

ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA**De la colmena al tejido social: abejas como modelo de economía solidaria**

From the hive to the social fabric: bees as a model for solidarity economics

Dustin Tahisin Gómez Rodríguez¹

¹Facultad de ciencias económicas y administrativas del programa de Economía de la Corporación Universitaria De Asturias. Madrid, España.

Recibido: 05/02/2025

Aceptado: 02/06/2025

Editora Responsable

Marcela Achinelli, Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Económicas

RESUMEN

Este estudio de carácter teórico-conceptual establece una analogía transdisciplinaria entre la organización biológica de las abejas (*Apis mellifera*) y los principios fundacionales de la economía solidaria, enmarcada en debates de la economía ecológica y de la complejidad. El objetivo general fue identificar mecanismos apícolas de autoorganización, cooperación y resiliencia que podrían traducirse en lineamientos estructurales para sistemas socioeconómicos alternativos capaces de responder a contextos de crisis ecosocial. Metodológicamente, la investigación adoptó un enfoque cualitativo de tipo exploratorio-descriptivo, basado en revisión sistemática y modelización teórica. Los criterios de inclusión se centraron en estudios indexados que identificaron comportamiento apícola, teorías de organización colectiva y experiencias de economía solidaria; mientras que los de exclusión descartaron literatura gris sin revisión por pares. El proceso metodológico incluyó análisis comparativo, triangulación teórica y validación participativa. Los resultados evidencian que la descentralización deliberativa, la distribución adaptativa de roles y la gobernanza colaborativa observadas en las colmenas guardan estrecha correspondencia con las prácticas de la economía solidaria, como las cooperativas, bancos de tiempo y redes agroecológicas. Estos hallazgos permiten construir un marco bioinspirado que reconoce la resiliencia, la equidad y la sostenibilidad como ejes de organización colectiva. Se concluye que el modelo apícola funciona no solo como metáfora ilustrativa, sino como arquitectura funcional transferible bajo principios de bioinspiración. Este aporte contribuye a fortalecer el diseño de sistemas socioeconómicos resilientes e inclusivos, enriqueciendo tanto el debate académico como la práctica organizativa en territorios diversos.

PALABRAS CLAVES: economía solidaria, autoorganización, resiliencia sistémica, transdisciplinariedad, bioinspiración

ABSTRACT

This theoretical-conceptual study establishes a transdisciplinary analogy between the biological organization of honeybees (*Apis mellifera*) and the foundational principles of the

solidarity economy, framed within the debates of ecological economics and complexity sciences. The overarching objective was to identify apian mechanisms of self-organization, cooperation, and resilience that could be translated into structural guidelines for alternative socioeconomic systems capable of responding to ecosocial crises. Methodologically, the research adopted an exploratory-descriptive qualitative approach, based on systematic review and theoretical modeling. Inclusion criteria focused on indexed studies addressing honeybee behavior, collective organization theories, and solidarity economy experiences, while exclusion criteria discarded non-peer-reviewed grey literature. The methodological process included comparative analysis, theoretical triangulation, and participatory validation. The findings demonstrate that deliberative decentralization, adaptive role distribution, and collaborative governance observed in beehives closely correspond to solidarity economy practices such as cooperatives, time banks, and agroecological networks. These results support the construction of a bioinspired framework that highlights resilience, equity, and sustainability as central axes of collective organization. It is concluded that the apian model functions not only as an illustrative metaphor, but also as a transferable functional architecture grounded in bioinspiration principles. This contribution strengthens the design of resilient and inclusive socioeconomic systems, enriching both academic debates and organizational practices across diverse territorial contexts.

KEY WORDS: solidarity economics, self-organization, systemic resilience, transdisciplinarity, bioinspiration

RESUMO

Este estudo teórico e conceitual estabelece uma analogia transdisciplinar entre a organização biológica das abelhas (*Apis mellifera*) e os princípios fundadores da economia solidária, enquadados em debates sobre economia ecológica e da complexidade. O objetivo geral foi identificar mecanismos apícolas de auto-organização, cooperação e resiliência que pudessem ser traduzidos em diretrizes estruturais para sistemas socioeconômicos alternativos capazes de responder a contextos de crise ecosocial. Metodologicamente, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa exploratório-descritiva baseada em revisão sistemática e modelagem teórica. Os critérios de inclusão focaram em estudos indexados que identificaram comportamento apícola, teorias de organização coletiva e experiências da economia solidária; enquanto os critérios de exclusão descartaram literatura cinzenta sem revisão por pares. O processo metodológico incluiu análise comparativa, triangulação teórica e validação participativa. Os resultados mostram que a descentralização deliberativa, a distribuição adaptativa de papéis e a governança colaborativa observadas em colmeias correspondem intimamente a práticas de economia solidária, como cooperativas, bancos de tempo e redes agroecológicas. Essas descobertas permitem a construção de uma estrutura bioinspirada que reconhece a resiliência, a equidade e a sustentabilidade como pilares da organização coletiva. Conclui-se que o modelo apícola funciona não apenas como uma metáfora ilustrativa, mas também como uma arquitetura funcional transferível sob princípios bioinspirados. Essa contribuição contribui para o fortalecimento do desenho de sistemas socioeconômicos resilientes e inclusivos, enriquecendo tanto o debate acadêmico quanto a prática organizacional em diversos territórios.

PALAVRAS-CHAVE: economia solidária, auto-organizaçō, resiliênciā sistêmica, transdisciplinaridade, bioinspiraçō

ÑEMOMBYKY

Ko jehapykueho mba'ekuaarā ha he'íseva omopyenda peteī jojakuaa *transdisciplinaria* umi káva rekoveaty (*Apis mellifera*) ha umi mba'e moñepyrümby virupuruko imba'erechakuaáva, ombohapéva ñomongetajere virupureko tekopykuua ha ojoparaetáva ryepýpe. Pe jehupytyrāeta ojehechaukakuri tembiporueta kávareko oñombyatýva rehuela, ñopytvõ ha akārapu'äjey ikatutáva oñemohenda poráve peteī tekoatyrape mbojopyrurā ikatúva ombohovái teko-avaaty jehasa'asy rehuela. Tapereko rupive, tembikuareka ojapyhy peteī ñema'ë tekopyguáva ha'éva tembikuareka ypy-techaukarā, oñemopyendáva jehecha py'ji ha ñemboheko mba'ekuaarā. Umi mba'e ojehecháva'ekue oñe'ë mba'éichapa ojepurúta jesareko ojueheguáva káva rekokuuaa rehuela, mba'ekuaarā atyjoa ha tembiasapre virupurukuaa mba'erechakuaa rupive; katu umi oñemboykévagui ojei ñe'ëporähaiy hünungáva ojehechajey joyvy'yre. Pe tapereko apo oipyhy ñehesa'ýijo mbojóyáva, mba'ekuaarā ñemomboheta ha ñemonei oñondivepa .Umi tembiapokue ohechauka mbyte'o ñomongeta pyréva, tembiaporä ñeme'ë jepokuaápe ha ñesambyhy jehechakuaáva ojehecháva kavaraitýpe ojojoguaitereíva umi virupureko jehechakuaápy rehuela, umi cooperativa, aravo rape ha ñemitýtekopykuua aty .Ko'ä mba'e ojehuva'ekue rupi ikatu ojejapo peteī tekovejehechapy mbokuatiapre ohechakuaáva akārapu'äjey, joja ha gueropy'aka omopyendáva mohendaha joaramo . Oñembyapu'a ko techaukaha kávareko rehuela oiko ndaha'éi mbojoguávanterö sino oga'apo tapiategua ikatúva ohasa tekovejehechapy poguýpe. Ko me'ëmby oipytvõkuua omombarete haigua apopyrape avaatyvirureko akārapu'äjey térra omboheta ñomongeta apopy terekuraicha avei apopy oimeraëva tenda rehuela.

ÑE'Ë REKOKATU: virureko techakuaáva, ijeguiñemohenda, akārapu'äjey py'igua, jeporavorape, mbo'epyrekoasa ha tekoñemoarandu

AUTOR CORRESPONDIENTE: Dustin Tahisin Gómez Rodríguez. Doctor en agrociencias. Facultad de ciencias económicas y administrativas, del programa de Economía de la Corporación Universitaria De Asturias. **Email:** dustin.gomez@asturias.edu.co

CONFLICTO DE INTERÉS: No existe conflicto de interés.

FINANCIAMIENTO: Propio.

INTRODUCCIÓN

Las abejas (*Apis mellifera*) han sido reconocidas históricamente por su eficiencia en la organización colectiva, la distribución de recursos y la sostenibilidad de su sistema productivo (Bourke, 2011; Seeley, 2010). Estos insectos sociales ofrecen un modelo biológico que, al ser analizado desde las ciencias sociales, puede servir como metáfora estructural para la economía solidaria, un enfoque económico basado en la cooperación, la equidad y el bien común (Garzón, 2023; Coraggio, 2011). La colmena funciona como una unidad autogestionada donde el trabajo colaborativo, la reciprocidad y la adaptabilidad

aseguran la supervivencia del colectivo, principios que coinciden con los fundamentos de las prácticas económicas alternativas (Gómez, 2024; Pérez de Mendiguren, 2013).

En la economía solidaria, al igual que en las colonias de abejas, la interdependencia y la especialización de roles no generan jerarquías explotadoras, sino redes de apoyo mutuo (Álvarez & López, 2018; Laville, 2016). Las abejas optimizan sus recursos mediante mecanismos descentralizados, evitando el desperdicio y priorizando la resiliencia, aspectos clave en modelos como los commons o las cooperativas (Andrade, 2019; Ostrom, 1990). Este paralelismo invita a reflexionar sobre cómo los sistemas naturales pueden inspirar formas de organización humana más inclusivas y sostenibles (Maldonado, 2014^a; Maturana & Varela, 1984).

Desde la perspectiva de la economía ecológica y de la teoría de la complejidad, la organización apícola constituye un referente que permite repensar la interdependencia entre sistemas vivos y sistemas sociales (Maldonado, 2024; Rodríguez, 2025b). Diversos autores han señalado que los modelos bioinspirados abren posibilidades para superar los enfoques reduccionistas de la economía convencional, integrando resiliencia, equidad y sostenibilidad como principios rectores (Gómez & Barbosa, 2024; Maldonado, 2009). Esta articulación entre ciencias naturales y sociales ofrece un marco conceptual robusto que enriquece la comprensión de la economía solidaria y le otorga un sustento epistemológico en contextos de alta incertidumbre y crisis ecosocial (Maldonado, 2022).

A partir de este marco conceptual, la presente investigación busca analizar las correspondencias entre el modelo colaborativo de las abejas y los fundamentos de la economía solidaria, con el objetivo de identificar mecanismos biológicos que puedan traducirse en principios socioeconómicos alternativos. La hipótesis central sostiene que la autoorganización, la eficiencia colectiva y la sostenibilidad inherentes a las colonias de abejas ofrecen un enfoque aplicable a sistemas humanos basados en la cooperación y la reciprocidad. Para ello, se tiene como pregunta problema: ¿Cómo pueden los principios de organización apícola inspirar modelos de economía solidaria que superen las lógicas individualistas de los sistemas económicos tradicionales? Mediante un análisis transdisciplinario, este estudio pretende contribuir al debate sobre alternativas económicas resilientes, fundamentadas tanto en la teoría social como en los sistemas naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para responder a la pregunta problema, esta investigación adoptó un enfoque cualitativo de tipo exploratorio-descriptivo, que permitió analizar en profundidad las analogías entre la organización social de las abejas y los principios de la economía solidaria. Dado el carácter

transdisciplinar del estudio, se integraron perspectivas provenientes de la etología, la economía social y la sociología, con el fin de construir un marco teórico que articulara ambos campos de conocimiento (Maldonado, 2014b; Bunge, 1969).

El diseño metodológico se basó en un análisis comparativo de sistemas, tomando como unidades de estudio, por un lado, los mecanismos de cooperación, toma de decisiones y distribución de recursos en las colonias de abejas (*Apis mellifera*) y, por otro, los fundamentos teóricos y prácticos de la economía solidaria. Para ello, se empleó una revisión sistemática de literatura científica, que incluyó tanto investigaciones etológicas clásicas y contemporáneas como los trabajos de Seeley sobre inteligencia colectiva en enjambres y teorías socioeconómicas críticas, por ejemplo, los aportes de Coraggio y Laville sobre modelos alternativos de producción (Aguilera et al., 2020; Maldonado, 2024). Para garantizar la consistencia del análisis, se establecieron criterios de inclusión que contemplaron únicamente literatura indexada en bases como Scopus, Web of Science y Google Scholar, relacionada con comportamiento apícola, teorías de autoorganización y experiencias de economía solidaria. Se excluyó literatura gris o documentos sin revisión por pares (Paramo, 2008). Entre las limitaciones reconocidas se encuentran las dificultades inherentes a extrapolar modelos biológicos a sistemas sociales mediados por factores históricos y culturales, así como la ausencia de resultados empíricos en esta fase, que se desarrollarán en investigaciones posteriores (Mukherjee et al. 2022; Moher et al., 2010).

Para garantizar la coherencia entre las técnicas empleadas, se diseñó un flujo metodológico en tres fases iterativas (Tabla 1). Cada fase aportó insumos para la siguiente, permitiendo la triangulación progresiva de datos. Por ejemplo, los patrones identificados en la revisión sistemática (Fase 1) se validaron con casos empíricos (Fase 2) antes de su modelización (Fase 3) (Vergara et al., 2025; Vincent et al., 2006).

Tabla 1. Secuencia metodológica

Fase	Técnica	Objetivo	Ejemplo de aplicación
1	Revisión sistemática	Identificar mecanismos apícolas clave	Meta-análisis de 12 estudios sobre toma de decisiones en enjambres
2	Análisis de casos	Validar patrones en organizaciones humanas	Estudio de 5 cooperativas con votación por consenso
3	Modelización teórica	Proponer adaptaciones escalables	Simulación computacional de algoritmos inspirados en señales de abej

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que el presente artículo se centra en los resultados derivados primordialmente de la Fase 1 (Revisión Sistemática) y el desarrollo conceptual de la Fase

3 (Modelización Teórica) del proceso investigativo. Los análisis de casos empíricos (Fase 2) y los resultados específicos de las simulaciones computacionales forman parte de una etapa posterior de la investigación y serán objeto de publicaciones futuras, por lo que no son desarrollados aquí. El foco de este trabajo es, por tanto, la construcción y proposición de un marco analógico bioinspirado (Gómez et al., 2025).

De igual modo, se realizó un análisis documental de casos emblemáticos de organizaciones que practicaban la economía solidaria, como cooperativas de trabajo asociado, redes de trueque o bancos de tiempo, con el objetivo de identificar patrones operativos que pudieran relacionarse con los observados en las colmenas. Esta fase incluyó el examen de registros etnográficos, informes de impacto lo que enriqueció la comprensión de las dinámicas colaborativas en contextos humanos (Barbosa et al., 2020; Bensman & Leydesdorff, 2009). El procesamiento de la información se llevó a cabo mediante técnicas de análisis temático comparado, que facilitaron la identificación de convergencias entre los dos sistemas estudiados (Cañas et al., 2013). Particularmente, se buscó establecer paralelos en aspectos como la descentralización en la toma de decisiones, la adaptabilidad a entornos cambiantes y la optimización de recursos colectivos. Con estos insumos, se procedió a la elaboración de un modelo teórico analógico que sistematizó los principios apícolas potencialmente transferibles a la esfera socioeconómica (Camacho et al., 2023; Bunge, 1997).

Para garantizar la validez de los hallazgos, se implementaron estrategias de triangulación teórica, contrastando los resultados preliminares con especialistas en comportamiento animal y economistas de orientación solidaria. Asimismo, se organizaron espacios de discusión participativa con integrantes de organizaciones de base, lo que permitió evaluar la pertinencia y aplicabilidad de las propuestas derivadas de la investigación (Castro et al., 2017; Denzin, 2012).

Entre las limitaciones reconocidas se encontró el desafío de extrapolar directamente mecanismos biológicos a realidades sociales, marcadas por factores culturales e históricos irreductibles a modelos naturales (Maldonado, 2018). También se consideró el posible sesgo geográfico en la selección de casos, dado que muchas experiencias de economía solidaria documentadas provenían de contextos urbanos o semiurbanos, lo que podría omitir dinámicas propias de comunidades rurales o indígenas (Garzón et al, 2022; Bunge ,1980). Ejemplo de ello, fue el Seminario San Agustín de La Linda (Manizales), Colombia. Con su producto Miel La Candelaria.

Como resultado final, se obtuvo un marco conceptual bioinspirado que aportó lineamientos innovadores para el fortalecimiento de la economía solidaria, destacando su capacidad para generar sistemas resilientes y equitativos. Este aporte buscó enriquecer tanto el debate académico como las prácticas organizativas en territorios donde se implementaban alternativas económicas basadas en la cooperación (Maldonado, 2016; Andrade, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos de la investigación permitieron identificar una serie de principios operativos en la organización de las abejas (*Apis mellifera*) que guardan estrecha correspondencia con las prácticas fundamentales de la economía solidaria (Rendón & Gómez, 2022; Seeley, 2010). En primer lugar, se evidencia que las colonias apícolas presentan una lógica de autoorganización descentralizada que permite la toma de decisiones colectivas sin jerarquías impuestas, fenómeno al funcionamiento de cooperativas de trabajo y redes de economía social basadas en el consenso y la deliberación participativa (Andrade, 2019; Seeley & Visscher, 2004). En estas estructuras, la comunicación efectiva mediante feromonas y danzas actúa como un sistema de gobernanza distribuida, inspirando modelos sociales que valorizan el conocimiento situado y la deliberación colectiva (Gómez et al., 2023; Barbosa et al., 2021).

Asimismo, se identificó que el mecanismo de división del trabajo en las colmenas se organiza de manera flexible según la edad y el contexto, lo que optimiza la resiliencia del sistema frente a perturbaciones externas (Maldonado, 2022; Stabentheiner et al., 2010). La literatura sobre economía solidaria sugiere que este principio encuentra correlato en casos de cooperativas y bancos de tiempo que redistribuyen tareas (López et al., 2025; Rushforth, 2016). La eficiencia colectiva de estos arreglos, tanto en la biología apícola como en la praxis socioeconómica, parece sostenerse sobre la interdependencia funcional, la adaptabilidad contextual y la supresión de jerarquías explotadoras (Gómez & Barbosa, 2022; Ostrom, 1990).

Otro resultado clave fue la correspondencia entre los mecanismos de regulación térmica colectiva en las colmenas y las estrategias comunitarias de sostenibilidad observadas en redes agroecológicas solidarias (Maldonado, 2021; Stabentheiner et al., 2010). En ambos casos, se documentaron respuestas cooperativas frente a desequilibrios ambientales o económicos, lo que refuerza el argumento de que los sistemas autoorganizados pueden alcanzar altos niveles de resiliencia sin necesidad de control centralizado (Gómez et al., 2021; Gómez & Helmsing, 2008). Esta capacidad adaptativa se vincula con la noción de

“sistemas complejos vivos” en los cuales el todo es más que la suma de las partes, tanto en entornos naturales como en construcciones socioeconómicas solidarias (Rodríguez, 2025^a; Pérez de Mendiguren et al., 2013).

Sin olvidar que, el modelo teórico construido mediante triangulación metodológica permitió proponer una serie de principios bioinspirados transferibles a los sistemas humanos, incluyendo: descentralización deliberativa, redistribución adaptativa de tareas, realimentación cooperativa y maximización de beneficios colectivos por encima del interés individual (Laverde et al., 2020; Coraggio, 2011). Estos principios no solo emergen del análisis apícola, sino que encuentran viabilidad empírica en las organizaciones sociales estudiadas (Laville, 2016; Seeley, 2010).

Los resultados obtenidos dialogan de manera directa con los enfoques contemporáneos de gobernanza colaborativa y de economía de los comunes, donde la descentralización, la equidad y la resiliencia se constituyen en ejes centrales de sostenibilidad (Ostrom, 1990; FAO, 2013; Coraggio, 2011). En este sentido, la colmena no se interpreta únicamente como una metáfora ilustrativa, sino como un modelo sistémico cuya arquitectura puede inspirar prácticas organizativas humanas en escenarios de complejidad y crisis socioambientales (Gómez, 2025; Rosero y Gómez 2025).

Los hallazgos obtenidos refuerzan la pertinencia del modelo apícola como marco bioinspirado para repensar las prácticas y estructuras de la economía solidaria, entendida no solo como una alternativa económica, sino como una forma compleja de organización social. (Stabentheiner et al., 2010; FAO, 2013). En términos epistemológicos, este estudio se inscribe en una crítica al enfoque mecanicista y reduccionista de la economía tradicional, recuperando la lógica de sistemas vivos y complejos como fuentes legítimas de construcción teórica y metodológica (Maldonado, 2024; Bunge, 1997). En esta perspectiva, la colmena no se presenta como una metáfora superficial, sino como un modelo sistémico cuya arquitectura puede ser reinterpretada y escalada en contextos humanos, especialmente en escenarios de crisis ecosocial (Rodríguez, 2025b; Von Frisch, 1967).

En cuanto a la toma de decisiones descentralizada, tanto las abejas como las organizaciones solidarias analizadas muestran que la gobernanza horizontal puede ser eficaz, eficiente y adaptativa (Seeley, 2010; Ostrom, 1990; Gómez & Barbosa, 2024). Contrario a los modelos jerárquicos tradicionales, se observa que las decisiones colectivas no solo son posibles, sino que resultan ser más resilientes frente a perturbaciones externas, como las crisis económicas o los desastres naturales. Este hallazgo dialoga directamente

con las propuestas de gobernanza colaborativa y con los enfoques de los “comunes” que postulan la autogestión como núcleo de sostenibilidad organizativa (Andrade, 2019; Maldonado, 2018).

De igual modo, la investigación ratifica que la especialización de roles en función de capacidades dinámicas más que de posiciones fijas o capitales acumulados, permite construir organizaciones flexibles, justas y eficientes. Este principio fue evidenciado en cooperativas agroecológicas que, al igual que las abejas, redefinen constantemente sus tareas internas, optimizando la productividad sin sacrificar la equidad (Ramírez et al., 2020; Gómez & Helmsing, 2008). En este sentido, la organización apícola desafía las lógicas del capital humano como explotable, y propone en cambio una visión de la mano de obra como contribución vital interdependiente (Gómez et al., 2025; Maldonado, 2021).

Cabe reconocer, sin embargo, las limitaciones epistémicas de la extrapolación biológica directa. Tal como advierte Maldonado (2018), los sistemas humanos están mediados por factores históricos, simbólicos y culturales que no pueden ser reducidos a dinámicas naturales. Sin embargo, estas analogías permiten generar nuevas hipótesis y estrategias organizativas, al tiempo que enriquecen los marcos de análisis convencionales con herramientas provenientes de la ciencia de la complejidad (Maldonado, 2016; Rodríguez, 2025b). Este tránsito entre niveles de complejidad abre la posibilidad de una “ecología de saberes” que articule biología, economía y sociología en una praxis transdisciplinaria (Andrade, 2019).

En efecto, este estudio no solo aporta una mirada innovadora sobre la economía solidaria desde la bioinspiración, sino que también ofrece elementos conceptuales y metodológicos para construir sistemas organizativos más inclusivos, resilientes y democráticos, en armonía con los principios de la vida misma (Martínez et al., 2024; Coraggio, 2011). Sin olvidar, que una limitación adicional de este enfoque analógico radica en el inevitable sesgo de selección al destacar principalmente los aspectos cooperativos y resilientes de la organización apícola. Se reconoce que las colonias de abejas también presentan características como una estricta división en castas reproductivas y no reproductivas, y una subordinación absoluta del individuo a la supervivencia del superorganismo, aspectos que no son deseables o transferibles a los modelos de economía solidaria humana, los cuales se fundan en la equidad y la agencia individual. La bioinspiración debe, por tanto, ejercerse de forma selectiva y crítica (Speck et al., 2017; Autumn et al., 2014).

CONCLUSIONES

Esta investigación ha permitido establecer una relación analógica entre la organización de las abejas (*Apis mellifera*) y los principios fundacionales de la economía solidaria, desde un enfoque teórico-conceptual basado predominantemente en revisión sistemática y modelización teórica. A través de este prisma, se han identificado mecanismos biológicos de cooperación, autoorganización y resiliencia que ofrecen claves heurísticas para el diseño de sistemas socioeconómicos alternativos. Las colmenas, como sistemas complejos autoorganizados, se erigen no solo como objetos de estudio etológico, sino como modelos estructurales bioinspiradores para las ciencias sociales, enmarcados en una perspectiva postdisciplinar.

Los resultados evidencian que principios como la descentralización deliberativa, la asignación dinámica de tareas, la comunicación eficiente y la priorización del bienestar colectivo —propios de la organización apícola presentan isomorfismos transferibles, con las debidas adaptaciones contextuales, a experiencias humanas de economía solidaria. Estos constituyen un marco teórico bioinspirado que aporta lineamientos para fortalecer la capacidad adaptativa, inclusiva y equitativa de las organizaciones en contextos de alta complejidad.

No obstante, es imperativo reconocer las limitaciones epistémicas inherentes a esta aproximación. La transferencia de modelos biológicos a entornos humanos conlleva riesgos de reduccionismo biologicista y de antropomorfización inversa, los cuales han sido conscientemente evitados enfocándose en principios organizativos abstractos y no en mecanismos conductuales literales. Asimismo, se reconoce un sesgo de selección en la caracterización de la colmena, al destacar principalmente sus aspectos cooperativos, obviando otros como la existencia de castas o la supresión del individuo, los cuales no son deseables ni transferibles a los modelos económicos solidarios humanos. Por lo tanto, esta analogía debe entenderse estrictamente como una estrategia heurística para la innovación organizacional, y no como una homología estricta.

En consecuencia, este estudio contribuye a la consolidación de la bioinspiración socioeconómica como un enfoque emergente, alineado con los debates contemporáneos sobre sostenibilidad y resiliencia sistémica. Futuras investigaciones deberán complementar este marco teórico con evidencia empírica robusta derivada de las fases de análisis de casos y simulación que valide la aplicabilidad contextual de estos principios. A nivel

aplicado, los hallazgos sirven como insumo para diseñar metodologías participativas, políticas públicas sensibles a la autogestión y procesos educativos que promuevan valores cooperativos y ecológicamente integrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J., & López, M. (Comps.). (2018). Apuntes para el fomento de la asociatividad solidaria y el logro de los objetivos de desarrollo sostenible. Unidad Administrativa Especial de Organizaciones Solidarias (UAEOS); Centro de Investigación, Documentación e Información de la Economía Social, Pública y Cooperativa (CIRIEC).
- Aguilera, M., Rincón, H., & Gómez, D. (2020). Bioeconomía, una alternativa de investigación en administración y afines. En M. Aguilera, H. Rincón, & D. Gómez, Temas y métodos de investigación en negocios, administración, mercadeo y contaduría, 193- 225. Bogotá: Editorial Uniagustiniana.
- Andrade, E. (2019). Ontogenia del pensamiento evolutivo. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Autumn, K., Liang, Y. A., Hsieh, S. T., Zesch, W., Chan, W.P., Kenny, T. W., ... & Full, R. J. (2000). *Adhesive force of a single gecko foot-hair*. *Nature*, 405(6787), 681-685.
- Barbosa, E., Rojas, J., & Gómez, D. (2021). Prueba piloto del Plan Nacional de Fomento de la Economía Solidaria y Cooperativa Rural - PLANFES. Estudio del caso del municipio de San Antero, Córdoba, Colombia. *Otra economía: revista latinoamericana de economía social y solidaria*. 14: (25),77-94. <https://revistaotraeconomia.org/index.php/otraeconomia/article/view/14924>
- Barbosa, E., Vargas, H. & Gómez, D. (2020). Breve estudio bibliométricos sobre economía solidaria. *Cooperativismo y Desarrollo*, 28(118), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2020.03.05>
- Bensman, S., & Leydesdorff, L. (2009). Definition and identification of journals as bibliographic and subject entities: Librarianship versus Isl Journal Citation Reports methods and their effect on citation measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 60 (6), 1097-1117.
- Bourke, AFG (2011). Principios de la evolución social . Oxford University Press.
- Bunge, M. (1997). Ciencia y desarrollo. Siglo XXI.
- Bunge, M. (1980). Epistemología. Ariel.
- Bunge, M. (1969). La investigación científica: Su estrategia y su filosofía. Ariel.

- Camacho, M., Rojas, J., y Santillán, A. (2023). Análisis bibliométrico de la producción científica sobre cooperativas agropecuarias en países hispanoparlantes. *Cooperativismo & Desarrollo*, 31(126), 1-24. <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2023.02.01>
- Cañas, G., Mazarrón, F., Pou, M., Calleja, P., & Díaz, R. (2013). Bibliometric analysis of research activity in the “Agronomy” category from the Web of Science, 1997–2011. Europe.
- Castro, L., Rincón, M., & Gómez, D. (2017). Educación para la salud: una mirada desde la antropología. *Revista Ciencias de la Salud*, 15(1), 145-163. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.5387>
- Coraggio, J. (2011). Economía social y solidaria: El trabajo antes que el capital. Abya-Yala. <https://doi.org/10.7476/9789978102479>
- Denzin, N. K. (2012). Triangulation 2.0. *Journal of Mixed Methods Research*, 6(2), 80-88. DOI: <https://doi.org/10.1177/1558689812437186>
- Garzón, B., Barbosa, E., & Gómez, D. (2023). Las organizaciones comunales como gestoras de reactivación económica: mercados campesinos solidarios en el municipio el Playón, Santander. *CIRIEC Colombia*. (1),245-257. DOI: <https://doi.org/10.58415/revciriec.v1n1a17>
- Garzón, B., Barbosa, E., & Gómez, D. (2022). Política pública en la pandemia desde la economía solidaria: circuitos cortos de comercialización- C.C.C. en Colombia (2020-2021). *Apuntes de Economía y Sociedad*, 3(1), 25–36. <https://doi.org/10.5377/aes.v3i1.14287>
- Gómez, D. (2025). Sostenibilidad agrícola: integrando Agrociencias y Economía Ecológica. (2025). *Revista Internacional De Desarrollo Humano Y Sostenibilidad*, 2(2), 37-64. <https://doi.org/10.51660/ridhs22304>
- Gómez, D., Martínez, C., & Barreto, J. (2025). *Punto De Vista*, 16(23), 1-14. Gestión pública y agrociencias: innovación, gobernanza y sostenibilidad en el sector agropecuario. <https://doi.org/10.15765/vye3at19>
- Gómez , D., Martínez, C., & Liloy, J. (2025). Gestión pública y circuitos cortos de comercialización de alimentos: estrategias para el desarrollo económico local y la sostenibilidad territorial. *Región Científica*, 4(2), 2025490. <https://doi.org/10.58763/rc2025490>
- Gómez , D.(2024). Diálogos entre Agrociencias y Economía Solidaria: perspectivas para un desarrollo rural sostenible. *GIZAEKOA - Revista Vasca De Economía Social*, (21). <https://doi.org/10.1387/gizaekoa.26249>

Gómez, D., & Barbosa, E. (2024). Sostenibilidad ambiental: diálogos entre la economía ecológica, el territorio y la territorialidad en el desarrollo resiliente. *Intropica* 17(2): 290-300. <https://doi.org/10.21676/23897864.5615>

Gómez, D., Barbosa, E., & Martínez, C. (2023). Building bridges between the solidarity economy and popular education: towards a more just and equitable society. *Seminars in Medical Writing and Education*. 2:190. <https://doi.org/10.56294/mw2023190>

Gómez, D., Barbosa, E., & Téllez, C. (2023). Política pública en Colombia: La innovación social como estrategia de la Economía solidaria (2018-2022). En: Innovación social y pública. Experiencias y aproximaciones a la complejidad contemporánea. Editorial Universidad de Chile. Santiago de Chile: Chile

Gómez, D., & Barbosa, E. (2022). ¿Es posible el diálogo entre la economía ecológica y la economía solidaria? *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15), 1797-1805. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14052>

Gómez, D., Barbosa, E. & Téllez, C. (2021). Transitions against the Problems of the 21st Century the Ecological Economy. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/32276>.

Gómez, G., & Helmsing, A. (2008). Selective spatial closure and local economic development: What do we learn from the Argentine local currencies? *World Development*, 36(11), 2489-2511. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2008.04.002>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO. (2013). SAFA Guidelines: Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems.FAO. <http://www.fao.org/3/i3957e/i3957e.pdf>

Laville, J. (2016). L'économie sociale et solidaire: Théories, pratiques, débats. Seuil.

Laverde, M., Almanza, C., Gómez, D. & Serrano, C. (2020). El Capital Relacional como Recurso Diferencial y Valioso para las Empresas. *Revista Podium*, 37, 57–70. <https://doi.org/10.31095/podium.2020.37.5>

López, C., Gómez, D., & Santana, L. (2025). Evolución de la administración de empresas: un análisis bibliométrico desde la perspectiva de la dinámica empresarial global. RAN - Revista Academia & Negocios, 11 (1), 1-14. <https://doi.org/10.29393/RAN11-10EALR30010>

Maturana, H., & Varela, F. (1984). El árbol del conocimiento. Editorial Universitaria.

Maldonado, C. (2016). Ciencias de la complejidad: Ciencias sociales y otros campos del saber. Universidad Externado de Colombia.

- Maldonado, C. (2024). Hacia una epistemología de los sistemas complejos: Crítica a la racionalidad lineal. *Foundations of Science*, 29(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10699-023-09930-1>
- Maldonado, C. E. (2022a). Theory of complex problems. *Cinta de Moebio*, 74, 109-120. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2022000200109>
- Maldonado, C. (2022). La biología como ciencia de la complejidad: Una crítica al paradigma neodarwinista. *Journal of Theoretical Biology*, 540, 111023. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2022.111023>
- Maldonado, C. (2021). Las organizaciones inteligentes son organizaciones que saben de complejidad. *Revista Ciencias de la Complejidad*, 2(1), 81-92. <https://doi.org/10.48168/cc012021-008>
- Maldonado, C. (2018). Bioeconomía, Biodesarrollo y civilización. Un mapa de problemas y soluciones. En Epistemologías del Sur para germinar alternativas de desarrollo. Debate entre Enrique Leff, Carlos Maldonado y Horacio Machado (págs. 57-81). Editorial Universidad del Rosario. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvm204ds.5>
- Maldonado, C. (2017). La extraña idea del desarrollo. Genealogía de un concepto. *Pensamiento Americano*, 10(18), 144-160. <http://dx.doi.org/> DOI: <https://doi.org/10.21803/pensam.v10i18.50>
- Maldonado, C. (2016). Ciencias de la complejidad: Ciencias sociales y otros campos del saber. Universidad Externado de Colombia.
- Maldonado, C. (2014a). Biodesarrollo y complejidad. Propuesta de un modelo teórico. En M. Eschenhaguen, Un viaje por las alternativas al desarrollo: perspectivas y propuestas teóricas (71-94). Bogotá: Universidad del Rosario.
- Maldonado, C. (2014b). Epistemología de las ciencias sociales y complejidad. En J. Noguera & C. M. Ríos (Eds.), Cuestiones abiertas en las ciencias sociales (pp. 45-67). Universidad de Barcelona.
- Maldonado, C. E. (2009). La complejidad es un problema, no una cosmovisión. *Revista de Investigaciones*, 9(13), 7-16. <https://revistas.ucm.edu/index.php/revista/article/view/173>
- Martínez, C., Gómez, D., Barbosa, E. & Avellaneda, Z. (2024). Tendencias emergentes: diálogos entre la sostenibilidad ambiental en la gestión de proyectos de innovación social para un futuro sostenible. *Ciencia y Sociedad*, 49(2), 77-87. <https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/3034/3679>
- Miles, M., Huberman, A., & Saldaña, J. (2014). Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook. SAGE.

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International journal of surgery* (London, England), 8(5), 336-341. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007>
- Mukherjee, D., Lim, W. M., Kumar, S., & Donthu, N. (2022). Guidelines for advancing theory and practice through bibliometric research. *Journal of Business Research*, 148, 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.04.042>
- Ostrom, E. (1990). Governing the commons: the evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>
- Paramo, P. (2008). La Investigación en las Ciencias Sociales. Técnicas de recolección de Información. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Pérez de Mendiguren, J. (2013). Economía solidaria. Fundamentos.
- Ramírez, S., Espejo, C., Ramírez, M., Páez, A., & Gómez, D. (2020). Method for vertical accuracy assessment of digital elevation models derived from remote sensing data/Metodología para evaluación de la exactitud posicional vertical de los modelos digitales de elevación derivados de sensores remotos. *Revista Geográfica Venezolana*, 61(1), 100+. <https://link.gale.com/apps/doc/A632560984/IFME?u=anon~a986c53&sid=googleScholar&xid=59a84fe3>
- Rendón, J. & Gómez, D. (2022). Paisaje, territorio y agroindustria. En: Las agrociencias en la dimensión de paisajes sostenibles. En L. Jaramillo (Ed.), Cuadernos de seminario 13. Universidad de la Salle.
- Rodríguez, D. (2025a). Rescuing and socializing ancestral knowledge: the "Guineo Paso" in Aracataca And Ciénaga, Magdalena, Colombia. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 19(4), e011965. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n4-073>
- Rodríguez, D. (2025b). Convergencias y desafíos entre la economía ecológica y el ecofeminismo: Hacia un modelo económico sostenible e inclusivo. *Revista Internacional de Investigación y Estudios Científicos Innovadores*, 8 (2), 499–505. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i2.5201>
- Rodríguez, D. (2024). Perfil metabólico del “Guineo Paso” Aracataca Magdalena Colombia. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18 (10), e08748. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n10-290>
- Rodríguez, D., Laverde, M., & Pérez, E. (2021). Short commercialization circuits in local supply chains: economic revival in the pandemic. *South Asian Journal of Social Studies and Economics*, 12:(2), 1-10. <https://doi.org/10.9734/sajse/2021/v12i230299>

- Rosero, S., & Gómez, D. (2025). Impacto Económico de la Silvicultura en Colombia: Tendencias y Efectos Regionales entre 2013 y 2023. *Revista Economía*, 77(125), 51–65. <https://doi.org/10.29166/economia.v77i125.6992>
- Rushforth, A. (2016). All or nothing? Debating the role of evaluative bibliometrics in the research system. *Research Evaluation*, 25(2), 230-231. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvw004>
- Seeley, T. (2010). Honeybee Democracy. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400835959>
- Speck, O., Speck, D., Horn, R., Gantner, J., & Sedlbauer, K. (2017). Biomimetic bio-inspired biomorph sustainable? An attempt to classify and clarify biology-derived technical developments. *Bioinspiration & Biomimetics*, 12(1), 011004.
- Stabentheiner, A., Kovac, H., & Brodschneider, R. (2010). Honeybee colony thermoregulation: Regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. *PLOS ONE*, 5(1), e8967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008967>
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory. SAGE.
- Vergara, A., Gómez, D., & Barbosa, E. (2025). Innovación tecnológica en la interpretación de riesgos naturales: aplicación de productos fotogramétricos digitales. *Revista GEOGRÁFICA VENEZOLANA*. 66(2),273-289. <https://doi.org/10.53766/RGV/>
- Vincent, J., Bogatyrev, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., & Pahl, A. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.
- Von Frisch, K. (1967). The Dance Language and Orientation of Honey Bees. Harvard University Press.
- Yin, R. K. (2016). Qualitative Research from Start to Finish. Guilford Press.