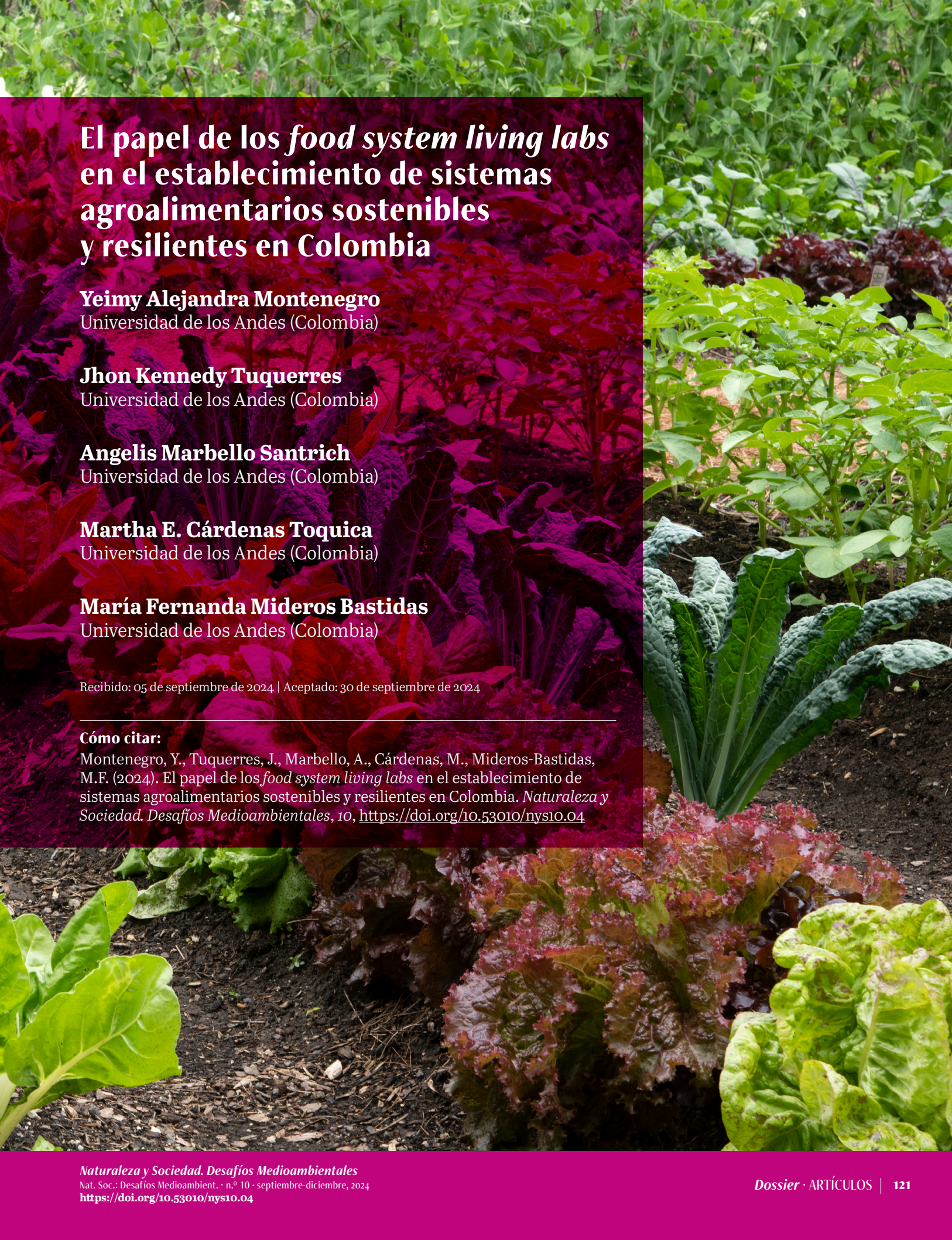




El papel de los *food system living labs* en el establecimiento de sistemas agroalimentarios sostenibles y resilientes en Colombia

Yeimy Alejandra Montenegro
Universidad de los Andes (Colombia)

Jhon Kennedy Tuquerres
Universidad de los Andes (Colombia)

Angelis Marbello Santrich
Universidad de los Andes (Colombia)

Martha E. Cárdenas Toquica
Universidad de los Andes (Colombia)

María Fernanda Mideros Bastidas
Universidad de los Andes (Colombia)

Recibido: 05 de septiembre de 2024 | Aceptado: 30 de septiembre de 2024

Cómo citar:

Montenegro, Y., Tuquerres, J., Marbello, A., Cárdenas, M., Mideros-Bastidas, M.F. (2024). El papel de los *food system living labs* en el establecimiento de sistemas agroalimentarios sostenibles y resilientes en Colombia. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, 10, <https://doi.org/10.53010/nys10.04>

Resumen. Los sistemas agroalimentarios juegan un papel crucial en la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la equidad social. En un contexto global marcado por desafíos como el cambio climático y el crecimiento poblacional, es esencial proponer nuevas metodologías que permitan entender las complejas interconexiones entre los diferentes actores y actividades del sistema alimentario. En este contexto, los *food system living labs* (FSLL) emergen como una estrategia efectiva para generar soluciones alternativas que permitan una transición eficiente a sistemas agroalimentarios resilientes y sostenibles. Esta revisión explora el concepto y relevancia de los *food system living labs*, con un enfoque en su importancia, las innovaciones implementadas, los impactos económicos, sociales y ambientales que generan, así como los desafíos y estrategias exitosas en su implementación. Además, se analizan cuatro aspectos clave para su éxito: i) plataformas de innovación colaborativa; ii) innovación para la sostenibilidad; iii) experimentación en entornos reales; y iv) desarrollo y adopción de nuevas tecnologías. Todo ello en el marco de la participación multisectorial y los procesos de cocreación con actores locales en contextos rurales y urbanos. Finalmente, se propone un modelo para implementación en Colombia.

Palabras clave: innovación, tecnología, comunidades, co-creación, ciencia, sistemas agroalimentarios.

The role of food system living labs in the establishment of sustainable and resilient agrifood systems in Colombia

Abstract. Agrifood systems are crucial in food security, sustainability, and social equity. In a global context marked by challenges such as climate change and population growth, it is essential to propose new methodologies to understand the complex interconnections between the different actors and activities of the food system. In this context, *food system living labs* (FSLL) emerge as an effective strategy to generate alternative solutions that enable an efficient transition to resilient and sustainable agrifood systems. This review explores the concept and relevance of *food system living labs*, focusing on their importance, the innovations implemented, the economic, social, and environmental impacts they generate, and the challenges and successful strategies in their implementation. In addition, it analyzes four key aspects for their success: i) collaborative innovation platforms, ii) innovation for sustainability, iii) experimentation in real environments, and iv) development and adoption of new technologies, all within the framework of multisectoral participation and co-creation processes with local actors in rural and urban contexts. Finally, it proposes a model for implementation in Colombia.

Keywords: innovation, technology, communities, co-creation, science, agrifood systems.

O papel dos *food system living labs* no estabelecimento de sistemas agroalimentares sustentáveis e resilientes na Colômbia

Resumo. Os sistemas agroalimentares desempenham papel crucial na segurança alimentar, na sustentabilidade e na equidade social. Em um contexto global marcado por desafios como as mudanças climáticas e o crescimento populacional, é essencial propor novas metodologias para entender as complexas interconexões entre os diferentes atores e atividades do sistema alimentar. Nesse contexto, os *food system living labs* surgem como uma estratégia eficaz para gerar soluções alternativas para uma transição eficiente para sistemas agroalimentares resilientes e sustentáveis. Esta revisão explora o conceito e a relevância dos *food system living labs*, com foco em sua importância, nas inovações implementadas, nos impactos econômicos, sociais e ambientais que geram, bem como nos desafios e estratégias bem-sucedidas em sua implementação. Além disso, são analisados quatro aspectos fundamentais para seu sucesso: 1) plataformas de inovação colaborativa, 2) inovação para a sustentabilidade, 3) experimentação em ambientes reais e 4) desenvolvimento e adoção de novas tecnologias. Tudo isso dentro da estrutura de participação multissetorial e processos de cocriação com atores locais em contextos rurais e urbanos. Por fim, é proposto um modelo para implementação na Colômbia.

Palavras-chave: inovação, tecnologia, comunidades, cocriação, ciência, sistemas agroalimentares.

Introducción

En un mundo cada vez más holístico, el concepto de *sistemas agroalimentarios* surge como un fundamento esencial para comprender las interconexiones, actividades y actores involucrados en todas las fases de la cadena alimentaria —producción, transformación, distribución, almacenamiento, comercio, consumo y gestión de residuos de alimentos— (Montiel, 2009). Estos sistemas abarcan no solo la agricultura, sino también la ganadería, la silvicultura, la pesca y las industrias alimentarias. Su impacto, desde una perspectiva holística, abarca todas las dimensiones de la seguridad alimentaria, la inclusión social y la equidad, al tiempo que refuerza la sostenibilidad y la resiliencia frente a choques, tensiones y crisis (FAO, 2017). En este escenario, los sistemas agroalimentarios desempeñan un papel crítico en la subsistencia de la humanidad (McGreevy *et al.*, 2022), la salud de las economías nacionales (Sonnino, 2013) y la estabilidad de nuestro planeta (Roversi *et al.*, 2020).

El adecuado entendimiento y funcionamiento de los sistemas agroalimentarios es vital para garantizar un futuro alimentario seguro y equitativo para todos, que permita el acceso a los alimentos adecuados para toda la población en todo momento, contribuyendo así a la garantía progresiva del Derecho Humano a la Alimentación Adecuada (DHAA) (FAO, 2017; Hendriks *et al.*, 2023). Sin embargo, desde la definición de sistemas agroalimentarios, entender la compleja red de relaciones entre los diferentes

eslabones de la cadena de producción requiere abordar aspectos económicos, sociales, institucionales y tecnológicos, y factores individuales que se determinan por los entornos (económico, cognitivo, aspiracional y situacional) y por los diferentes contextos (global, nacional, regional y local) (FAO, 2019a). Por sí sola, esta complejidad requiere enfoques innovadores y colaborativos para asegurar que los sistemas agroalimentarios puedan adaptarse y prosperar en un entorno cambiante, incluyendo la sostenibilidad, la resiliencia y la equidad, y estableciendo una relación entre el alimento, las personas y el planeta como eje fundamental de la seguridad alimentaria (Thomas *et al.*, 2022).

Sumado a esto, los sistemas agroalimentarios deben responder a las condiciones de largo plazo —tendencias globales y nacionales—, como el crecimiento poblacional, la migración, la urbanización, el cambio en los patrones de consumo, globalización y el cambio climático (FAO, 2022; ONU, 2022). Por lo anterior, es necesario garantizar la disponibilidad de alimentos para la población mundial futura que en 2050 alcanzará los 9 700 millones, de los cuales el 15,9 % serán mayores de 65 años (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022). Actualmente, los sistemas agroalimentarios enfrentan desafíos significativos como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad (Kumar *et al.*, 2022), la degradación del suelo (FAO, 2022) y la escasez de recursos hídricos (FAO, 2023). Además, la creciente demanda de alimentos debido al aumento de la población mundial ejerce una presión adicional sobre estos sistemas (Molotoks *et al.*, 2021), exacerbando las dificultades para garantizar la seguridad alimentaria.

La innovación en la agricultura y los sistemas agroalimentarios son entonces factores esenciales para abordar estos desafíos y avanzar hacia una mayor sostenibilidad y resiliencia. Las innovaciones tecnológicas y metodológicas pueden mejorar la eficiencia, productividad y adaptabilidad de estos sistemas, permitiendo una gestión más sostenible de los recursos naturales y una producción alimentaria más segura y eficiente. La adopción de prácticas innovadoras no solo ayuda a mitigar los impactos del cambio climático y otros factores adversos, sino que también promueve el desarrollo de comunidades rurales y mejora la calidad de vida de los agricultores (Lapointe y Guimont, 2015). En este sentido, la innovación no es solo una opción, sino una necesidad para transformar los sistemas agroalimentarios y hacerlos más sostenibles y resistentes a las perturbaciones.

En este contexto, surgen los *living labs* (LL), como una estrategia altamente efectiva para impulsar la innovación en los sistemas agroalimentarios desde un enfoque holístico. Los *living labs* son entornos colaborativos —físicos o virtuales— donde se integran procesos de investigación e innovación con las necesidades reales de las comunidades. Este enfoque centrado en el usuario permite que los involucrados, incluidos agricultores, científicos, empresas y consumidores, trabajen conjuntamente en la cocreación

de soluciones innovadoras. Al probar y validar estas innovaciones en escenarios reales en un contexto local, estos entornos apuntan a que las soluciones desarrolladas sean prácticas y aplicables a los desafíos específicos de los sistemas agroalimentarios. Esta metodología no solo fomenta la adopción de nuevas tecnologías y prácticas, sino que también promueve la participación activa de todos los actores involucrados (Lapointe y Guimont, 2015; Puerari *et al.*, 2018), haciendo de esta una alternativa viable y efectiva para resolver problemas reales y complejos en los sistemas agroalimentarios.

Esta revisión muestra cómo a nivel global, los LL se han implementado con éxito en diversos contextos agroalimentarios, promoviendo la innovación a través de enfoques colaborativos y centrados en el usuario. No obstante, en Latinoamérica, y especialmente en Colombia, hay una notable falta de estudios y documentación sobre su aplicación en los sistemas agroalimentarios. Esta falta de información y estudios limita el entendimiento de su viabilidad y su potencial para abordar los desafíos específicos de sostenibilidad, productividad y resiliencia en estos sistemas. Por tanto, es necesario explorar y analizar su impacto en el contexto de la agricultura colombiana, para poder debatir sobre su aplicación y efectividad.

Con base en lo anterior, considerando la importancia de estos entornos colaborativos y la falta de información al respecto en el contexto colombiano, este estudio tiene como objetivo principal explorar y analizar el concepto, las innovaciones tecnológicas, así como los impactos socioeconómicos y de sostenibilidad de los LL, particularmente en los sistemas agroalimentarios (de aquí en adelante *food system living labs* [FSLL]). Para lograr tal objetivo, esta revisión busca responder las siguientes preguntas de investigación: ¿cuál es la importancia de los *living labs* en el contexto de los sistemas agroalimentarios? ¿Cuáles son las innovaciones y/o tecnologías implementadas en los FSLL que favorecen el desarrollo del sector agroalimentario? ¿Cuáles son los impactos sociales, económicos y de sostenibilidad de los FSLL? Adicionalmente, este estudio también busca contribuir a la identificación de oportunidades y desafíos para la implementación de estas metodologías en Colombia. La adopción de este enfoque podría impulsar la transformación del sistema alimentario colombiano, abordando desafíos locales específicos y aprovechando las lecciones aprendidas globalmente.

Metodología

La presente revisión se fundamenta en una exhaustiva búsqueda bibliográfica realizada el 26 de junio de 2024 en la base de datos *Web of Science* (WoS) debido a su relevancia y reconocimiento dentro de la comunidad científica y académica, por ser una de las bases de datos multidisciplinarias más antiguas y prestigiosas (Birkle *et al.*, 2020; Clarivate, 2024). Así pues, en el contexto de esta revisión, WoS se consideró especialmente adecuada para analizar innovaciones, tecnologías, impactos y procesos de cocreación

asociados a los *food system living labs*, dada su capacidad para recopilar publicaciones de alto impacto y relevancia en temas de innovación y desarrollo sostenible. Para la búsqueda en WoS se emplearon las siguientes cadenas de búsqueda: [*“Living Lab” AND (agri* OR agro*)*] y [*“Living Lab” AND (agri* OR agro*) AND (innovation* OR “economic impact” OR “social impact” OR sustainab* OR techno* OR agri-tech* OR agtech* OR co-creat* OR creat*)*]. Estas cadenas fueron diseñadas para identificar los artículos más relevantes sobre el concepto de *living labs* en el contexto agrícola y agroalimentario, y a su vez, asegurar la cobertura de temas relacionados con la innovación, las tecnologías, la sostenibilidad y los impactos económicos y sociales. De esta forma, se logró capturar una diversidad de perspectivas y estudios que enriquecen el análisis del estado del arte en torno a los FSL.

El proceso de selección de artículos se realizó mediante una serie de criterios de inclusión y exclusión que permitieron automatizar el filtrado de los datos. En primera instancia, se aplicó un filtro de idioma, seleccionando únicamente artículos en inglés y español. Posteriormente, se refinó la búsqueda por tipo de documento, excluyendo las categorías de *“Proceeding Paper”*, *“Retracted Publication”*, *“Correction”*, *“Letter”*, *“Editorial Material”*, *“Meeting Abstract”*, *“News Item”*, *“Retraction”*, *“Database Review”*, *“Book Review”*, *“Reprint”*, *“Early Access”* y *“Data Paper”*. Esta estrategia de filtrado permitió centrar el análisis en estudios primarios revisados por pares, optimizando la relevancia de la información para los objetivos de la revisión. A continuación, se procedió a la eliminación de duplicados mediante la comparación de los campos de autor y título. Para garantizar la pertinencia temática, se verificó la presencia de los términos *“living lab”* o *“living labs”* en conjunción con palabras que comenzaran con los prefijos *“agri*”* o *“agro*”* en el título, resumen o palabras clave de los artículos. Este paso fue crucial para asegurar la contextualización del término *living lab* dentro de los sistemas agroalimentarios.

Se debe tener en cuenta que la revisión no incluyó como criterio para el filtrado el año de publicación o los países, ya que se pretendía obtener una visión integral y diversa sobre el desarrollo de los LL en diferentes contextos y momentos. Esto permitió identificar tendencias, aprendizajes y enfoques a nivel global, para lograr una visión más holística. Además, la revisión busca comprender el panorama global de estos laboratorios para luego compararlo con el contexto colombiano, identificando similitudes, diferencias y oportunidades de adaptación.

Finalmente, se llevó a cabo una revisión manual de títulos y resúmenes para determinar la relevancia de los artículos restantes en relación con los objetivos de investigación establecidos. Esta revisión manual permitió seleccionar aquellos artículos que aportaban información relevante y de calidad para la revisión, los resultados de cada uno de estos pasos junto con la cantidad de artículos se presentan en Figura 1.

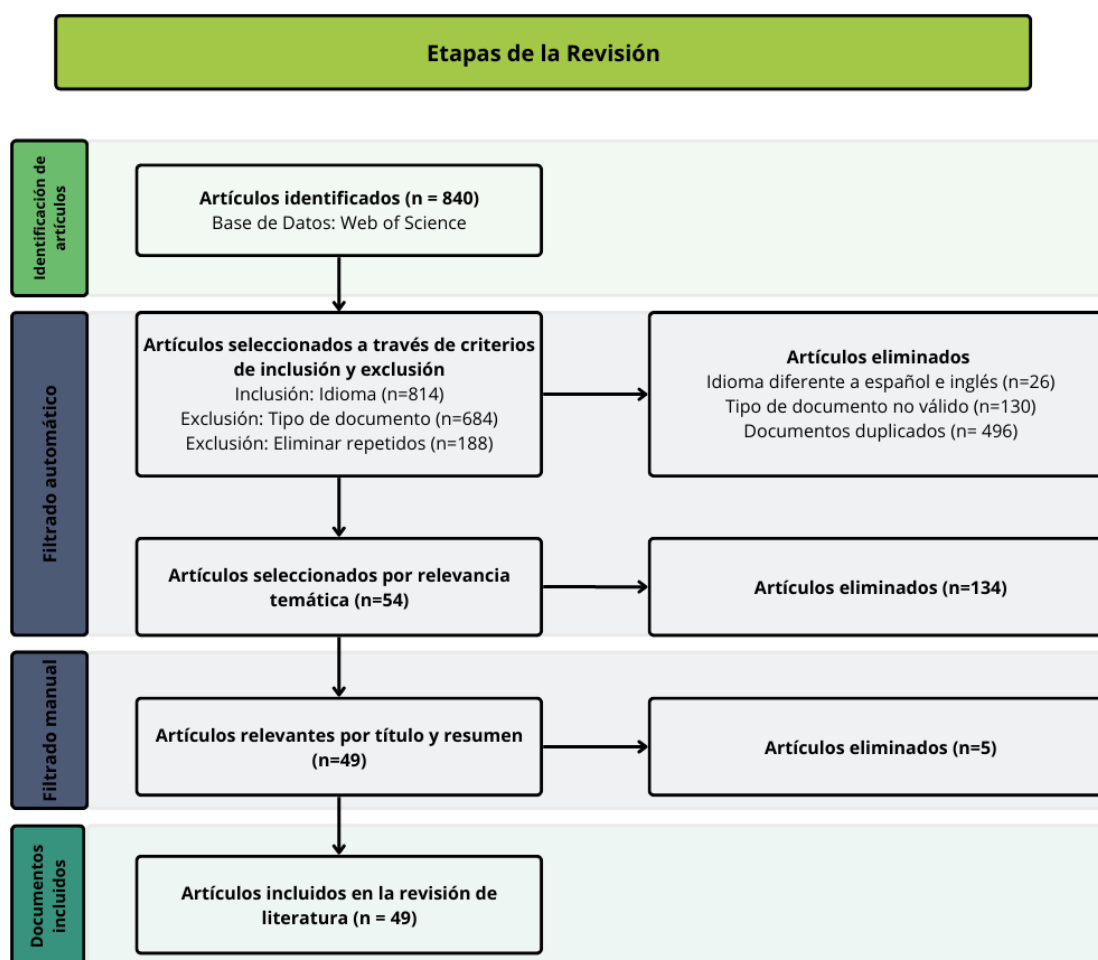


Figura 1. Diagrama de flujo de las etapas de la revisión. *Fuente:* elaboración propia.

En la etapa de identificación de artículos para la revisión de literatura se encontraron un total de 840 artículos asociados a las cadenas de búsqueda presentadas anteriormente. Tras aplicar filtros automáticos, se redujo la cantidad a 54 artículos. Luego de una revisión manual de títulos y resúmenes, se seleccionaron 49 artículos para revisión completa y el análisis correspondiente respecto a los objetivos planteados.

Metodología de análisis cualitativo

El análisis cualitativo de la revisión de la literatura de los 49 artículos seleccionados se llevó a cabo en varias etapas. En primer lugar, se analizaron los metadatos asociados a cada artículo, lo que permitió realizar un análisis de las métricas generales. Este proceso incluyó la elaboración de distribuciones temporales de las publicaciones, la identificación de autores prolíficos, la categorización de áreas de investigación y la clasificación de tipos de publicaciones. Adicionalmente, se generó una nube de palabras utilizando las 50 palabras clave más frecuentes, lo que facilitó la visualización de los

conceptos predominantes en el corpus analizado. Asimismo, se crearon representaciones gráficas, incluyendo un mapa y un diagrama de barras, para ilustrar la distribución geográfica de las publicaciones y destacar los países con mayor producción científica en el área. Estas gráficas se realizaron identificando el número de publicaciones en los que se ha reportado la implementación de LL por país.

Posteriormente, se procedió a analizar en profundidad los resúmenes y los textos completos. Esto condujo a la identificación de cuatro categorías temáticas principales en las que se clasificaban los *living labs*: (1) como plataformas de innovación colaborativa, (2) enfocados en la innovación para la sostenibilidad, (3) centrados en la innovación a través de la experimentación en entornos reales y (4) orientados a la innovación mediante el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías. Esta categorización permitió una mejor comprensión de los enfoques y aportes específicos de cada publicación al tema.

Resultados

Revisión de literatura

Los resultados del filtrado arrojaron 49 artículos publicados desde 2010 hasta 2024. Estos muestran un considerable incremento de publicaciones desde el 2021, con un pico notable en el número de publicaciones en los años 2022 y 2023. En total se reportan 317 autores relacionados con la temática, dentro de los cuales solo un autor registra más de dos publicaciones, siendo más frecuentes aquellos autores con una o dos publicaciones relacionadas. La Figura 2 (recuadro b) presenta los 15 autores más representativos en esta revisión. En cuanto a las áreas de investigación (Figura 2c), se identificaron tres campos predominantes: Ciencias Ambientales y Ecología (Ecociencias) (n=26), Ciencia y Tecnología (CyT) (n=19), y Agricultura (n=12). Estas disciplinas representan las principales áreas hacia las que se enfoca el concepto de *living labs* y son acordes con los objetivos de esta revisión. Adicionalmente, la distribución por tipo de publicaciones (Figura 2d) evidencia un mayor número de investigaciones primarias o estudios directos sobre *living labs* (n=44) respecto a trabajos de revisión (n=5).

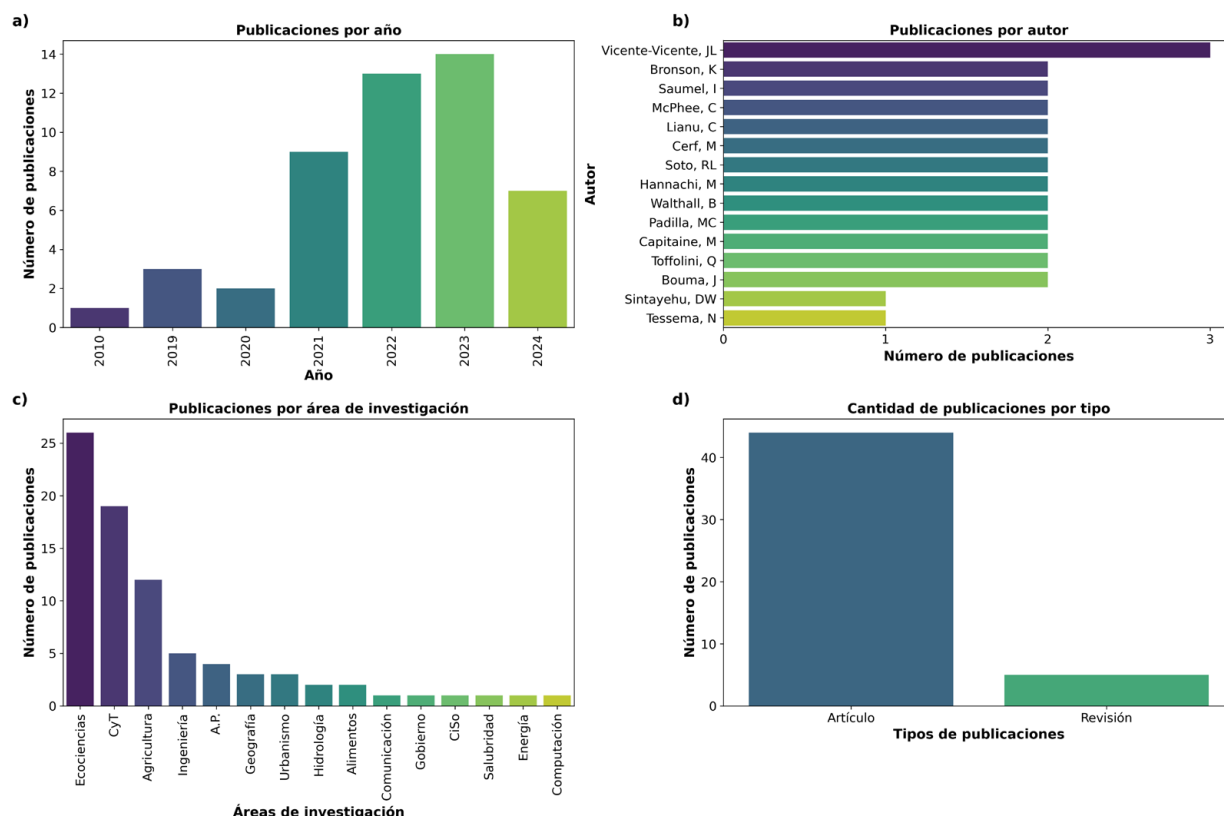


Figura 2. Métricas de la revisión de literatura asociada a *living labs*. a) número de publicaciones por año; b) 15 autores con mayor representación dentro de la revisión; c) áreas de investigación asociadas a las publicaciones de la revisión; y d) tipos de publicaciones en la revisión. *Fuente:* elaboración propia.

Continuando con el análisis de los metadatos, se construyó la nube de palabras a partir de las palabras claves reportadas por los autores en cada publicación o estudio analizado (Figura 3). Los resultados muestran una alta diversidad temática asociada a los LL, siendo las palabras más frecuentes: *innovación*, *alimento*, *agricultura*, *urbano*, *sostenibilidad*, *investigación*, *creación*, *participativo*, *transformación* y *sistemas*. Esto muestra cómo los *living labs* se asocian con temáticas sistémicas técnicas, sociales y ambientales.



Figura 3. Nube de palabras construida a partir de las 50 palabras más representativas en cada publicación analizada. *Fuente:* elaboración propia.

Por otra parte, los resultados de la distribución geográfica de las publicaciones muestran que Francia es el país con mayor número de reportes ($n=10$), seguido de los Países Bajos y España ($n=8$) (Figura 4b). Esto se puede atribuir a las prácticas de investigación e innovación ampliamente fomentadas en Europa por sus políticas de innovación (Toffolini *et al.*, 2023). Fuera de Europa, Canadá se destaca como el país con mayor número de reportes ($n=4$), resultado de un incremento significativo de LL en los últimos años (Bagoudou Labo *et al.*, 2024). Por el contrario, América del Sur muestra un bajo reporte de publicaciones al respecto, con solo un caso identificado en Brasil.

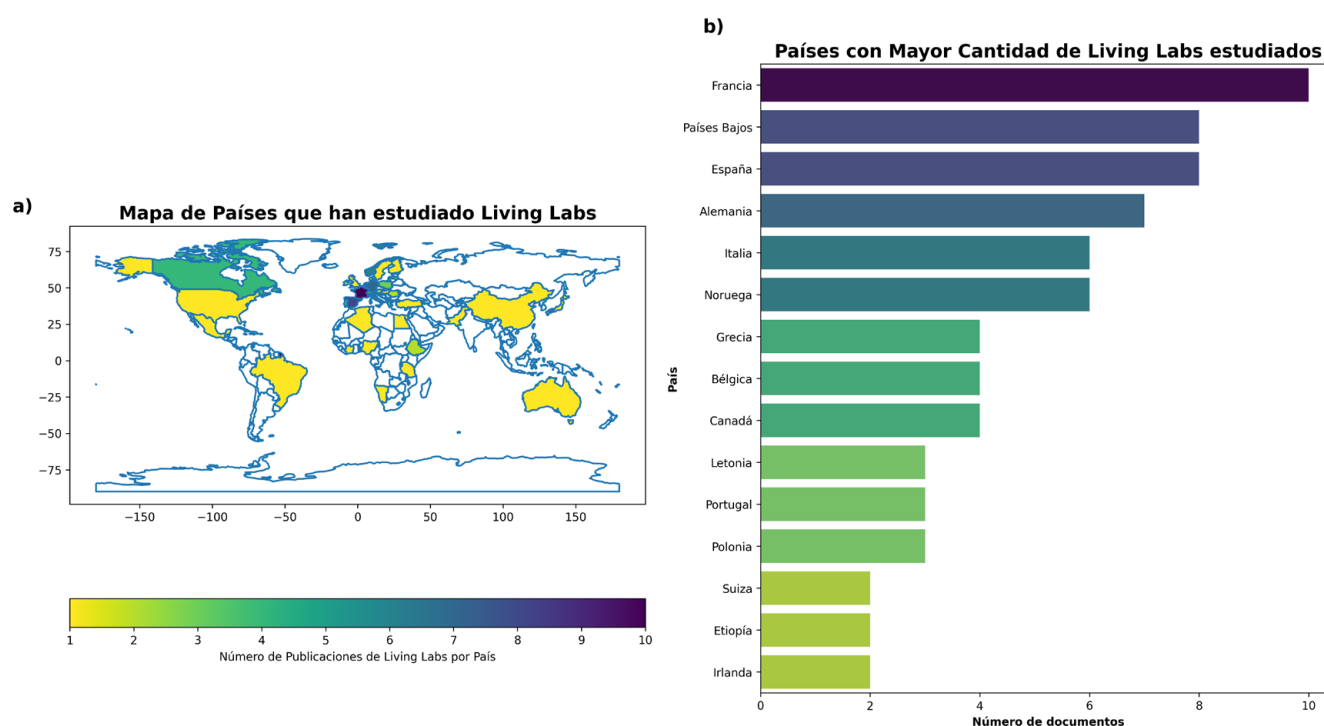


Figura 4. Distribución geográfica de las publicaciones relacionadas con *living labs*. a) Número de publicaciones relacionadas con *living labs* por país; b) número de documentos por país (primeros 15 países) con mayor reporte de *living labs*. Fuente: elaboración propia.

Concepto y definición de los *living labs*

El concepto de *living lab* ha sido definido de múltiples maneras en la literatura (Hossain *et al.*, 2019; Leminen y Westerlund, 2019; Lie *et al.*, 2023), reflejando la diversidad de enfoques y aplicaciones en diferentes contextos. Este concepto aparece por primera vez cuando Bajgier *et al.* (1991) introdujeron a un grupo de estudiantes a la investigación operativa comunitaria utilizando un barrio de Filadelfia como un LL. Sin embargo, fue hasta el 2006 que ganó relevancia en el contexto académico, cuando la Comisión Europea lanzó una iniciativa para promover y coordinar un sistema común europeo de innovación basado en *living labs* (European Commission, 2008). Esta iniciativa surgió

ante la cooperación entre sectores público y privado, la academia y los ciudadanos para desarrollar procesos de innovación de manera más abierta y participativa, a diferencia de la innovación tradicional, mayormente confinada a laboratorios y centros de investigación controlados por expertos y profesionales, por lo que los usuarios finales y otros actores relevantes no tenían un papel activo en el desarrollo de nuevos productos o servicios, y muchas innovaciones no respondían adecuadamente a las necesidades reales del mercado o de la sociedad (Von Hippel, 2005).

Los *living labs* se distinguen de los laboratorios tradicionales y los centros de investigación por su enfoque abierto, colaborativo y centrado en el usuario a la hora de abordar los retos y desarrollar e implementar las soluciones. Una de las definiciones más utilizadas es la proporcionada por la *European Network of Living Labs* (ENoLL, 2024), que los describe como “ecosistemas de innovación abierta en entornos de la vida real que utilizan procesos de retroalimentación iterativa a lo largo del ciclo de vida de una innovación para crear un impacto sostenible”.

Un ejemplo ilustrativo del concepto es *The Library Living Lab* en Barcelona. Este proyecto creó un espacio de innovación abierta en las bibliotecas públicas para desarrollar y probar nuevas tecnologías y servicios destinados a mejorar la experiencia del usuario y la eficiencia operativa. Antes, las innovaciones en las bibliotecas públicas de España provenían de centros de investigación y departamentos gubernamentales, que a menudo no lograban adaptabilidad (Vilariño y Karatzas, 2018). Esta iniciativa transformó la biblioteca pública de Miquel Batllori en un espacio de cocreación, donde usuarios, bibliotecarios, empresas tecnológicas y autoridades colaboraron en el desarrollo de soluciones innovadoras como aplicaciones móviles para la gestión de préstamos, sistemas inteligentes de catalogación y servicios interactivos. Estas soluciones, probadas y ajustadas en entornos reales, permitieron una mayor eficiencia operativa y una experiencia de usuario mejorada de manera más rápida y efectiva, así como la flexibilidad y la capacidad de adaptación facilitaron la creación de soluciones más prácticas y aceptadas por la comunidad local.

***Living labs* en los sistemas agroalimentarios (*food system living labs*)**

Como se mencionó, el sector agroalimentario es fundamental para la economía y para garantizar la seguridad alimentaria global. Sin embargo, enfrenta varios desafíos que afectan su sostenibilidad y eficiencia, entre los que se encuentran los desafíos ambientales, con problemas como el cambio climático, que impacta negativamente la producción agrícola (Nelson *et al.*, 2014); la degradación del suelo debido a la sobreexplotación y el uso intensivo de químicos (Jie *et al.*, 2002); y el consumo excesivo de agua, que ejerce presión sobre los recursos hídricos. Sumado a esto, un alto porcentaje de alimentos se pierde en

las etapas de cosecha, almacenamiento y distribución (FAO Colombia, 2019). En términos de seguridad alimentaria y nutricional, existen barreras que impiden el acceso equitativo a alimentos nutritivos (Drewnowski, 2022; Mbow *et al.*, 2019), siendo la contaminación y las prácticas inadecuadas de manejo factores que afectan su calidad y seguridad (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition [HLPE-FSN], 2023).

En cuanto a la legislación, la falta de políticas efectivas y marcos de gobernanza pueden obstaculizar los procesos de transformación necesarios en los sistemas agroalimentarios, limitando la capacidad de respuesta a los desafíos actuales (Le Coq *et al.*, 2021). Asimismo, las desigualdades económicas limitan el acceso de los pequeños agricultores a mercados, y las tecnologías afectan la eficiencia y productividad de los sistemas agroalimentarios (FAO, 2013). Este factor representa un reto adicional para la sostenibilidad y competitividad del sector (Béné *et al.*, 2019).

Resolver estos desafíos requieren de soluciones innovadoras y sostenibles, lo que convierte a los *living labs* en una de las estrategias más prometedoras en el campo de la innovación agroalimentaria. Estos laboratorios han emergido como una alternativa de innovación en sí mismos, como modelos basados en la cocreación y colaboración entre diversos actores, incluyendo universidades, industrias, gobiernos y comunidades. Su enfoque interdisciplinario y centrado en el usuario permite abordar problemas complejos en entornos reales, promoviendo soluciones sostenibles y adaptables. De esta forma, se facilita la integración de diferentes perspectivas y conocimientos, fomentando un aprendizaje continuo y una innovación más efectiva y responsable (Lie *et al.*, 2023). Así, los FSLP pueden tener múltiples enfoques. Como se mencionó, esta revisión propone una clasificación en cuatro categorías distintivas, que reflejan los puntos de acción característicos:

- *Living labs* como plataformas de innovación colaborativa
- *Living labs* enfocados en la innovación para la sostenibilidad
- *Living labs* centrados en la innovación a través de la experimentación en entornos reales
- *Living labs* orientados a la innovación mediante el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías

Es importante destacar que el análisis cualitativo revela tendencias predominantes en cuanto al enfoque, aunque algunos pueden exhibir características de múltiples categorías. La Figura 5 muestra la distribución por categoría predominante. Esto subraya la versatilidad de los LL como herramientas de innovación, capaces de abordar desafíos complejos desde múltiples perspectivas. A continuación, se examina en detalle cada una de estas categorías, explorando sus características distintivas y sus aplicaciones específicas en el contexto de la innovación.

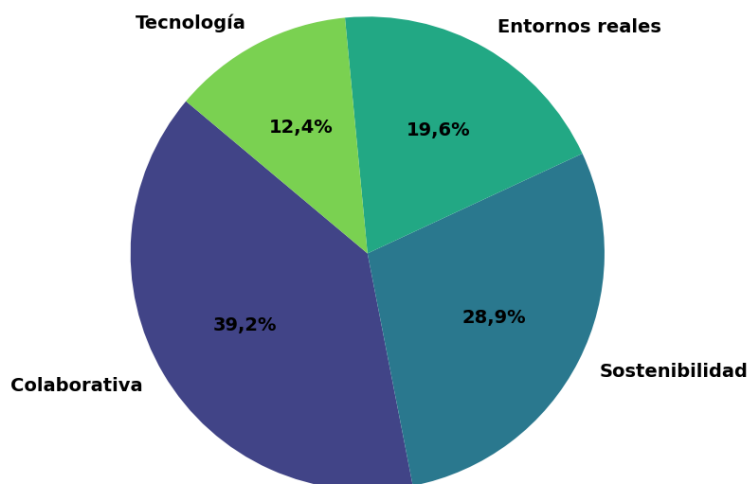


Figura 5. Distribución de categorías de innovación encontradas en la revisión. *Fuente:* elaboración propia.

***Living labs* como plataformas de innovación colaborativa**

Para entender el rol de la innovación y su papel en los *living labs*, es importante empezar por la definición del concepto de innovación. En esta revisión, la innovación se define como un “proceso, resultado o forma de pensar”. Como proceso, implica la organización y ejecución de la creación de nuevas ideas, productos o métodos con el objetivo de mejorar la eficacia, competitividad y sostenibilidad de una organización o comunidad. Como resultado, introduce novedades, como productos, servicios, procesos, modelos de negocio o estructuras organizacionales. Finalmente, en tanto forma de pensar, subraya la importancia de una cultura organizacional que fomente la interdisciplinariedad y la disposición para adoptar nuevas formas de pensamiento y acción (Kahn, 2018). Independientemente de la perspectiva, la innovación se caracteriza por la introducción de comportamientos nuevos o modificados que resuelven problemas de manera novedosa y eficiente (Carr *et al.*, 2016).

En el caso específico del sector agroalimentario, la FAO definió la innovación como

el proceso por el que las personas u organizaciones introducen por primera vez en un determinado contexto el uso de productos, procesos o formas de organización nuevos o existentes con el fin de aumentar la eficacia, la competitividad, la resiliencia ante las perturbaciones o la sostenibilidad medioambiental, favoreciendo así la seguridad alimentaria y la nutrición, el desarrollo económico o la ordenación sostenible de los recursos naturales (FAO, 2019b).

Dada la amplitud de tipos de innovaciones, en el caso de los sistemas agroalimentarios, estas pueden ser aplicadas a lo largo de todos los eslabones de la cadena alimentaria. Desde la producción agrícola con la introducción de nuevas tecnologías y prácticas

sostenibles, pasando por la transformación y procesamiento de alimentos con mejoras en eficiencia y calidad, hasta la distribución y comercialización mediante modelos de negocio innovadores y estrategias de marketing digital, y culminando en el consumo con la adopción de hábitos alimentarios más conscientes y saludables. Asimismo, la innovación se extiende a la gestión de residuos, lo que promueve la economía circular mediante el reciclaje, la reducción del desperdicio alimentario y la valorización de subproductos (Calafat-Marzal *et al.*, 2023). Esta transversalidad de la innovación permite optimizar cada etapa de la cadena, mejorando la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia del sistema agroalimentario en su conjunto. Para asegurar que la implementación de innovaciones y tecnologías emergentes en los sistemas agroalimentarios sea efectiva y sostenible, es crucial seguir una estructura que facilite su adopción y transformación. Esta estructura debe enfocarse en mejorar la eficiencia, resiliencia, inclusividad y sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Según el informe de la FAO y CIRAD liderado por Alexandrova-Stefanova *et al.* (2023) para la adopción e implementación de innovaciones y tecnologías se deben seguir varios pasos clave: (1) realizar una exploración exhaustiva para identificar tecnologías emergentes mediante la revisión de literatura científica, entrevistas con expertos y encuestas Delphi; (2) evaluar el impacto potencial y la madurez de estas tecnologías, analizando su capacidad para abordar desafíos específicos; (3) construir escenarios futuros contrastantes que describan las condiciones de entrega de estas tecnologías; (4) consultar y colaborar con partes interesadas a través de talleres de interacción para refinar escenarios y desarrollar hipótesis de futuro; (5) desarrollar opciones estratégicas para la planificación a largo plazo, incluyendo inversiones, incentivos, programas de investigación y políticas de innovación mediante sesiones participativas; y finalmente (6) implementar y monitorear las políticas y estrategias desarrolladas, evaluando su efectividad y ajustando según sea necesario para responder a nuevos desafíos y oportunidades.

Entre algunas de las innovaciones que se plantean en el mismo informe para abordar los desafíos que enfrentan los sistemas agroalimentarios se encuentran la biotecnología, soluciones basadas en la naturaleza, sistemas de información geográfica (SIG), inteligencia artificial y fuentes alternativas de energía, entre otras.

***Living labs* enfocados en la innovación para la sostenibilidad**

Los *living labs* se han consolidado como innovaciones metodológicas cruciales para mejorar la sostenibilidad en diversos ámbitos, ofreciendo un enfoque integral que abarca las dimensiones ambiental, social y económica. Su eficacia radica en la capacidad de generar estrategias y soluciones contextualizadas. Por ejemplo, en el sector agrícola, han facilitado el estudio de prácticas sostenibles como el empleo de sistemas agrosilvopastoriles en la región mediterránea y han generado recomendaciones

para una agricultura más sostenible en contextos específicos, como el caso de Polonia (Dubeuf *et al.*, 2023; Wieliczko y Floriańczyk, 2022). Asimismo, han impulsado la búsqueda de soluciones basadas en la naturaleza, como demuestra el proyecto de acuaponía descentralizada en zonas rurales desfavorecidas (Yahya *et al.*, 2023).

Adicionalmente, han demostrado su eficacia en diversos contextos del sector agroalimentario. Su aplicación abarca desde la evaluación de prácticas agrícolas innovadoras hasta la transformación de sistemas alimentarios completos. Por ejemplo, está demostrado que son plataformas efectivas para la cocreación de conocimiento y el fortalecimiento de redes en torno a prácticas agrícolas regenerativas mediante la participación de agricultores en procesos de monitoreo y evaluación visual del suelo (Luján Soto *et al.*, 2021). En el ámbito de la agricultura sostenible, los LL han contribuido a generar estrategias para optimizar la producción y el consumo de alimentos orgánicos, como se evidencia en el caso de la región de Vestfold en Noruega (Hvitsand *et al.*, 2022). También han sido fundamentales en el desarrollo y aplicación de principios agroecológicos en el contexto de centros de innovación (Lianu *et al.*, 2023).

Respecto a otros enfoques de sostenibilidad, en el ámbito de la gestión hídrica, los LL han demostrado su utilidad para desarrollar recomendaciones políticas y mejorar la gobernanza del agua, como se evidencia en el proyecto Water for Tomorrow y en las iniciativas de reutilización de agua en Namibia (Alamanos *et al.*, 2022; Frick-Trzebitzky *et al.*, 2022). Además, han sido fundamentales en el desarrollo de técnicas innovadoras de monitoreo y evaluación de servicios ecosistémicos, contribuyendo así al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y a la evaluación del desarrollo sostenible en sistemas de uso de la tierra (Bouma, 2022; Bouma *et al.*, 2022). Estos ejemplos ilustran cómo los *living labs* se han convertido en catalizadores de innovación y sostenibilidad, ofreciendo un enfoque participativo y adaptativo para abordar los desafíos ambientales y socioeconómicos contemporáneos.

***Living labs* centrados en la innovación a través de la experimentación en entornos reales**

Los LL se destacan como innovaciones debido a su capacidad única para realizar pruebas y experimentos en entornos reales, lo que genera gran valor en la investigación aplicada y el desarrollo de soluciones prácticas. Esta característica permite a los investigadores y desarrolladores evaluar la eficacia y la viabilidad de sus propuestas en condiciones auténticas, facilitando una transición más fluida desde la teoría hasta la implementación práctica. Por ejemplo, en el ámbito de la construcción sostenible en Australia, permitieron la experimentación a gran escala con la inyección de dióxido de carbono en agregados reciclados para mejorar el hormigón, realizando pruebas de resistencia a la compresión en un contexto agropecuario real (Tam *et al.*, 2021). En el ámbito

de la agricultura de precisión, se ha desarrollado y evaluado exitosamente un robot para eliminar malas hierbas en Pakistán, demostrando la eficacia de esta tecnología en condiciones reales (Hussain *et al.*, 2023). Además, iniciativas como el *Living Lab SAMSax* han avanzado hacia una economía circular mediante tecnologías de fabricación aditiva, impulsando la creación de materiales sostenibles (Berkemeier *et al.*, 2024). Asimismo, su implementación agroecológica ha facilitado la investigación participativa y la experimentación a largo plazo para diseñar sistemas alimentarios locales sostenibles, como evidenciado en los experimentos de agroforestería orgánica (Ciaccia *et al.*, 2021).

En el contexto urbano, los LL han facilitado la transformación de espacios abandonados en áreas verdes mediante soluciones basadas en la naturaleza, como se observa en el caso de Turín (Dogan *et al.*, 2023), y han permitido desarrollar metodologías para la distribución óptima de centros alimentarios en ciudades como Berlín (Klebl *et al.*, 2022). En términos de investigación en entornos reales, han sido fundamentales para estudiar la sostenibilidad agrícola y la gestión de recursos como el suelo y el agua. Ejemplos incluyen la investigación sobre la captura de carbono en suelos agrícolas y la evaluación de soluciones naturales para mitigar sequías en regiones como el este de Etiopía (Midwood *et al.*, 2020; Sintayehu *et al.*, 2023). Estos ejemplos ilustran cómo los *living labs*, al proporcionar un entorno de prueba realista, facilitan la innovación, la validación de conceptos y la implementación de soluciones sostenibles en diversos campos, desde la agricultura hasta la planificación urbana.

***Living labs* orientados a la innovación mediante el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías.**

Los entornos colaborativos de los *living labs* permiten reunir a múltiples actores para abordar desafíos específicos y desarrollar soluciones tecnológicas adaptadas a las condiciones locales. En el ámbito de la agricultura digital han demostrado ser fundamentales para la implementación de tecnologías avanzadas en diversos subsectores. Por ejemplo, en la ganadería, la agricultura y la producción vinícola han permitido la identificación de problemas específicos y la adaptación de soluciones tecnológicas existentes o el diseño de nuevas alternativas digitales (Bellon-Maurel *et al.*, 2023). Asimismo, estos escenarios han facilitado la integración de datos provenientes de múltiples fuentes, como imágenes satelitales, monitores de campo y sensores *in situ*, para desarrollar modelos basados en inteligencia artificial que apoyan la toma de decisiones de los agricultores (Gardezi *et al.*, 2024). Por otro lado, proyectos como LANDSUPPORT han demostrado la importancia de integrar herramientas web-GIS, datos satelitales y en tiempo real, y modelado avanzado para apoyar la planificación y gestión sostenible de la agricultura (Terribile *et al.*, 2024).

Por su parte, en el contexto urbano, los LL han sido fundamentales en la adopción de tecnologías de compostaje (Torrijos *et al.*, 2021), en el desarrollo de soluciones para el manejo eficiente de recursos en agricultura urbana (Yan y Roggema, 2019) y en la implementación de *Edible City Solutions*, que incluyen sistemas de riego por goteo y técnicas de horticultura urbana, entre otras (Säumel *et al.*, 2019). Estos ejemplos, en su conjunto, ilustran cómo los *living labs*, al proporcionar un entorno de prueba y colaboración realista, aceleran la adopción de nuevas tecnologías y prácticas. De este modo, facilitan la transición hacia sistemas agroalimentarios más innovadores y sostenibles, abarcando desde la agricultura de precisión en entornos rurales hasta soluciones tecnológicas para la agricultura urbana. Así mismo, su versatilidad en la integración de diversas tecnologías y enfoques los convierte en catalizadores esenciales para la innovación en el sector agroalimentario.

¿Cómo los *living labs* son espacios de participación multisectorial y procesos de cocreación?

Los LL representan un modelo ejemplar de innovación colaborativa en el contexto de los sistemas agroalimentarios y el desarrollo rural sostenible. Dos aspectos fundamentales caracterizan a estos espacios de experimentación: la participación multisectorial y los procesos de cocreación. En primer lugar, fomentan la colaboración sinérgica entre diversos actores, incluyendo agricultores, investigadores, empresas y consumidores, lo que permite una comprensión holística de las problemáticas y la generación de soluciones integrales. Esta diversidad de perspectivas es crucial, ya que el éxito en la adopción de innovaciones y tecnologías depende en gran medida de la inclusión y consideración de las necesidades, capacidades y experiencias de todos los involucrados. En segundo lugar, se distinguen por sus metodologías de cocreación, las cuales, según Busse *et al.*, (2023), se manifiestan en dos aproximaciones principales: la intervención directa para proponer soluciones prácticas que transformen los sistemas agroalimentarios, y el codiseño de agendas de investigación transformativas. Estas metodologías cocreativas generan un ambiente de confianza que estimula a los participantes a ser propositivos e innovadores, y a trascender sus zonas de confort, fomentando así la generación de ideas disruptivas y soluciones adaptadas al contexto local (Massari *et al.*, 2023).

Además, los *living labs* se han empleado como espacios efectivos de comunidades de práctica que han demostrado su potencial para impulsar transformaciones más amplias en los sistemas agroalimentarios (Erisman *et al.*, 2024). Por otra parte, incentivan la colaboración entre los diferentes involucrados e impulsan la creatividad de la comunidad (Berberi *et al.*, 2023; Berkemeier *et al.*, 2024; Dogan *et al.*, 2023). La cocreatividad, como señalan Massari *et al.* (2023), es un elemento clave para impulsar el cambio social y la sostenibilidad en los sistemas agroalimentarios. De igual forma, los LL

generan conocimiento y crean redes entre los participantes (McPhee *et al.*, 2021; Toffolini *et al.*, 2021), mejorando el patrimonio cultural a través de los procesos de cocreación (Berberi *et al.*, 2023). En el ámbito urbano, han sido instrumentales en la construcción de redes alimentarias efectivas, como se observa en el proyecto FOODLINK en el área metropolitana de Lisboa (Oliveira, 2022).

Impactos sociales, económicos y de sostenibilidad en los *living labs*

Con relación a los impactos sociales de los *living labs* en sistemas agroalimentarios, se pueden resaltar la participación comunitaria, la capacitación, el empoderamiento y la inclusión. Estos espacios fomentan la participación activa de agricultores, investigadores, instituciones y comunidades locales en el proceso de innovación, promoviendo la colaboración y el intercambio de conocimientos entre diferentes actores. A través de estos procesos, el reconocimiento de los bienes comunes, tangibles e intangibles, permite considerar la acción colectiva en la gobernanza de estos recursos compartidos, destacando la capacidad que poseen las comunidades para de manera conjunta proponer y poner a prueba soluciones ajustadas a los problemas locales (Gamache *et al.*, 2020).

La implementación de tecnologías y prácticas innovadoras en los sistemas agroalimentarios a través de LL requiere de procesos de capacitación a los agricultores, para brindarles nuevas habilidades y conocimientos con el fin de mejorar sus prácticas agrícolas y su resiliencia frente a los desafíos del sector. Este es el caso de una iniciativa en Rumania que busca impulsar la transición hacia prácticas agroecológicas. En este escenario, se identificó que los agricultores más informados y capacitados son los que han avanzado más en el proceso de adopción de prácticas agrícolas sostenibles (Lianu *et al.*, 2023). De igual forma, en Costa de Marfil, en la cadena del cacao (Pinardi *et al.*, 2023), y en Namibia, en el caso de la gobernanza del agua (Frick- Trzebitzky *et al.*, 2022), se reportó que la formación y capacitación fueron indispensables para lograr con éxito la transición a una agricultura sostenible. Por otro lado, la necesidad de procesos educativos o formativos en la implementación de estos espacios de innovación no está restringida a las áreas rurales. En los ambientes urbanos, donde también se acude a estas iniciativas para fomentar las actividades agrícolas, las capacitaciones resultan igualmente relevantes (Torrijos *et al.*, 2021).

En términos de empoderamiento e inclusión, el proceso de cocreación inherente a los *living labs*, genera un sentido de pertenencia debido a la sensación de ser parte de la solución propuesta (Berberi *et al.*, 2023; Möck y Feindt, 2024; Rowan y Casey, 2021). De igual forma, son varios los estudios que demuestran el fomento de la inclusión de diferentes grupos de interés en la toma de decisiones y la cocreación de soluciones, promoviendo la diversidad y la equidad en el sector agroalimentario (Dogan *et al.*, 2023; Pinardi *et al.*, 2023).

En el ámbito económico, son iniciativas que impulsan el desarrollo de las zonas rurales (García-Llorente *et al.*, 2019) y promueven la diversificación de la economía (Berberi *et al.*, 2023), implementando tecnologías innovadoras que buscan ser soluciones rentables y eficientes, que pueden llegar a ser menos intensivas en mano de obra en comparación con las técnicas tradicionales (Hussain *et al.*, 2023). De igual forma, se trabaja alrededor de los alimentos para fomentar la economía circular (Dogan *et al.*, 2023), a través, por ejemplo, del reciclaje de residuos orgánicos e inorgánicos y la generación de nuevos objetos de alto valor usando impresión 3D (Berkemeier *et al.*, 2024), así como el desarrollo de sistemas de compostaje en huertas universitarias que permiten reutilizar los desperdicios de los comedores de estas instituciones (Torrijos *et al.*, 2021). Así mismo, se promueve el uso sostenible de los recursos biológicos renovables, impulsando la economía local a partir de la bioeconomía, para la producción de alimentos (Rowan y Casey, 2021), como es el caso de la gestión del agua y la reutilización del agua tratada en Namibia, África (Frick-Trzebitzky *et al.*, 2022).

En términos de sostenibilidad ambiental, contribuyen a la sostenibilidad agrícola al promover la resiliencia en agricultura y los sistemas agroalimentarios e impulsar la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, que conservan y aumentan la biodiversidad a través de sistemas agrícolas rentables y amigables con el medio ambiente (McPhee *et al.*, 2021). Además, se generan procesos de gobernanza adaptativa y de coaprendizaje para transformar las relaciones socioecológicas hacia la sostenibilidad (Frick-Trzebitzky *et al.*, 2022). Estos procesos permiten identificar y valorar los servicios ecosistémicos, facilitando así la evaluación del impacto que las prácticas agrícolas pueden tener sobre dichos servicios, tanto convencionales como sostenibles. Para lograr esto, es fundamental establecer indicadores y umbrales específicos para los servicios ecosistémicos al trabajar con los agricultores (Bouma *et al.*, 2022).

En este sentido, los LL permiten obtener productos alimentarios de calidad, la conservación de variedades locales y la mejora de la preservación del paisaje agrícola (García-Llorente *et al.*, 2019). Además, en ellos se implementan soluciones que permiten reducir las emisiones de carbono y disminuir la huella de carbono de las empresas y las comunidades a través de, por ejemplo, el aprovechamiento de los residuos sólidos de la producción de peces para la creación de fertilizantes y el tratamiento de aguas, entre otros (Rowan y Casey, 2021). De igual forma, en Alemania, se busca reducir el impacto ecológico de los residuos de la industria manufacturera (Berkemeier *et al.*, 2024). Con relación a las empresas que participan en estas iniciativas, el fomento de la investigación e innovación también les permite transformarse en actores resilientes activos (Rowan y Casey, 2021).

En términos de resiliencia, en los *living labs* se pueden proponer soluciones basadas en la naturaleza o NBS (por sus siglas en inglés) que permitan, por ejemplo, contribuir a la mitigación de los riesgos de sequía (Sintayehu *et al.*, 2023). En la misma dirección,

las prácticas de agricultura sostenibles influyen en la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo, y su aumento contribuye a mitigar el cambio climático, sin olvidar que esto también puede conllevar a la obtención de beneficios económicos para los agricultores (Midwood *et al.*, 2020). Otros ejemplos incluyen la transición a una agricultura sostenible de la producción del cacao (Pinardi *et al.*, 2023) o el impulso de los sistemas silvopastoriles como solución a la conservación de las áreas forestales, limitando los incendios forestales y sus efectos ambientales (Dubeuf *et al.*, 2023).

En el ámbito urbano, los *urban living labs* han creado indicadores de sostenibilidad de WEF nexus (nexo agua, energía y alimentos) en el sur de la ciudad de São Paulo, en el marco del proyecto LoP, incluyendo también aspectos como la importancia de conservar los paisajes rurales y los recursos naturales que permiten reconocer el impacto de las viviendas informales en la calidad del agua (Moreira *et al.*, 2022). Finalmente, han permitido escalar estrategias para disminuir la huella ecológica de las actividades realizadas en los vecindarios en el contexto de la agricultura urbana y fortalecer la cohesión social en las ciudades (Plassnig *et al.*, 2022).

Retos y desafíos de la implementación de los *food system living labs*

Pese a todos los beneficios que representa su implementación para los sistemas agroalimentarios discutidos en las secciones previas, la revisión de literatura también revela que existen algunas barreras y desafíos que han dificultado este proceso en varias regiones del mundo. Algunos de los desafíos identificados son:

La baja reproducibilidad: en algunas ocasiones, las ventajas de los *living labs* pueden transformarse en una barrera. Este es el caso del desarrollo de estas iniciativas en un entorno real genera un problema de reproducibilidad al no ser un ambiente controlado (Berberi *et al.*, 2023). Su implementación de acuerdo a las necesidades de cada contexto en el cual se desarrollan dificulta en algunas ocasiones el intercambio de lecciones aprendidas y la contribución a dinámicas similares en otros lugares (Alamanos *et al.*, 2022). Así mismo, la medición de los impactos puede dificultarse, ya que generalmente no se tienen resultados previstos, claros, preestablecidos y medibles, lo que genera discrepancias entre los financiadores o creadores de políticas y los investigadores (Alamanos *et al.*, 2022). Adicionalmente, en estos espacios se debe crear una conexión con los habitantes locales y las iniciativas agrícolas existentes, y el mantenimiento del capital social dentro del grupo privado (García-Llorente *et al.*, 2019). Del mismo modo, se debe conseguir que los resultados se difundan más allá del proyecto, a otros agricultores y al sector privado (Berberi *et al.*, 2023; García-Llorente *et al.*, 2019).

Ausencia de modelos de gobernanza locales: los LL promueven espacios de participación multisectorial y procesos de cocreación. Sin embargo, durante el proceso se pueden generar dinámicas de poder que influyen no solamente en las evaluaciones de los impactos que se generen (Alamanos *et al.*, 2022), sino también en los procesos de cocreación. Adicionalmente, estos procesos colaborativos suelen ser exigentes en términos de tiempo, lo que puede disuadir a algunos actores interesados de participar plenamente. Esto es particularmente relevante en el caso de los agricultores, para quienes el tiempo invertido en estas iniciativas puede traducirse en una disminución de sus actividades productivas y, consecuentemente, de sus ingresos (Berberi *et al.*, 2023). De igual forma, estos espacios ofrecen una oportunidad única para cocrear soluciones que consideren las necesidades de todos los seres vivos, desde plantas y animales hasta microorganismos, contribuyendo así a una transición hacia sistemas socioeconómicos más sostenibles y resilientes (Gamache *et al.*, 2020).

Alcance tecnológico de los *living labs*: con relación a los desafíos tecnológicos, las innovaciones tecnológicas que se quieren emplear muchas veces son tecnologías complejas, demasiado difíciles de probar o adoptar entre los participantes, y que pueden presentar problemas o fallas técnicas impredecibles (Berberi *et al.*, 2023). Por ejemplo, en el caso de las iniciativas que buscan realizar la transición de los sistemas agroalimentarios hacia la sostenibilidad mediante prácticas agroecológicas, se plantea como un reto influir en toda la cadena productiva y no solamente en la etapa de producción, ya que, sin nuevos modelos comerciales, las iniciativas innovadoras no serán reconocidas por los mercados locales o internacionales (Lianu *et al.*, 2023). Esto implica que se requiere, en muchos casos, créditos cuantiosos para lograr el objetivo. En este sentido, las estructuras de financiación pueden impulsar y/o limitar el impacto alcanzado o percibido, pues presentan proyectos limitados por recursos y tiempo (Alamanos *et al.*, 2022).

Ausencia de una metodología de evaluación de los *living labs*: definir una metodología estandarizada que permita evaluar los impactos sociales, económicos y de sostenibilidad de los *living labs* representa un desafío. Hasta el momento no existen métodos generalizados ni estandarizados que permitan evaluar su impacto. De acuerdo con Bronson *et al.* (2021), en efecto, existen muy pocos estudios al respecto. De los 41 artículos relacionados con procesos de evaluación en este campo, solamente dos estaban relacionados con el impacto de sostenibilidad agrícola, y solo 15 abordaron el impacto social de estas iniciativas (Bronson *et al.*, 2021). Por otro lado, se han propuesto marcos de evaluación del proceso que se lleva a cabo en los LL (Bouwma *et al.*, 2022), pero este tipo de evaluación no permite establecer la pertinencia o eficiencia de las soluciones propuestas, pues para esto se deberían diseñar indicadores relacionados con el contexto particular de cada *living lab* y además deberían ser de tipo cuantitativo.

Estrategias para enfrentar los retos y desafíos de la implementación de los *food system living labs*

Frente a estos retos y desafíos, las mismas iniciativas proponen seis estrategias para su implementación exitosa:

- Involucrar a múltiples partes interesadas en el proceso de diseño para asegurar la sostenibilidad y resiliencia de las soluciones propuestas (Yan y Roggema, 2019).
- Crear redes de comunicación y creación a través de los *Innovation Hubs* (Lianu *et al.*, 2023). Es muy importante garantizar la comunicación y accesibilidad de los resultados de los *living labs* a todos los actores involucrados, incluyendo los agricultores, ciudadanos, responsables de políticas, entre otros (Bouma, 2022; Wieliczko y Floriańczyk, 2022).
- Llevar a cabo procesos de formación a la medida y en entornos reales, ya que dependiendo del contexto los participantes necesitarán capacitación sobre pensamiento sistémico, experimentación y codiseño, entre otros (Berberi *et al.*, 2023; Erisman *et al.*, 2024).
- Generar espacios de aprendizaje reflexivo y de confianza en el cual se controlen las dinámicas de poder estableciendo la función de cada actor de manera creativa para nivelar los rangos y así empoderar las voces de los menos escuchados (Erisman *et al.*, 2024).
- Desarrollar procesos interactivos que involucren recopilación de datos, retroalimentación y seguimiento, así como fomentar alianzas y redes que permitan apoyar asociaciones (Berberi *et al.*, 2023).
- Finalmente, en cuanto a la sostenibilidad económica, es indispensable el financiamiento del sector público y el fomento de la autonomía y el apoyo de otras instituciones financiadoras para garantizar una implementación amplia y efectiva (Alamanos *et al.*, 2022; Wieliczko y Floriańczyk, 2022).

La revisión de literatura sobre el tema revela un panorama diverso y prometedor, abarcando desde plataformas de innovación colaborativa hasta enfoques centrados en la sostenibilidad y experimentación en entornos reales. Los impactos sociales, económicos y ambientales identificados, junto con los desafíos y estrategias para su implementación, proporcionan una base sólida para comprender el potencial de estos modelos. No obstante, se evidencia una notable escasez de estudios en América del Sur y una ausencia total de publicaciones sobre el tema en Colombia. Esta brecha subraya una oportunidad significativa para que Colombia lidere su implementación en Latinoamérica, fomentando la innovación y el desarrollo en el sector agroalimentario nacional. La adopción de este enfoque podría impulsar la transformación del sistema

agroalimentario colombiano, abordando desafíos locales específicos y aprovechando las lecciones aprendidas globalmente. En las siguientes secciones, se presenta una descripción del estado actual de Colombia respecto a los FSL, se explora cómo su implementación representa una oportunidad para el país, y se examina la conexión entre estos laboratorios y el concepto de sistemas agroalimentarios sostenibles.

Oportunidad de implementación de los *food system living labs* en Colombia

En Colombia, los sistemas agroalimentarios son fundamentales para la economía y la subsistencia de una gran parte de la población. Sin embargo, la adopción de innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario ha sido limitada, lo que ha afectado negativamente el desarrollo del sector. Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), solo el 5,2 % de los productores agropecuarios en Colombia implementan innovaciones tecnológicas de manera significativa, introduciendo aspectos de innovación en sus procesos productivos, productos, comercialización o administración (DANE, DIMPE y ENA, 2019). Durante el 2019, de las 2 085 423 Unidades de Producción Agropecuaria (UPA), 1 976 448 no introdujeron ninguna innovación y 108 974 realizaron alguna; mientras que 34 299 realizaron o iniciaron actividades dirigidas a introducir cambios o mejoras en sus procesos productivos, productos, comercialización o administración de la actividad agropecuaria. Este dato genera atención si se considera la importancia de la tecnología en la modernización de la agricultura y la necesidad de mejorar la competitividad del sector agroalimentario en el país. Cerca de las 108 974 UPA que introdujeron alguna innovación, el 55,1 % se enfoca en las actividades agrícolas, el 46,4 % en actividades pecuarias, el 38,1 % en productos, el 28,8 % en administración y el 19,0 % en comercialización (ENA, 2019). En general, los productores agropecuarios en Colombia carecen de acceso a factores de producción básicos, como insumos agrícolas, tecnología, y financiamiento. La falta de acceso refleja las profundas desigualdades estructurales del sector, y que impiden que muchos agricultores, especialmente los pequeños y medianos, adopten tecnologías que mejoren sus rendimientos y garanticen su sostenibilidad económica.

Respecto a la adopción de tecnologías, el Índice de Innovación y Desarrollo (IDIC) proporciona una visión más detallada de la adopción de tecnología en el sector agropecuario colombiano. A pesar de los avances en otras áreas de la economía, la incorporación de nuevas tecnologías en la agricultura sigue siendo insuficiente. Los datos del IDIC indican que la baja adopción de tecnología no solo se debe a la falta de acceso a recursos, sino también a factores culturales y de formación. Muchos agricultores carecen de la capacitación necesaria para entender y utilizar nuevas tecnologías de manera efectiva, lo que limita su capacidad para aprovechar las innovaciones disponibles.

Además, la falta de una infraestructura adecuada y el acceso limitado a mercados también son barreras importantes para la adopción de tecnología en el sector agropecuario. En muchas regiones rurales de Colombia, la infraestructura de transporte es deficiente, lo que dificulta el acceso a insumos y la comercialización de productos. Esta situación, combinada con la falta de acceso a financiamiento, crea un círculo vicioso en el que los agricultores no pueden invertir en tecnologías que podrían mejorar su productividad y sostenibilidad.

Bajo este panorama, instituciones como el CGIAR ya están dando pasos hacia la resolución de problemas de forma colaborativa. Un ejemplo de esto es el *Living Lab* para la Gente (LL4P) en Caquetá, Colombia, que forma parte de CGIAR *Initiative on Low-Emission Food Systems*, y que busca fomentar alternativas sostenibles y equitativas en sistemas alimentarios locales, promoviendo la participación comunitaria y el desarrollo de soluciones adaptadas a las necesidades específicas del territorio (CGIAR, 2023). La naturaleza adaptable y colaborativa de los LL les permite ajustarse a diferentes contextos políticos, geografías variadas y una amplia gama de necesidades y problemas, demostrando su potencial para ser aplicados en cualquier escenario.

Por otro lado, el contexto subnacional para los sistemas agroalimentarios en Colombia y el interés en fomentar el desarrollo de proceso de transición en sistemas agroalimentarios que apunten a las metas establecidas por el Gobierno en el Plan Nacional de Desarrollo, abre la oportunidad de la implementación de los *food system living labs* como

ambientes de trabajo territoriales que permiten experimentación y de desarrollo dentro de un nicho tecnológico y científico para desarrollar nuevas soluciones sostenibles que responda a las demandas territoriales de los departamentos y los desafíos locales alrededor de la sostenibilidad, los sistemas agroalimentarios y el cambio climático en todos los niveles. Esto teniendo en cuenta el desarrollo de metodologías de investigación e innovación abierta centradas en las comunidades bajo entornos de la vida real que integren en el territorio diversos grupos de actores. Se espera que los *living labs* generen conocimiento y desarrollar y/o probar de manera cocreativa nuevos productos, servicios y soluciones sistémicas en diferentes etapas de investigación o innovación alrededor de todos los eslabones de los sistemas agroalimentarios¹.

Se busca que estos LL tengan la investigación e innovación tecnológica como soporte para una innovación social que dé respuestas a las necesidades locales y al mercado relacionado con la sostenibilidad, seguridad alimentaria y cambio climático. Los *food system living labs* deberán tener como objetivos:

1 Definición Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios (Centro ISA) – Universidad de los Andes.

- Generar un impacto sostenible para aportar a los desafíos locales y demandas territoriales.
- Crear soluciones en corto tiempo de forma innovadora. Integrar conceptos de CTel a las soluciones planteadas y cerrar brechas de CTel entre diferentes territorios.
- Resolver problemas complejos o sistémicos alrededor de los sistemas agroalimentarios.

¿Cómo conectar los *food system living labs* con el concepto de sistemas agroalimentarios sostenibles?

Fusionar el rol pragmático que tienen los FSL en la generación de soluciones bajo las definiciones complejas de los sistemas agroalimentarios es un reto considerable. El rol de los LL involucra diferentes herramientas que nos permitan generar nuevos sistemas de innovación, integrando los actores de la cuádruple hélice en programas, proyectos e infraestructura tecnológica teniendo en cuenta la siguiente definición de sistema agroalimentario:

El conjunto de actores, interconexiones y actividades asociados a la producción, transformación, distribución, almacenamiento, comercio, consumo y el posconsumo de alimentos que se origina en la agricultura (incluida ganadería), la silvicultura, la pesca y las industrias alimentarias, que impacta, desde una visión holística, en las condiciones de seguridad alimentaria, inclusión social y equidad, y la sostenibilidad y resiliencia ante choques, tensiones y conmociones. Estos sistemas se desarrollan a diversas escalas: local, regional, nacional y global; lo que resalta la importancia de las características propias de cada sistema para su entendimiento y transformación².

Algunos de los puntos de articulación se pueden definir como:

Enfoque territorial localizado en todos los eslabones incluidos en la definición de sistemas agroalimentarios: al estar ubicados en los territorios, los *living labs* pueden entender y abordar de manera más precisa los desafíos específicos y las necesidades de las comunidades locales. Esto permite el desarrollo de soluciones más contextualizadas y efectivas teniendo en cuenta la definición holística de los sistemas agroalimentarios. Esta solución es conectada entre los diferentes eslabones de producción, incluyendo la producción, transformación, distribución, comercialización, consumo y gestión integral de residuos.

2 Definición Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios (Centro ISA) – Universidad de los Andes.

Conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad a largo plazo: otra relación clave entre los LL y los sistemas agroalimentarios es la conservación de la biodiversidad. A través de la experimentación en entornos reales, los primeros pueden fomentar el uso de semillas nativas y prácticas agrícolas que respeten los ciclos naturales de los ecosistemas locales, así como el respeto por el medio ambiente y las condiciones bioculturales de los territorios. Esto no solo ayuda a preservar la biodiversidad, sino que también mejora la salud del suelo y promueve sistemas de cultivo más sostenibles a largo plazo. Al integrar la biodiversidad en las prácticas productivas, los *living labs* aseguran que las comunidades locales puedan mantener la fertilidad de sus tierras y una producción agroalimentaria diversificada.

Participación comunitaria en los territorios: estos escenarios facilitan la participación activa de la comunidad en el proceso de desarrollo de soluciones. Esto garantiza que las intervenciones estén alineadas con las expectativas y valores de las personas locales, aumentando la aceptación y sostenibilidad de las soluciones. Igualmente, apoyan la creación de sistemas de gobernanza que empoderan a los ciudadanos y les permiten participar activamente en las decisiones sobre la producción y distribución de alimentos.

Respuesta rápida a las problemáticas locales: al estar más cerca de los problemas, los *living labs* puede responder de manera más rápida y ágil a las demandas emergentes y a los cambios en los contextos locales alrededor de las temáticas planteadas.

Colaboración multisectorial e interdisciplinar: facilitan la colaboración entre diversos actores, como investigadores de diferentes disciplinas, empresas locales, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Esta colaboración multisectorial puede potenciar la innovación y la implementación efectiva de soluciones. Igualmente, se convierte en una alternativa de sostenibilidad a largo plazo para los *living labs*, que tienen como fortaleza su capacidad para introducir el concepto de *commons* o bienes comunes en la gestión agroalimentaria (Gamache *et al.*, 2020). En este marco, los recursos naturales, como el agua, el suelo y las semillas, son gestionados de manera colectiva por las comunidades locales. Los LL apoyan la creación de sistemas de gobernanza que empoderan a los ciudadanos y les permiten participar activamente en las decisiones sobre la producción y distribución de alimentos. Esto refuerza la idea de que la alimentación no debe ser vista como una simple mercancía, sino como un bien común que requiere la participación y cooperación de todos los actores involucrados.

Desarrollo de capacidades locales: contribuyen al fortalecimiento de las capacidades locales al involucrar a la comunidad en actividades no solo de formación, sino también de investigación y desarrollo. Esto fomenta la adopción de habilidades y conocimientos en la región, así como la transferencia de conocimientos y el cierre de brechas de CTel. Los *living labs* promueven el empoderamiento local a través de la cocreación y el

aprendizaje iterativo. A diferencia de los enfoques tradicionales de innovación centrados en el mercado, aquí se permiten que los actores locales experimenten, aprendan y adapten soluciones agroecológicas a sus contextos específicos. Este proceso no solo fomenta la adopción de tecnologías más sostenibles, sino que también capacita a los agricultores y comunidades en la gestión autónoma de sus sistemas agroalimentarios. De este modo, son herramientas clave para acelerar la transición hacia la soberanía alimentaria, permitiendo a las comunidades locales tomar el control de sus recursos y métodos de producción

Fortalecimiento de zonas agroalimentarias: los *living labs* permite la canalización de recursos alrededor de las áreas propuestas, lo que se convierte a su vez en una inversión de infraestructura optimizada en los programas, proyectos y servicios especializados que se incluyen en el proyecto.

Generación de empleo y desarrollo económico: el establecimiento de los *living labs* puede generar oportunidades de empleo local y contribuir al desarrollo económico de la región, especialmente si se centran en soluciones que puedan convertirse en emprendimientos sostenibles. En este sentido, contribuyen al fortalecimiento de las economías locales al promover la diversificación de la producción agroalimentaria y reducir la dependencia de insumos externos. Al fomentar prácticas sostenibles (Lamine *et al.*, 2012), como el uso de bioinsumos locales y el manejo agroecológico del suelo, mejoran la productividad y reducen los costos operativos de los agricultores. Esto genera un impacto positivo en las economías rurales, al mismo tiempo que apoya la soberanía alimentaria y reduce las vulnerabilidades frente a las fluctuaciones del mercado global.

En síntesis, los *living labs* ofrecen soluciones innovadoras que se pueden adaptar al contexto colombiano. Por ejemplo, en las grandes ciudades del país, la agricultura urbana es una de las áreas en las que estos laboratorios pueden jugar un papel clave, ayudando a optimizar el uso de terrenos limitados y recursos escasos (von Wirth *et al.*, 2019). Igualmente, la gestión eficiente de los recursos hídricos, uno de los mayores desafíos para la agricultura colombiana, podría ser facilitada mediante la implementación de *living labs* que diseñen tecnologías y prácticas sostenibles (Alamanos *et al.*, 2022; Lupp *et al.*, 2021). Otra opción bastante prometedora es el desarrollo de fuentes alternativas de comida, como los hongos. Los hongos no solo son una fuente de alimento altamente nutritiva, sino que también pueden cultivarse en espacios reducidos y con recursos mínimos, lo que los hace ideales para la agricultura tanto rural como urbana (Dorr *et al.*, 2021).

Conclusiones

Los *food system living labs* son instrumentos fundamentales para la innovación en los sistemas agroalimentarios, tanto en Colombia como en el mundo. Ofrecen un espacio de cocreación que integra a agricultores, investigadores, empresas y gobiernos, promoviendo la búsqueda de soluciones sostenibles adaptadas a contextos locales y enfrentando los desafíos presentes en los sistemas agroalimentarios. Además, la implementación de *living labs* facilita el análisis y la propuesta de soluciones en sistemas agroalimentarios complejos. Estos espacios permiten comprender mejor los procesos relacionados con la transición hacia prácticas agroecológicas, las cuales no solo mitigan los efectos del cambio climático, sino que también refuerzan la resiliencia de los sistemas rurales.

Por otra parte, el enfoque multisectorial de los *living labs* permite abordar los desafíos complejos que enfrentan los sistemas agroalimentarios en Colombia, fomentando la integración de diversas disciplinas y conocimientos. Esto favorece un desarrollo más inclusivo, equitativo y eficiente. A pesar de los desafíos tecnológicos, económicos y de gobernanza en la implementación de *living labs*, estos espacios tienen el potencial de transformar los sistemas agroalimentarios de Colombia, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza rural y la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

Finalmente, la conexión entre los FSL y las zonas agroalimentarias de base agroecológica no solo refuerza la seguridad alimentaria a nivel comunitario, sino también la soberanía alimentaria y el derecho a la alimentación. Al promover sistemas de producción más diversificados y menos intensivos en recursos, estos laboratorios contribuyen a una mayor disponibilidad de alimentos nutritivos y de calidad. La cocreación de soluciones que tiene lugar en estos espacios permite una gestión más eficiente y equitativa de los recursos naturales, lo que, a su vez, facilita la resiliencia de las comunidades frente a los efectos del cambio climático, mejorando la estabilidad y acceso a los alimentos en el largo plazo.

Referencias

- Alamanos, A., Koundouri, P., Papadaki, L., Pliakou, T., y Toli, E. (2022). Water for Tomorrow: A Living Lab on the Creation of the Science-Policy-Stakeholder Interface. *Water*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/w14182879>
- Alexandrova-Stefanova, N., Nosarzewski, K., Mroczek, Z., Audouin, S., Djamen, P., Kolos, N., y Wan, J. (2023). *Harvesting change: Harnessing emerging technologies and innovations for agrifood system transformation – Global foresight synthesis report*. Roma. FAO y Cirad. <https://doi.org/10.4060/CC8498EN>
- Bagoudou Labo, O., Zhegu, M., y Merveille, N. (2024). Cultivating Sustainability: Quebec's Living Labs as Ecological Catalysts. *Sustainability*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/su16051887>

- Bajgier, S. M., Maragah, H. D., Saccucci, M. S., Verzilli, A., y Prybutok, V. R. (1991). Introducing Students to Community Operations Research by Using a City Neighborhood As A Living Laboratory. *Operations research*, 39(5), 701–709. <https://doi.org/10.1287/OPRE.39.5.701>
- Bellon-Maurel, V., Piot-Lepetit, I., Lachia, N., y Tisseyre, B. (2023). Digital agriculture in Europe and in France: which organisations can boost adoption levels? *Crop and Pasture Science*, 74(6), 573–585. <https://doi.org/10.1071/CP22065>
- Béné, C., Oosterveer, P., Lamotte, L., Brouwer, I. D., de Haan, S., Prager, S. D., Talsma, E. F., y Khoury, C. K. (2019). When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113, 116–130. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2018.08.011>
- Berberi, A., Beaudoin, C., McPhee, C., Guay, J., Bronson, K., y Nguyen, V. M. (2023). Enablers, barriers, and future considerations for living lab effectiveness in environmental and agricultural sustainability transitions: a review of studies evaluating living labs. *Local Environment*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/13549839.2023.2238750>
- Berkemeier, A., Kühnel, L., Dürigen, D., Hoffmann, H., Zeidler, H., Bullinger, A. C., y Wagenführ, A. (2024). SAMSax—An Innovative Living Lab for the Advancement of a Circular Economy through Additive Manufacturing Technologies. *Sustainability*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/su16020823>
- Birkle, C., Pendlebury, D. A., Schnell, J., y Adams, J. (2020). Web of Science as a data source for research on scientific and scholarly activity. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 363–376. https://doi.org/10.1162/qss_a_00018
- Bouma, J. (2022). Transforming living labs into lighthouses: a promising policy to achieve land- related sustainable development. *SOIL*, 8(2), 751–759. <https://doi.org/10.5194/soil-8-751-2022>
- Bouma, J., de Haan, J., y Dekkers, M. (2022). Exploring Operational Procedures to Assess Ecosystem Services at Farm Level, including the Role of Soil Health. *Soil Systems*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/soilsystems6020034>
- Bouwma, I., Wigboldus, S., Potters, J., Selnes, T., van Rooij, S., y Westerink, J. (2022). Sustainability Transitions and the Contribution of Living Labs: A Framework to Assess Collective Capabilities and Contextual Performance. *Sustainability*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/su142315628>
- Bronson, K., Devkota, R., y Nguyen, V. (2021). Moving toward Generalizability? A Scoping Review on Measuring the Impact of Living Labs. *Sustainability*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/su13020502>
- Busse, M., Zscheischler, J., Zoll, F., Rogga, S., y Siebert, R. (2023). Co-design approaches in land use related sustainability science – A systematic review. *Land Use Policy*, 129, 106623. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2023.106623>
- Calafat-Marzal, C., Sánchez-García, M., Marti, L., y Puertas, R. (2023). Agri-food 4.0: Drivers and links to innovation and eco-innovation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 207, 107700. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2023.107700>
- Carr, K., Kendal, R. L., y Flynn, E. G. (2016). Eureka!: What Is Innovation, How Does It Develop, and Who Does It? *Child Development*, 87(5), 1505–1519. <https://doi.org/10.1111/CDEV.12549>

- CGIAR (Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional) (2023). *Empowering Sustainable Transitions: The Living Lab for People in Colombia*. <https://www.cgiar.org/news-events/news/empowering-sustainable-transitions-the-living-lab-for-people-in-colombia/>
- Ciaccia, C., Testani, E., Fiore, A., Iocola, I., Di Pierro, M., Mele, G., Ferlito, F., Cutuli, M., Montemurro, F., Farina, R., Ceccarelli, D., Persiani, A., Canali, S., y Diacono, M. (2021). Organic Agroforestry Long-Term Field Experiment Designing Trough Actors' Knowledge towards Food System Sustainability. *Sustainability*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/su13105532>
- Clarivate (2024). *Web of Science platform*. <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/>
- DANE (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019*. <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/749>
- Dogan, E., Cuomo, F., y Battisti, L. (2023). Reviving Urban Greening in Post-Industrial Landscapes: The Case of Turin. *Sustainability*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su15172760>
- Dorr, E., Koegler, M., Gabrielle, B., y Aubry, C. (2021). Life cycle assessment of a circular, urban mushroom farm. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125668. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125668>
- Drewnowski, A. (2022). Food insecurity has economic root causes. *Nature Food*, 3(8), 555–556. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00577-w>
- Dubeuf, J. P., Biehlmann, F., Lorton, R., Sorba, J. M., y Valenti, M. (2023). Assessing the operational perspectives of agrosilvopastoralism in the Mediterranean Region: Learnings from observations in Corsica. *Small Ruminant Research*, 229, 107131. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2023.107131>
- ENoLL (2024). *European Network of Living Labs, Living Labs network European Network of Living Labs*. <https://enoll.org/>
- Erismán, J. C., Feenstra, L. D., Broerse, J. E. , Grijseels, M., Gudek, L., De Hoop, E., Jones, T. S., Loeber, A. M. C., Luger, J., Van Der Meij, M. G., Prüse, B., Regeer, B. J., Saidi, T., Schrammeijer, B. A., Zeidan, H., Zuiderent-Jerak, T., y Kok, K. P. (2024). *Labbing for sustainability transformations: Learning about challenges and strategies for impact Labbing for impact*. <https://doi.org/10.14512/gaia.33.S1.10>
- European Commission (2008). *Living Labs for user-driven open innovation – An overview of the Living Labs methodology, activities and achievements – January 2009*. <https://data.europa.eu/doi/10.2759/34481>
- FAO (2013). *Agroindustrias para el desarrollo*. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/292291/>
- FAO (2017). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022: Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4ac1286e-eef3-4fid-b5bd-d92f5d1ce738/content>
- FAO (2019a). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b620989c-407b-4caf-a152-f790f55fec71/content>

- FAO (2019b). *Simposio Internacional Sobre Innovación Agrícola en favor de los Agricultores Familiares*. Recuperado de <https://www.fao.org/about/meetings/agricultural-innovation-family-farmers-symposium/about/es/>
- FAO (2022). *Soil degradation threatens food, medicine and the climate - WATCH CNBC recently released video | Global Soil Partnership | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1539317/>
- FAO (2023, marzo 21). *Water scarcity means less water for agriculture production, which in turn means less food available, threatening food security and nutrition*. FAO. <https://www.fao.org/newsroom/detail/water-scarcity-means-less-water-for-agriculture-production-which-in-turn-means-less-food-available-threatening-food-security-and-nutrition/en>
- FAO Colombia (2019). *Alimentación: pasando de pérdidas a soluciones*. Recuperado de <https://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/en/c/1238132/>
- Frick-Trzebitzky, F., Kluge, T., Stegemann, S., y Zimmermann, M. (2022). Capacity development for water reuse in in-formal partnerships in northern Namibia. *Frontiers in Water*, 4, 906407. <https://doi.org/10.3389/FRWA.2022.906407/BIBTEX>
- Gamache, G., Anglade, J., Feche, R., Barataud, F., Mignolet, C., y Coquil, X. (2020). Can living labs offer a pathway to support local agri-food sustainability transitions? *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 37, 93–107. <https://doi.org/10.1016/J.EIST.2020.08.002>
- García-Llorente, M., Pérez-Ramírez, I., de la Portilla, C., Haro, C., y Benito, A. (2019). Agroecological Strategies for Reactivating the Agrarian Sector: The Case of Agrolab in Madrid. *Sustainability*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/su11041181>
- Gardezi, M., Abuayyash, H., Adler, P. R., Alvez, J. P., Anjum, R., Badireddy, A. R., Brugler, S., Carcamo, P., Clay, D., Dadkhah, A., Emery, M., Faulkner, J. W., Joshi, B., Joshi, D. R., Khan, A. H., Koliba, C., Kumari, S., McMaine, J., Merrill, S., ... Zia, A. (2024). The role of living labs in cultivating inclusive and responsible innovation in precision agriculture. *Agricultural Systems*, 216, 103908. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2024.103908>
- Hendriks, S., Soussana, J. F., Cole, M., Kambugu, A., y Zilberman, D. (2023). Ensuring access to safe and nutritious food for all through the transformation of food systems. En J. von Braun, K. Afsana, L. Fresco, y M. Hassan (Eds.), *Science and innovations for food systems transformation* (pp. 65–84). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_4
- High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition [HLPE-FSN] (2023). *Executive summary of the report Reducing inequalities for food security and nutrition*. Roma, CFS HLPE-FSN.
- Hossain, M., Leminen, S., y Westerlund, M. (2019). A systematic review of living lab literature. *Journal of Cleaner Production*, 213, 976–988. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.12.257>
- Hussain, A., Fatima, H. S., Zia, S. M., Hasan, S., Khurram, M., Stricker, D., y Afzal, M. Z. (2023). Development of Cost-Effective and Easily Replicable Robust Weeding Machine—Premiering Precision Agriculture in Pakistan. *Machines*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/machines11020287>

- Hvitsand, C., Raanaas, R. K., Gjøtterud, S., y Nicolaysen, A. M. (2022). Establishing an Agri-food living lab for sustainability transitions: Methodological insight from a case of strengthening the niche of organic vegetables in the Vestfold region in Norway. *Agricultural Systems*, 199, 103403. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2022.103403>
- Jie, C., Jing-zhang, C., Man-zhi, T., y Zi-tong, G. (2002). Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *Journal of Geographical Sciences*, 12(2), 243–252. <https://doi.org/10.1007/BF02837480>
- Kahn, K. B. (2018). Understanding innovation. *Business Horizons*, 61(3), 453–460. <https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2018.01.011>
- Klebl, F., Walthall, B., y Vicente-Vicente, J. (2022). Planning for sustainable food communities: An optimal spatial allocation study of food hubs considering the 15-min city concept—The case of Lebens Mittel Punkte in Berlin. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 913412. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2022.913412/BIBTEX>
- Kumar, L., Chhogyel, N., Gopalakrishnan, T., Hasan, M. K., Jayasinghe, S. L., Kariyawasam, C. S., Kogo, B. K., y Ratnayake, S. (2022). Climate change and future of agri-food production. *Future Foods: Global Trends, Opportunities, and Sustainability Challenges*, 49–79. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00009-8>
- Lamine, C., Renting, H., Rossi, A., Wiskerke, J. S. C., y Brunori, G. (2012). Agri-food systems and territorial development: Innovations, new dynamics and changing governance mechanisms. En I. Darnhofer, D. Gibbon, y B. Dedieu (Eds.), *Farming systems research into the 21st century: The new dynamic* (pp. 229–256). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_11
- Lapointe, D., y Guimont, D. (2015). Open innovation practices adopted by private stakeholders: Perspectives for living labs. *Info*, 17(4), 67–80. <https://doi.org/10.1108/INFO-01-2015-0003>
- Le Coq, J.-F., Grisa, C., Guéneau, S., y Niederle, P. (2021). *Políticas Públicas y Sistemas Alimentarios en América Latina*. E-papers Serviços Editoriais Ltda.
- Leminen, S., y Westerlund, M. (2019). Living labs: From scattered initiatives to a global movement. *Creativity and Innovation Management*, 28(2), 250–264. <https://doi.org/10.1111/CAIM.12310>
- Lianu, C., Simion, V.-E., Urdes, L., Bucea-Manea-Țoniș, R., Radulescu, I. G., y Lianu, C. (2023). Agroecological Approaches in the Context of Innovation Hubs. *Sustainability*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/su15054335>
- Lie, R., van Paassen, A., y Witteveen, L. (2023). *Living labs and innovation platforms: A literature review*. Penang, Malaysia: WorldFish. Program Report. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/14dd9949-4ad5-4cb9-bf02-924196c7fief/content>
- Luján Soto, R., de Vente, J., y Cuéllar Padilla, M. (2021). Learning from farmers' experiences with participatory monitoring and evaluation of regenerative agriculture based on visual soil assessment. *Journal of Rural Studies*, 88, 192–204. <https://doi.org/10.1016/J.JRURSTUD.2021.10.017>
- Lupp, G., Zingraff-Hamed, A., Huang, J. J., Oen, A., y Pauleit, S. (2021). Living Labs—A Concept for Co-Designing Nature-Based Solutions. *Sustainability*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/su13010188>

- Massari, S., Galli, F., Mattioni, D., y Chiffolleau, Y. (2023). Co-creativity in Living Labs: fostering creativity in co-creation processes to transform food systems. *Journal of Science Communication*, 22(3), A03. <https://doi.org/10.22323/2.22030203>
- Mbow, C., Rosenzweig, C., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, M., Liwenga, E., Pradhan, P., Rivera-Ferre, M. G., Sapkota, T., Tubiello, F. N., & Xu, Y. (2019). Food security. En P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, & J. Malley (Eds.), *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (pp. 437-511). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157988.007>
- McPhee, C., Banczerz, M., Mambrini-Doudet, M., Chrétien, F., Huyghe, C., y Gracia-Garza, J. (2021). The Defining Characteristics of Agroecosystem Living Labs. *Sustainability*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/su13041718>
- Midwood, A. J., Hannam, K. D., Forge, T. A., Neilsen, D., Emde, D., y Jones, M. D. (2020). Importance of drive-row vegetation for soil carbon storage in woody perennial crops: A regional study. *Geoderma*, 377, 114591. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2020.114591>
- Möck, M., y Feindt, P. H. (2024). Learning mode misfits in policy learning: typology, case study and lessons learnt. *Journal of European Public Policy*, 31(7), 2050–2075. <https://doi.org/10.1080/13501763.2023.2280678>
- Molotoks, A., Smith, P., y Dawson, T. P. (2021). Impacts of land use, population, and climate change on global food security. *Food and Energy Security*, 10(1), e261. <https://doi.org/10.1002/FES3.261>
- Montiel, M. S. (2009). *El contexto socioeconómico de la Agricultura Ecológica: la evolución de los sistemas agroalimentarios*. Sevilla, España. <http://institucional.us.es/compromiso/libreconf/docs/sistemas.pdf>
- Moreira, F. de A., Dalla Fontana, M., Sepe, P. M., Lopes, M. V., Moura, L. do V., Medeiros, L. S., de Kraker, J., Malheiros, T. F., y Di Giulio, G. M. (2022). Co-creating sustainability indicators for the local water–energy–food nexus. *Sustainability Science*, 17(6), 2315–2329. <https://doi.org/10.1007/S11625-02201141-Y/FIGURES/4>
- Nelson, G. C., Valin, H., Sands, R. D., Havlík, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., Lampe, M. V., Lotze-Campen, H., Mason D'Croz, D., Van Meijl, H., Van Der Mensbrugghe, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., ... y Performed, D. W. (2014). Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3274–3279. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222465110>
- Oliveira, R. (2022). FoodLink—A Network for Driving Food Transition in the Lisbon Metropolitan Area. *Land*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/land11112047>
- ONU (2022). *Transformar el sistema agroalimentario para resolver los retos más importantes del mundo*. Noticias ONU. Mirada global, historias humanas. Disponible en <https://news.un.org/es/story/2023/07/1522892>

- Pinardi, S., Salis, M., Sartor, G., y Meo, R. (2023). EU–Africa: Digital and Social Questions in a Multicultural Agroecological Transition for the Cocoa Production in Africa. *Social Sciences*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/socsci12070398>
- Plassnig, S. N., Pettit, M., Reichborn-Kjennerud, K., y Säumel, I. (2022). Successful scaling of Edible City Solutions to promote food citizenship and sustainability in food system transitions. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 1032836. <https://doi.org/10.3389/FRSC.2022.1032836/BIBTEX>
- Puerari, E., J C de Koning, J. I., von Wirth, T., Karré, P. M., Mulder, I. J., y Loorbach, D. A. (2018). Co-Creation Dynamics in Urban Living Labs. *Sustainability*, 10(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su10061893>
- Roversi, S., Laricchia, C., y Lombardi, M. (2020). Sustainable development goals and agro-food system: The case study of the future food institute. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Economics and Social Sciences, Bucharest, Romania* (pp. 15-16). Sciendo. <https://doi.org/10.2478/9788395815072-060>
- Rowan, N. J., y Casey, O. (2021). Empower Eco multiactor HUB: A triple helix ‘academia–industry–authority’ approach to creating and sharing potentially disruptive tools for addressing novel and emerging new Green Deal opportunities under a United Nations Sustainable Development Goals framework. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21, 100254. <https://doi.org/10.1016/J.COESH.2021.100254>
- Säumel, I., Reddy, S. E., y Wachtel, T. (2019). Edible city solutions-one step further to foster social resilience through enhanced socio-cultural ecosystem services in cities. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/SU11040972>
- Sintayehu, D. W., Kassa, A. K., Tessema, N., Girma, B., Alemayehu, S., y Hassen, J. Y. (2023). Drought Characterization and Potential of Nature-Based Solutions for Drought Risk Mitigation in Eastern Ethiopia. *Sustainability*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/su15151613>
- Sonnino, R. (2013). Local foodscapes: place and power in the agri-food system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science*, 63(sup1), 2-7.
- Tam, V. W., Butera, A., Le, K., y Li, W. (2021). CO2 concrete and its practical value utilising living lab methodologies. *Cleaner Engineering and Technology*, 3, 100131. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2021.100131>
- Terribile, F., Acutis, M., Agrillo, A., Anzalone, E., Azam-Ali, S., Bancheri, M., Baumann, P., Birli, B., Bonfante, A., Botta, M., Cavaliere, F., Colandrea, M., D’Antonio, A., De Mascellis, R., De Michele, C., De Paoli, G., Monica, C. Della, Di Leginio, M., Ferlan, M., ... y Basile, A. (2024). The LANDSUPPORT geospatial decision support system (S-DSS) vision: Operational tools to implement sustainability policies in land planning and management. *Land Degradation and Development*, 35(2), 813–834. <https://doi.org/10.1002/LDR.4954>
- Thomas, A., Barczak, A., y Zakhia-Rozis, N. (2022). *Sustainable food systems for food security: Need for combination of local and global approaches* (p. 222). Éditions Quae.
- Toffolini, Q., Capitaine, M., Hannachi, M., y Cerf, M. (2021). Implementing agricultural living labs that renew actors’ roles within existing innovation systems: A case study in France. *Journal of Rural Studies*, 88, 157–168. <https://doi.org/10.1016/J.JRURSTUD.2021.10.015>

- Toffolini, Q., Hannachi, M., Capitaine, M., y Cerf, M. (2023). Ideal-types of experimentation practices in agricultural Living Labs: Various appropriations of an open innovation model. *Agricultural Systems*, 208, 103661. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2023.103661>
- Torrijos, V., Calvo Dopico, D., y Soto, M. (2021). Integration of food waste composting and vegetable gardens in a university campus. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128175. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128175>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. (UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3). Disponible en https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf
- Vilarino, F., y Karatzas, D. (2018). The Library Living Lab: A Collaborative Innovation Model for Public Libraries. *Technology Innovation Management Review*, 8(12), 17–25. <https://doi.org/10.22215/TIMREVIEW/1202>
- Von Hippel, E. (2005). Democratizing Innovation. In *Democratizing Innovation*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/MITPRESS/2333.001.0001>
- Von Wirth, T., Fuenfschilling, L., Frantzeskaki, N., y Coenen, L. (2019). Impacts of urban living labs on sustainability transitions: mechanisms and strategies for systemic change through experimentation. *European Planning Studies*, 27(2), 229–257. <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1504895>
- Wieliczko, B., y Floriańczyk, Z. (2022). Priorities for Research on Sustainable Agriculture: The Case of Poland. *Energies*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/en15010257>
- Yahya, F., El Samrani, A., Khalil, M., Abdin, A. E.-D., El-Kholy, R., Embaby, M., Negm, M., De Ketelaere, D., Spiteri, A., Pana, E., y Takavakoglou, V. (2023). Decentralized Wetland-Aquaponics Addressing Environmental Degradation and Food Security Challenges in Disadvantaged Rural Areas: A Nature-Based Solution Driven by Mediterranean Living Labs. *Sustainability*, 15(20), 15024. <https://doi.org/10.3390/SU152015024>
- Yan, W., y Roggema, R. (2019). Developing a Design-Led Approach for the Food-Energy-Water Nexus in Cities. *Urban Planning*, 4(1), 123–138. <https://doi.org/10.17645/UP.V4I1.1739>

:: :: ::

Sobre los autores

Yeimy Alejandra Montenegro. Investigadora del Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios, Universidad de Los Andes. Contribución al artículo: metodología, análisis de resultados y discusión. Ingeniera química. Estudiante de maestría en ciencias biológicas de la Universidad de Los Andes. ya.montenegro10@uniandes.edu.co



Jhon Kennedy Tuquerres. Investigador Junior del Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios, Universidad de Los Andes Contribución al artículo: revisión de literatura. Ingeniero. jhonmoscote13@unimayor.edu.co



Angelis Marbello Santrich. Investigadora Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios, Universidad de Los Andes. Contribución al artículo: introducción y discusión. Magíster en Ciencias Biológicas de la Universidad de los Andes.
a.marbello@uniandes.edu.co



Martha E. Cárdenas Toquica. Investigadora Asociada al Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios, Universidad de Los Andes. Contribución al artículo: conceptualización de la idea del documento, revisión de literatura, diseño metodológico y análisis. Revisión final del documento. Doctora en Ciencias, Universidad de los Andes.
martcard@uniandes.edu.co



María Fernanda Mideros Bastidas. Directora e Investigadora PhD Senior del Centro de Investigación en Sistemas Agroalimentarios, Universidad de Los Andes. Contribución al artículo: revisión de las diferentes secciones y estructura del documento, discusión y conclusiones. Doctora en Ciencias de la Universidad de los Andes.
mf.mideros35@uniandes.edu.co

