudio se identifican: (a) disponibilidad de datos actualizados sobre capacidad productiva real de bioproductos en la provincia (informes internos con desfase de 6-12 meses); (b) necesidad de ajustar plazos de implementación según disponibilidad de financiamiento externo (cooperación internacional); (c) dependencia del establecimiento de alianzas interinstitucionales formales (convenios Universidad-Empresa). Estas limitaciones fueron mitigadas mediante triangulación de fuentes y validación participativa, pero requieren seguimiento durante la fase de implementación.

La experiencia de GELMA con bioproductos, particularmente la valorización de la tabaquina, constituye un referente escalable para otras empresas del sistema agropecuario cubano. La estrategia demuestra la viabilidad de transitar hacia modelos agrícolas más soberanos, sostenibles

y resilientes, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2: Hambre cero, ODS 12: Producción y consumo responsables, ODS 13: Acción por el clima).

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo y evaluación con indicadores trimestrales: (a) volumen de producción de bioinsumos, (b) número de productores capacitados y adoptantes, (c) reducción de importaciones de agroquímicos, (d) satisfacción de usuarios. Esto permitirá ajustes oportunos y documentación de lecciones aprendidas para replicación en otros territorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bakki, M., Banane, B., Marhane, O., Esmael, Q., Hatimi, A., Barka, E. A., Azim, K., & Bouizgarne, B. (2024). Phosphate solubilizing *Pseudomonas* and *Bacillus* combined with rock phosphates promoting tomato growth and reducing bacterial canker disease. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1289466. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1289466>

Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (3.ª ed.). Edições 70.

Betto, F. (2021). *Cartilla popular del Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional de Cuba*. Ministerio de la Agricultura. <https://www.minag.gob.cu/wp-content/uploads/2021/12/Cartilla-popular-del-Plan-de-Soberania-Alimentaria-y-Educacion-Nutricional-de-Cuba-Frei-Betto-2.pdf>

FAO. (2023). *GIEWS - Global Information and Early Warning System. Country Brief The Republic of Cuba*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://www.fao.org/giews/countrybrief/country/CUB/pdf_archive/CUB_Archive.pdf

Gaitan Angulo, M., Batista, M. T., & Gómez Caicedo, M. I. (2024). Advances and challenges of a circular economy (CE) in agriculture in Ibero-America: A bibliometric perspective. *Sustainability*, 16(24), 11266. <https://doi.org/10.3390/su162411266>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

Ikan, C., Soussani, F.-E., Ouhaddou, R., Ech-Chatir, L., Errouh, F., Boutasknit, A., Assouguem, A., Ali, E. A., Ullah, R., Ait Barka, E., Lahlali, R., & Meddich, A. (2024). Use of biofertilizers as

an effective management strategy to improve the photosynthetic apparatus, yield, and tolerance to drought stress of drip-irrigated wheat in semi-arid environments. *Agronomy*, 14(6), 1316. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061316>

Liu, X., Mei, S., & Salles, J. F. (2023). Inoculated microbial consortia perform better than single strains in living soil: A meta-analysis. *Applied Soil Ecology*, 190, 105011. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105011>

Pei, B., Liu, T., Xue, Z., Cao, J., Zhang, Y., Yu, M., Liu, E., Xing, J., Wang, F., Ren, X., & Zhang, Z. (2025). Effects of biofertilizer on yield and quality of crops and properties of soil under field conditions in China: A meta-analysis. *Agriculture*, 15(10), 1066. <https://doi.org/10.3390/agriculture15101066>

Rosset, P. M., Machín Sosa, B., Roque Jaime, A. M., & Ávila Lozano, D. R. (2011). The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: Social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *Journal of Peasant Studies*, 38(1), 161-191. <https://doi.org/10.1080/03066150.2010.538584>

Schütz, L., Gattinger, A., Meier, M., Müller, A., Boller, T., Mäder, P., & Mathimaran, N. (2018). Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilizationA global meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2204. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02204>

Zahniser, S., Cardell, L., Zereyesus, Y. A., & Valdes, C. (2024). *Cuba's Deteriorating Food Security and Its Implications for U.S. Agricultural Exports* (Economic Research Report Number 340). U.S. Department of Agriculture (USDA). <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.348092>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de análisis de informes técnicos de GELMA (2019-2023)

Código	Tipo de documento	Año	Contenido relevante	Categorías DAFO
IT-01	Informe de gestión suministros	2019	Dependencia del 94% de importaciones	Debilidad
IT-02	Informe de gestión suministros	2020	Escasez de fertilizantes NPK	Amenaza
...	...	...	...	...
IT-15	Evaluación del uso de insumos	2023	Experiencia con la tabaquina	Fortaleza

Anexo 2. Guía de entrevista semiestructurada y validación

GUÍA DE ENTREVISTA A DIRECTIVOS Y TÉCNICOS DE GELMA

Datos generales: Fecha: ____ Código: ____ Cargo: ____ Años en el cargo: ____

Bloque A. Gestión de insumos y dependencia de importaciones

1. ¿Cuál es el porcentaje actual de fertilizantes importados vs. nacionales que comercializa GELMA?
2. ¿Cómo ha afectado la crisis de insumos a la operatividad de la empresa en los últimos 3 años?
3. ¿Qué estrategias ha implementado GELMA para mitigar la escasez de agroquímicos?

Bloque B. Experiencias con bioproductos

4. ¿Ha desarrollado GELMA alguna experiencia con biofertilizantes o bioplaguicidas? Describa.
5. ¿Cuáles son los principales obstáculos para la producción/comercialización de bioproductos?
6. ¿Qué potencialidades identifica en los subproductos locales (tabaquina, residuos orgánicos)?

Bloque C. Capacidades e innovación

7. ¿Dispone GELMA de infraestructura para laboratorio/control de calidad de bioinsumos?
8. ¿Ha establecido alianzas con centros de investigación (universidades, Labiofam)?

Bloque D. Percepciones sobre transición agroecológica

9. ¿Cómo evalúa la disposición de los productores a adoptar bioproductos?
10. ¿Qué apoyo institucional requeriría GELMA para liderar esta transición?

CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO

Experto	Especialidad	Ítem 1	Ítem 2	...	Ítem 10	CVI
E1	Gestión agropecuaria	4	4	...	3	0.90
E2	Agroecología	4	4	...	4	1.00
E3	Extensión agrícola	4	3	...	4	0.90
Total						0.93

Escala: 1 = No relevante, 2 = Poco relevante, 3 = Relevante, 4 = Muy relevante.

CVI $\geq$ 0.80 Aceptable

Anexo 3. Actas de talleres participativos

Acta de Taller No. 1

Fecha: 15 de marzo 2024

Lugar: CCS Camilo Cienfuegos, Alquizar

Participantes: 13 productores (8 hombres, 5 mujeres)

Desarrollo

1. Presentación resultados diagnóstico DAFO (45 min)
2. Grupos focales por cultivos: viandas (4), hortalizas (5), tabaco (4) (60 min)
3. Validación estrategias y votación ponderada (45 min)

Consensos alcanzados

- Priorizar biofertilizantes nitrogenados para maíz y frijol
- Necesidad de demostraciones en campo antes de adopción masiva
- Solicitan financiamiento flexible (crédito a corto plazo)

Registro fotográfico: [Adjuntar 5-8 fotos con autorización de participantes]

Facilitadores: [Firmas] **Presidente CCS:** [Firma]

(Formato similar para Taller No. 2, Guanímar, 22 de marzo 2024)

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Efraín Díaz Arias y Alexander Chile Bocourt diseñaron el estudio, analizaron los datos y elaboraron el borrador.

Mariol Morejón García estuvo implicada en la recogida, el análisis e interpretación de los datos.

Adrián Martínez García participó en la recogida de datos primarios y la coordinación de talleres participativos con productores.

Todos los autores revisaron la redacción del manuscrito y aprueban la versión finalmente remitida.



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional