

Políticas públicas innovadoras para el desarrollo sectorial: el caso del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria en Colombia y su impacto entre los actores del sector

Rubén Darío Echeverri Romero

Profesor Universidad del Valle, Cali - Colombia

Correo: ruben.echeverry@correounivalle.edu.co

Leidy Dayely Ruano Arcos

Profesora Universidad del Valle, Cali. Colombia

Correo: leidi.ruano@correounivalle.edu.co

Resumen

La innovación es vital para la competitividad y la transformación productiva de los países. También es fundamental para el desarrollo empresarial en la globalización, facilitando sinergias entre sectores público y privado en la formulación de políticas públicas. Los fundamentos teóricos se remontan a los años 50, inicialmente centrados en la innovación interna. Takeuchi y Nonaka (1986) ampliaron el concepto al destacar la necesidad de interacción en grupos multidisciplinares. Posteriormente, Rothwell (1994) señaló que la innovación es un proceso continuo que se nutre de fuentes internas y externas, dando lugar a sistemas de innovación donde interactúan diversos actores.

El reciente enfoque evolutivo de la innovación reconoce que la diversidad de instituciones fortalece el conocimiento y condicionan su aceptación. Esta perspectiva ha marcado significativamente la política pública económica de países de la OCDE, principalmente en las áreas de la tecnología y estrategias sectoriales y productivas. Los gobiernos adoptan gradualmente sistemas de innovación para estructurar políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación (CTI), basándose en una visión sistémica. Destacando el desarrollo de redes internas y externas como clave para innovar, por eso a finales de los 90, la innovación abierta ganó prominencia. Chesbrough (2003) definió a la innovación abierta como un modelo cognitivo para crear, interpretar e investigar prácticas que aceleran el proceso de innovación.

El paradigma de la innovación abierta ha llevado a la creación de sistemas nacionales de innovación agrícola (SNIA), aprovechando recursos internos y colaboración externa para impulsar avances sectoriales. Estos sistemas promueven la innovación colectiva, generando una red de aprendizaje interactivo entre los actores claves, facilitando la difusión de conocimientos y tecnologías. Esta estrategia, se presenta como una alternativa para el desarrollo agrícola, siendo implementada principalmente en países en desarrollo (Echeverri-Romero et al., 2022). En Colombia, la Ley 1876 de 2017 estableció el SNIA como parte de esta iniciativa. Esta ley busca desarrollar procesos de innovación para mejorar la productividad, competitividad y sostenibilidad del sector agropecuario

colombiano. Su objetivo incluye la creación de una red de innovación con participación de entidades estatales, agricultores e investigadores, promoviendo la competitividad, ciencia, tecnología e innovación en el sector.

El sector agropecuario colombiano muestra baja competitividad, ocupando el puesto 20 de 25 en el índice de competitividad agropecuaria (DANE, 2020). La escasa adopción de innovaciones, con solo el 5,2% de unidades productivas en 2019, contribuye a esta falta de competitividad. Frente a estas circunstancias, es crucial analizar cómo el SNIA ha impactado el desarrollo productivo a nivel micro. El objetivo de la ponencia es analizar el origen, diseño e implementación de la política pública, analizando sus efectos en diferentes actores. Examina las restricciones institucionales y normativas asociadas a estos efectos, centrándose en el avance del SNIA y su relación con cambios significativos en la política pública en Colombia. Se realiza un análisis bibliométrico, se esquematiza la evolución de la política pública y se contrasta estos resultados con un modelo aplicado al sector hortofrutícola, resaltando el papel crucial del SNIA.

Palabras claves: innovación, política pública, sistema nacional, agrícola

1 MARCO TEÓRICO

La innovación abierta es uno de los principales paradigmas de los países en desarrollo que buscan insertarse en un mundo cada vez más globalizado y competitivo. La premisa básica de la innovación abierta es abrir el proceso de innovación. Una de sus definiciones más utilizadas es: el uso de entradas y salidas intencionales de conocimiento para acelerar la innovación interna y para expandir los mercados para el uso externo de la innovación (Chesbrough et al., 2006). No obstante, la innovación abierta no se ha insertado en todos los sectores productivos, particularmente en el sector agrícola su desarrollo es incipiente y los existentes se han orientado esencialmente en análisis de casos (Echeverri-Romero et al., 2022) y tecnologías como la mejora genética (Ahrolovich et al., 2020), el blockchain (Borrero, 2019), IoT, big data e inteligencia artificial (Misra et al., 2020), en general la industria 4.0 (Ruano-Arcos et al., 2024).

De acuerdo a Chesbrough & Bogers (2014) la innovación abierta en el sector agrícola es un enfoque colaborativo y participativo para el desarrollo de nuevas tecnologías, prácticas y soluciones en el sector agrícola. Este concepto se basa en la idea de que las mejores soluciones y avances no siempre provienen de una sola fuente sino que pueden surgir a través de la cooperación entre múltiples actores, incluyendo agricultores, investigadores, empresas, gobiernos y organizaciones no gubernamentales. De esta manera, la innovación abierta, permite que la adopción de nuevas tecnologías implique diferentes alternativas de organización en los sistemas sociales, económicos y regulatorios; los cuales otorgan un entorno propicio para el ajuste de las tecnologías dentro de un sector, mejorando así su aceptación e impacto. Esto habilita el surgimiento de los Sistemas Nacionales de Innovación Agrícola como un marco útil para el análisis de posibles cambios en la agricultura y de las políticas públicas (Klerkx, Aarts, y Leeuwis, 2010).

El paradigma de los sistemas de innovación agrícola se ha convertido en un marco cada vez más aplicado para analizar el cambio tecnológico, económico e institucional en la agricultura (Misra & Mention, 2022). En este enfoque, la innovación se considera el resultado de un proceso de trabajo en

red y aprendizaje interactivo entre un conjunto heterogéneo de actores, como agricultores, industrias de insumos, procesadores, comerciantes, investigadores, extensionistas, funcionarios del gobierno y organizaciones de la sociedad civil (Leeuwis et al., 2004). Enfatiza que la innovación agrícola no se trata solo de nuevas tecnologías sino también de cambio institucional; se requiere formas alternativas de organizar, por ejemplo, mercados, mano de obra, tenencia de la tierra y distribución de beneficios (Leeuwis et al., 2004).

Los sistemas de innovación agrícola se enfocan en impulsar la naturaleza colectiva de la innovación. La génesis del Sistema Nacional de Innovación Agrícola es en Holanda, el país que lidera la investigación con gran ventaja sobre Reino Unido (Ahrolovich et al., 2020), y se han implementado los sistemas de innovación nacional agrícola en países en vías de desarrollo, particularmente en África subsahariana (Ahrolovich et al., 2020). En América Latina el primer país que implementó un Sistema Nacional de Innovación Agrícola (SNIA) fue México. En la década de 1980, este país comenzó a desarrollar e implementar políticas y estructuras para fomentar la innovación en el sector agrícola y agropecuario, con el objetivo de mejorar la productividad y sostenibilidad. En el caso de Brasil con la institución de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), ha sido un líder en innovación agrícola en la región desde la década de 1970. En Colombia la Ley 1876 de diciembre 29 de 2017 creó y puso marcha del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria. Esta ley creó nuevas funciones, competencias y mecanismos de articulación de las entidades y organismos de coordinación del orden nacional y territorial que componen el SNIA.

Como se evidencia el SNIA promueve la coevolución de la producción agrícola, implicando así la interacción mutua y la adaptación a lo largo del tiempo entre los componentes tecnológicos, sociales e institucionales de una innovación (Klerkx, Aarts, y Leeuwis, 2010). Pocos estudios se han orientado a investigar sobre la evolución de los SNIA, las implicaciones que han tenido en las políticas de innovación y medir su impacto en el sector agrícola. Esta investigación es de utilizando como método de investigación el análisis bibliométrico, identificó la evolución de las publicaciones a lo largo del tiempo y los temas más relacionados con un campo de investigación específico. Esta revisión de artículos se ha realizado por medio de las bases de datos de Scopus. Se utilizó el término “Agricultural Innovation Systems”.

Los datos se analizaron utilizando VOSviewer una herramienta de software gratuita que utiliza técnicas de mapeo adecuadas que agrupan las salidas en grandes redes bibliométricas (Van Eck y Waltman, 2010). En particular, VOSviewer se usó para *el acoplamiento bibliográfico y la concurrencia de palabras clave*. El acoplamiento bibliográfico establece la similitud entre documentos mediante la identificación de elementos que comparten las mismas referencias. También se analizó la co-ocurrencia de palabras clave, donde identifica la cantidad de veces que dos palabras clave se usan juntas en los artículos de la muestra y, por lo tanto, indica su proximidad al campo de estudio. A continuación, se presentan los resultados.

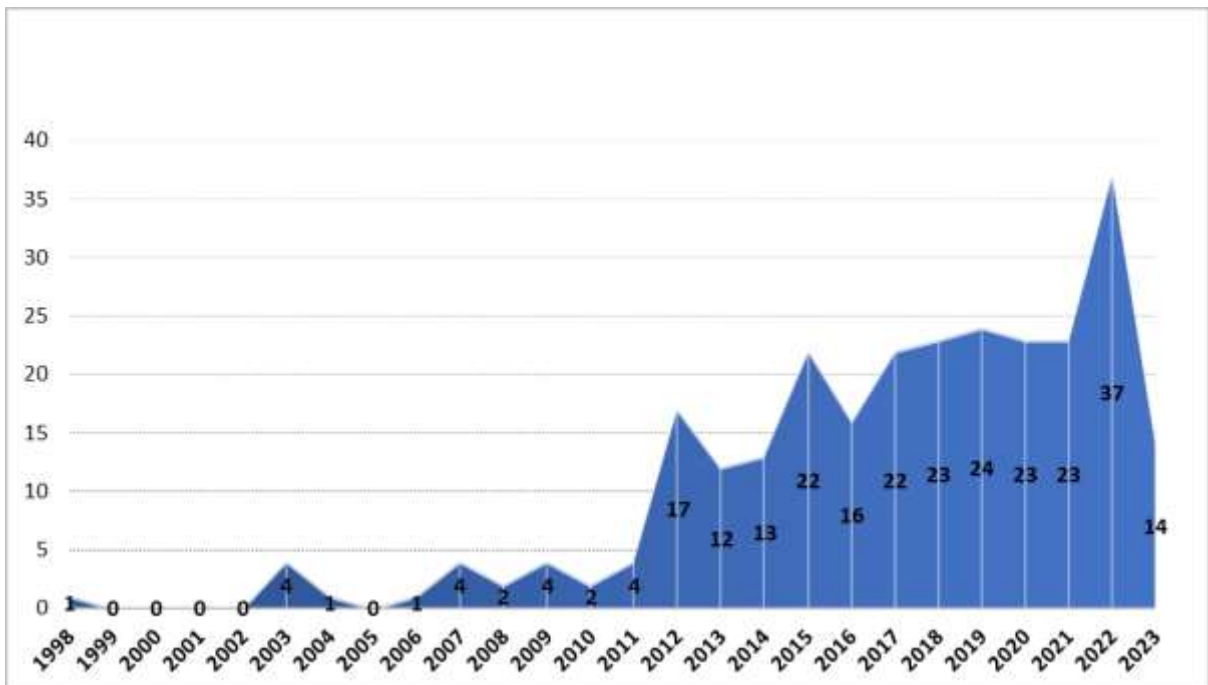
2 RESULTADOS

Según el análisis bibliométrico en 25 años (de 1998 a 2023) Scopus registra 268 publicaciones sobre Sistemas Nacionales de Innovación Agrícola. De las 268 publicaciones, 215 son artículos, 18 son capítulos de libros, 17 son Review, 9 son Conference Paper, 4 editorial, 3 Note, 2 son libros y 1 son

Conference Review. El 61% de los documentos pertenecen al área de Ciencias biológicas y de la agricultura, seguida de Ciencias sociales con un 43% y Ciencias ambientales con un 21%.

La investigación sobre Sistemas Nacionales de Innovación Agrícola tuvo una tendencia ascendente y un mayor desarrollo en los últimos años. El año 2022 fue de alta producción con un total de 37 documentos (Figura 1). Entre 1998 y 2002 hubo nulidad en el número de publicaciones. No fue hasta 2003 en donde se retomó la publicación de documentos referentes al tema de Sistema Nacional de Innovación Agrícola. Entre 2011 y 2012 se experimentó el primer gran pico de publicaciones, alcanzando 21. Nuevamente, esta cifra descendió y volvió a incrementar entre los años 2016 y 2019. Finalmente, el mayor grado de auge anual se le otorga a 2022, en donde se evidenció un aumento significativo de 14 artículos más frente al año anterior. De lo que va del 2023, se han realizado 13 publicaciones.

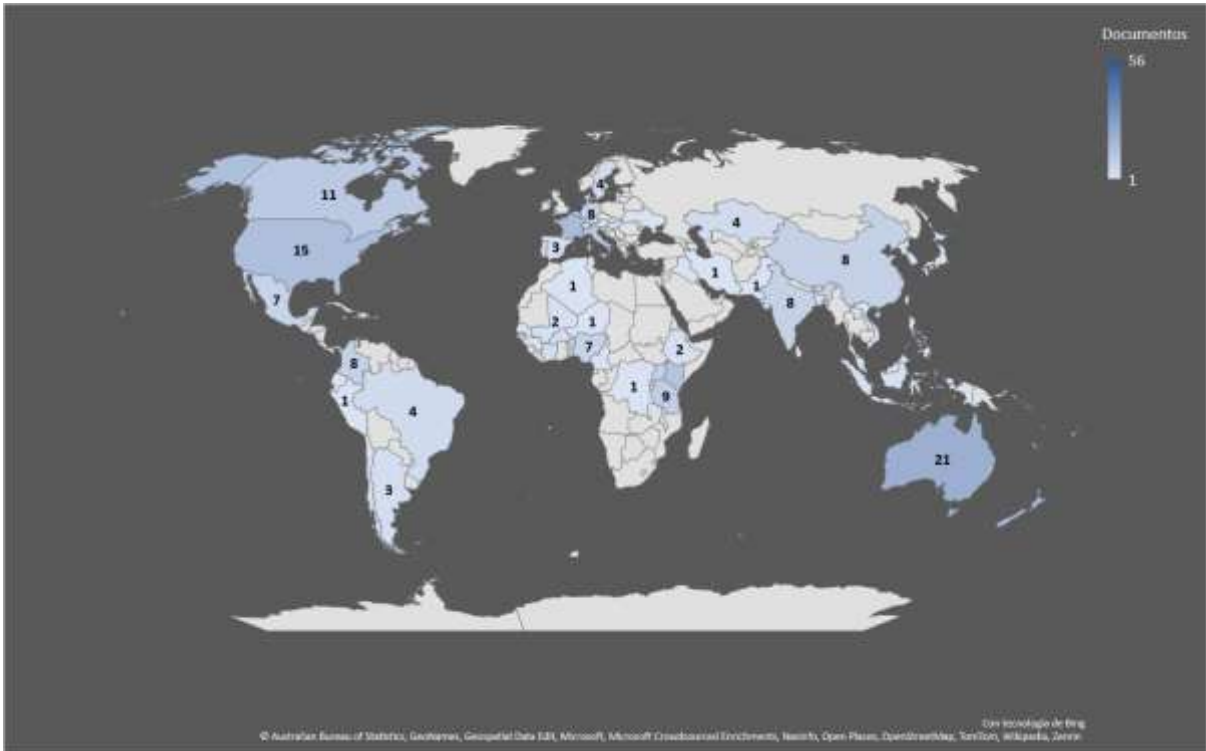
Figura 1: Publicaciones por año Sistema Nacional de Innovación Agrícola



Fuente: Scopus, 2023

Se han realizado estudios sobre Sistemas de Innovación Agrícola en 64 países, 20 africanos, 17 europeos, 15 asiáticos y 8 latinoamericanos (véase el gráfico 1). Los países con mayor contribución de artículos son Países Bajos con 56 documentos, Reino Unido con 25 y Australia con 21 documentos, la suma entre estos representa aproximadamente el 47% de las publicaciones por país. De América Latina, Colombia tiene 8 publicaciones, México aparece con 7, Brasil con 4, Argentina con 3, Chile y Nicaragua con 2 y Ecuador y Perú con 1 cada uno.

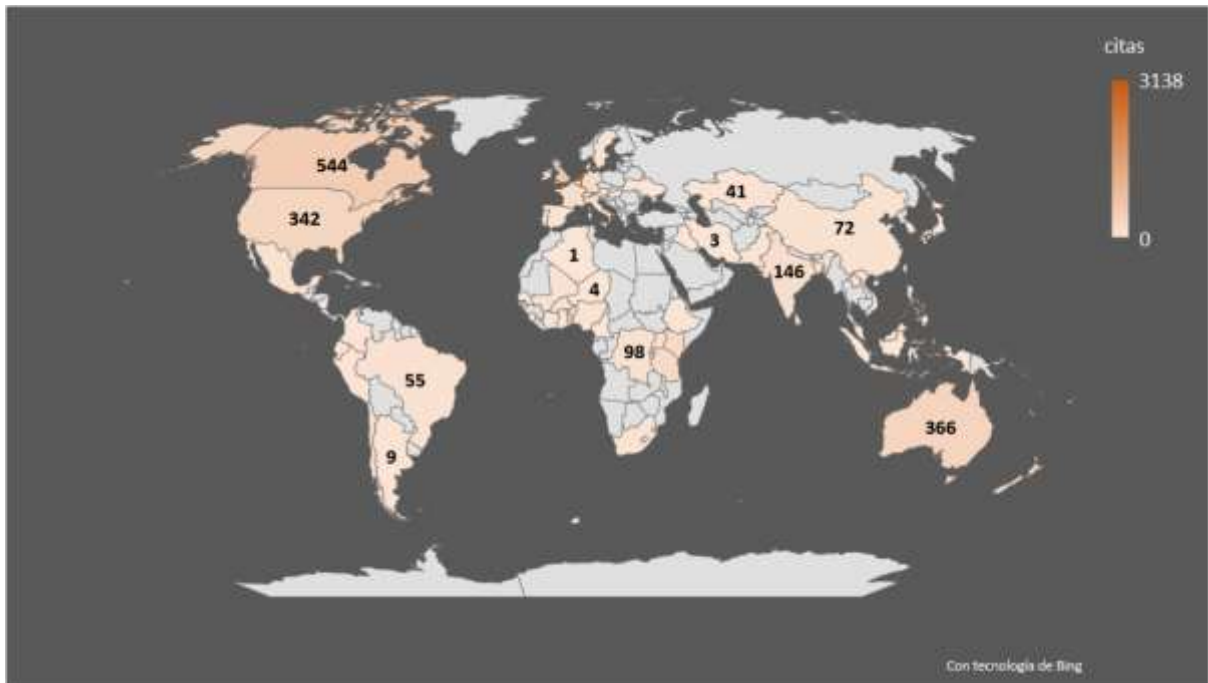
Gráfica 1: Artículos por país



Fuente: Elaboración propia con datos sacados de Scopus

El gráfico 2 muestra las citas por países. Los artículos publicados en Países Bajos son los más citados, en total, cuentan con 3138 citas. Reino Unido tiene 680 citas, Canadá 544, Nueva Zelanda 451 y Australia 366. Chile, con dos publicaciones ha sido citado 119 veces, posicionándolo como el país más relevante entre los latinoamericanos. le sigue México con 93 citas; Brasil con 55, Perú con 26, Nicaragua con 24, Colombia con 17, Ecuador con 11 y Argentina con 9 citas.

Gráfico 2: Citaciones por país

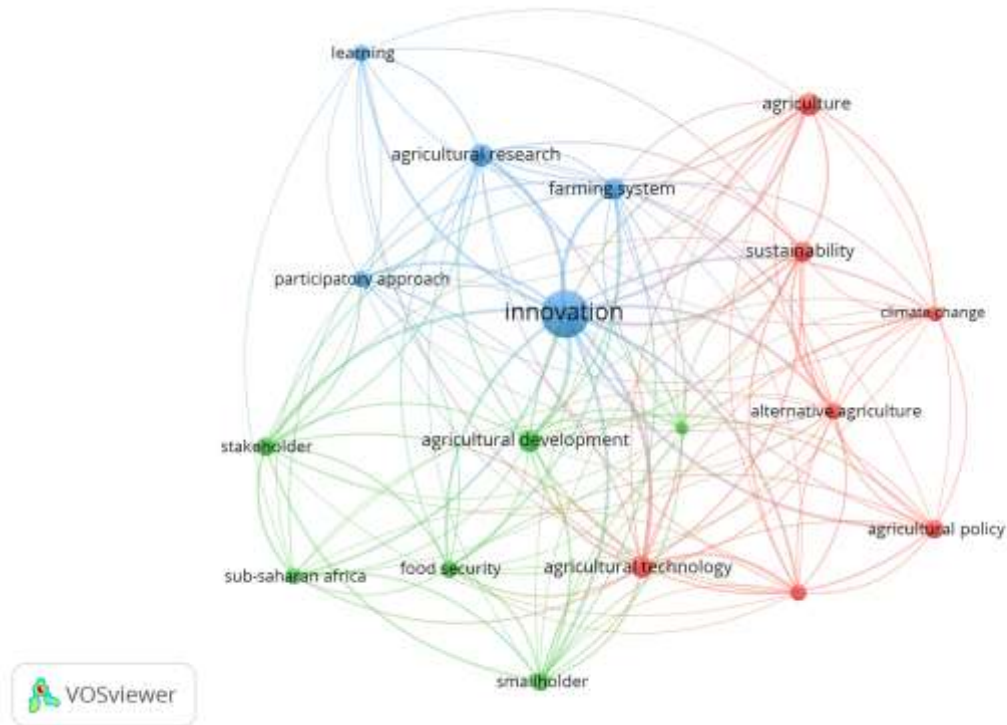


Fuente: Elaboración propia con datos sacados de Scopus

2.1 Análisis de palabras clave

La estructura semántica de los Sistemas de Innovación Agrícola puede construirse a partir de las palabras clave que reflejan los descriptores que han sido seleccionados tanto por los autores como por las revistas. Este análisis de palabras clave nos permitirá conocer nuestro campo de investigación. Para analizar las palabras clave se siguieron varios pasos. En primer lugar, se estableció que la palabra debía aparecer al menos 4 veces (en un total de 1025 palabras), se descartó la palabra “agricultural innovation system” por estar repetida. Siguiendo este planteamiento, se eligió un conjunto de 20 palabras consideradas relevantes para transmitir información conceptual dentro del ámbito de la investigación. Se utilizó VOSviewer para visualizar los datos y se realizó un recuento completo de todas las palabras clave, ponderando cada coincidencia por igual. La frecuencia de aparición de cada palabra clave se representa mediante el tamaño de punto correspondiente. El análisis resultante generó tres grupos distintos (véase la Figura 2), los cuales abarcan todos los registros del conjunto de datos.

Figura 2: Nube de palabras Sistemas de Innovación Agrícola



Fuente: VOSviewer

El cluster 1 rojo, comprende en mayor parte a la política, producción y tecnología agrícola, cada una con 19, 15 y 12 incidencias respectivamente. Estos enfoques se destacan como una de las mayores fuentes de innovación en el sector agrícola, pues tienen el potencial de abordar los desafíos actuales de la agricultura. Para lograr una gobernanza sostenible de la innovación agrícola, es necesario comprender los diferentes componentes que influyen en los procesos de innovación y que a su vez son influenciados por ellos. Existen disparidades significativas en el acceso y el control de los recursos entre los pequeños agricultores y otros grupos, lo que genera asimetrías.

Estas dinámicas de poder aumentan el riesgo de intervención agrícola, marginando aún más a los grupos desempoderados y reforzando las jerarquías de poder en perjuicio de los pequeños agricultores (Eidt et al., 2020). Por ello, es pertinente comprender que la sociedad carece de una orientación institucional adecuada capaz de beneficiarse de la transición socio-técnica, la cual permite establecer espacios de debate y consenso en donde se consideren las implicaciones de la digitalización en la agricultura a niveles más amplios como el mayor impulsor de la equidad en el sector (Fielke et al., 2019)

Dado que las redes de innovación sólo pueden influir parcialmente en su entorno institucional y que los resultados imprevistos y eventos aleatorios afectan el proceso de innovación, es por esto que los agentes de estas redes necesitan constantemente adaptarse al contexto en el que se encuentran. Para lograr esto, es importante contar con facilitadores y métodos de seguimiento y evaluación que promuevan el aprendizaje del sistema (Klerkx et al., 2010). Los enfoques de innovación bien establecidos y respaldados pueden ayudar en el cambio hacia un futuro agrícola más sostenible. Estos enfoques pueden adoptar diferentes enfoques y paradigmas, como la agroecología, los sistemas

alimentarios locales, la agricultura vertical, la bioeconomía, la agricultura urbana y la agricultura inteligente o digital. (Pigford et al., 2018), para ello, los estudios revelan que hay tres principios de intensificación sostenible que guían la revolución en los sistemas de innovación agrícola: las personas, la producción y el planeta. Mediante una mayor inclusión de las personas se puede aumentar la probabilidad de alcanzar la sostenibilidad social, además de beneficiar a la producción y al medio ambiente (Rose et al., 2021).

Los nodos del clúster 2 verde comprenden, en su mayoría, al desarrollo agrícola, a los stakeholders y smallholder, cada uno con incidencias de 22, 14 y 15 respectivamente. Este grupo examina la correlación existente entre la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible, poniendo como manifiesto que el enfoque de los sistemas de innovación agrícola se centra principalmente en las interacciones y el aprendizaje entre los agricultores y otros actores y en menor medida en los procesos colectivos que tienen lugar entre ellos (Dolinska & d'Aquino, 2016), a menudo, las organizaciones de investigación agrícola son los intermediarios de la red, facilitando la aparición del sistema de innovación (Hellin & Camacho, 2017). Es pertinente destacar que el reciente cambio hacia los sistemas de innovación agrícola reconoce que el desarrollo agrícola es complejo y debe implicar a múltiples actores. Esto hace que la innovación en el marco de un proyecto sea intrínsecamente difícil.

Dentro de los sistemas de innovación agrícola (SIA), varios grupos de interesados interpretan inevitablemente la "innovación" desde su propia posición de privilegio y poder. Centrándose en los sistemas agrícolas de pequeños agricultores con inseguridad alimentaria (Eidt et al., 2020). En las investigaciones de este grupo se explora cómo la dinámica de poder entre las partes interesadas puede influir en las iniciativas de innovación agrícola participativa, y ser influida por ellas, teniendo en cuenta que los agricultores no sólo construyen conocimientos de forma colectiva, sino que también producen y reproducen discursos y normas que sirven de marco para las acciones individuales y que pueden obstaculizar o apoyar la innovación. (Dolinska & d'Aquino, 2016). Foran et al., 2014 encontró notables tensiones, así como interacciones sinérgicas entre la agroecología, los sistemas de innovación agrícola, los sistemas socioecológicos y la ecología política. Concluyó que las interacciones entre marcos mejoran la comprensión de cómo las estrategias de desarrollo sectoriales y macroeconómicas repercuten en los medios de subsistencia, la disponibilidad y el acceso.

Por último, el cluster 3 azul, compuesto por 5 constructos, se centra en el nodo "innovación" con 93 incidencias. Este cluster se basa en la investigación agrícola y en el sistema agrícola, el cual es el tercer constructo con mayor frecuencia y en total reúne 19 incidencias. Los estudios de este grupo revelan que la innovación está recibiendo cada vez más atención entre los responsables de las políticas públicas y como medio para abordar los retos del desarrollo económico sostenible. Sin embargo, una serie de factores como una infraestructura física y de conocimiento inadecuada, la incoherencia de los marcos institucionales o la falta de capacidades específicas pueden repercutir negativamente en el funcionamiento del sistema de innovación agrícola.

Markow et al., 2023, se centraron en el concepto de efectos indirectos de los proyectos agrícolas y su potencial para reforzar los sistemas de innovación agrícola. Por otro lado, Moreddu et al., 2013 supone que los esfuerzos por aumentar la producción y la productividad agrícolas se enfrentan a serios retos en términos de sostenibilidad, ya que tienen lugar en un entorno caracterizado por la escasez de recursos naturales y las incertidumbres sobre el impacto del cambio climático. Los estudios de este

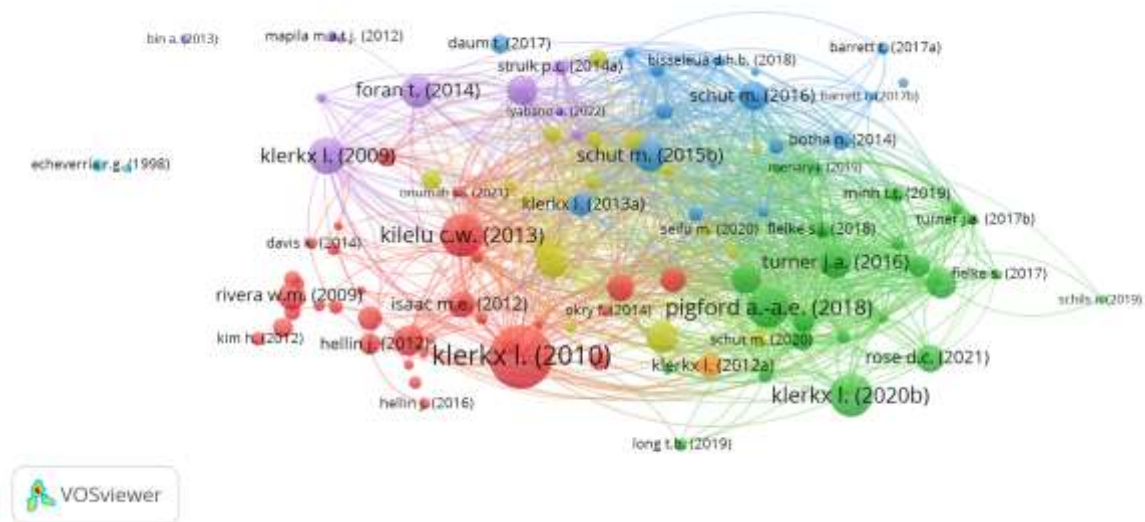
cluster concuerdan en que la innovación se considera clave para mejorar la productividad de forma sostenible (Moreddu et al., 2013).

Los nichos de innovación bien diseñados y apoyados pueden facilitar la transición hacia futuros agrícolas sostenibles, que pueden seguir diferentes enfoques y paradigmas como la agroecología, la agricultura vertical, la bioeconomía, entre otros, (Pigford et al., 2018). Mota et al. (2023) manifiestan que las redes de innovación en las que participan varios actores han promovido la adopción de prácticas sostenibles de forma deliberada y concertada, por lo que las iniciativas promovidas por una red de innovación deben incorporarse a la red empresarial existente para que los resultados sean de largo plazo.

2.2 Análisis de autores por citación de documentos

Se realizó un enlace bibliográfico para medir la similitud entre documentos, identificando así si existe la probabilidad de que dos o más documentos tratan temas relacionados. También ayuda a identificar a los autores más influyentes. Para realizar este análisis, el tipo de búsqueda se limitó a 105 artículos. El programa VosViewer clasificó 7 clusters que se comportan de la siguiente manera.

Figura 3: Clusters por enlace bibliográfico



Fuente: VOSviewer

El cluster 1 está formado por 33 documentos, siendo los más citados el de Klerkx et al (2010) con 470 citaciones y el de Kilelu et al. (2013) con 216. En este grupo los autores se orientaron en el estudio de las interacciones entre las redes de innovación y su entorno con el fin de comprender cómo pueden aplicarse las prácticas de gestión adaptativa para mejorar la eficacia de estos sistemas. En su investigación, Hermans et al. (2013) exploraron cómo las innovaciones en agricultura, como las

nuevas tecnologías, prácticas o enfoques, pueden ampliarse y externalizar con éxito para llegar a un mayor número de agricultores y tener un impacto más amplio en los sistemas agrícolas. Por su parte, Rivera et al. (2009) enfocó su investigación en los sistemas de extensión agraria y su papel como impulsores de la innovación en el sector agrícola, e Isaac (2012) estudió la relación entre el intercambio de información agraria, los vínculos organizativos y la gestión de la agrodiversidad.

El cluster 2 está formado por 23 documentos y contiene 4 artículos muy citados. El primero Klerkx & Rose (2020) con 212 citas, Pigford et al. (2018) con 199, Turner et al. (2016) con 122 y Klerkx & Begemann (2020) con 109. Los investigadores abordaron estudios centrados en comprender y explorar el concepto de sistemas de innovación agrícola (SIA) y su papel en el apoyo a la transformación de los sistemas alimentarios. Del mismo modo, buscaron identificar y comprender los problemas sistémicos y los mecanismos de bloqueo que obstaculizan la co-innovación dentro de los SIA.

De acuerdo con Lamprinopoulou et al., (2014) la aplicación de un marco sistémico integrado para analizar los sistemas de innovación agraria (SIA) es fundamental para las políticas de innovación futuras, su investigación se hizo analizando los casos de los Países Bajos y Escocia. Para Fielke et al. (2018) conceptualizar la "Digitalización de los Sistemas de Innovación Agrícola" (DAIS) y explorar sus implicaciones para la tecnología y la política en múltiples niveles, permite examinar las posibles repercusiones y transformaciones que la digitalización puede aportar a diversos aspectos del sector agrario. Por otro lado, Turner et al. (2017) buscaron desentrañar el concepto de capacidad de innovación sistémica y su papel en la innovación agrícola, examinando a su vez cómo los proyectos configuran dinámicamente sus capacidades para explorar simultáneamente nuevas posibilidades y explotar los conocimientos y recursos existentes en el contexto de la innovación agrícola.

El cluster 3 está conformado por 17 documentos, de los cuales el artículo más citado fue de Schut et al. (2015) con un total de 114 citas. Las investigaciones pertenecientes a este grupo están orientadas a destacar la importancia de la participación de las partes interesadas, el intercambio de conocimientos y los procesos de toma de decisiones en colaboración para impulsar la innovación agrícola. De acuerdo con Schut et al. (2016) la intensificación sostenible permite el aumento de la productividad agrícola al tiempo que se minimizan los impactos medioambientales negativos y se garantiza la sostenibilidad a largo plazo. Las investigaciones realizadas por (Botha, 2014) y Vereijssen et al. (2017) se centran en el examen y aplicación de las enseñanzas y conocimientos adquiridos a partir de un programa específico de coinnovación para afrontar retos complejos en el sector primario de Nueva Zelanda.

En el cluster 4 el artículo más citado fue el de Cofre-bravo et al. (2019) con 119 citas. En este cluster los autores buscaron diversos aspectos de la innovación agraria, como los avances tecnológicos, las prácticas de gestión o los métodos de agricultura sostenible, del mismo modo, exploran los retos y oportunidades a los que se enfrentan los agricultores a la hora de adoptar y aplicar prácticas innovadoras. Dolinska & d'Aquino (2016) basaron su investigación en el estudio del papel de los agricultores como agentes activos en los sistemas de innovación agrícola. Yang et al. (2014) se centran en estudiar el papel de las cooperativas de agricultores como intermediarias para facilitar los procesos de innovación agrícola. Por otro lado, Klerkx et al. (2013) desarrollaron su investigación sobre el análisis de las plataformas de innovación agrícola desde la perspectiva de los campeones de

la innovación, los cuales son personas u organizaciones que desempeñan un papel crucial a la hora de impulsar y facilitar los procesos de innovación.

El cluster 5 se compone de 10 documentos. El artículo más citado es el de Klerkx et al. (2009), el cual reúne 162 citas. Los autores de este grupo se centran en explorar el papel y la eficacia de los agentes de innovación en la mejora de la capacidad de innovación agrícola. En la investigación de Forant et al. (2014) se examinaron los múltiples actores, instituciones, procesos y circuitos de retroalimentación que configuran la producción, distribución, consumo y gestión de residuos alimentarios. Klerkx et al. (2012) investigó sobre la intermediación del conocimiento y su papel en la facilitación de los sistemas de innovación en el sector agrario.

El cluster 6 se compone de 2 documentos, el más citado fue el de Echeverría (1998) con 22 citas, el otro realizado por Lamontagne-Godwin et al. (2019) solo contó con 9. El primer artículo ofrece una visión general de las cuestiones de política de investigación agraria en América Latina. Echeverría (1998) estudió diversas dimensiones, como la financiación, las prioridades de investigación, la colaboración, la creación de capacidades y las recomendaciones políticas. El segundo artículo investiga la identificación de enfoques sensibles al género en los servicios de asesoramiento rural en Pakistán y su contribución a la institucionalización de las consideraciones de género. Ambos artículos ofrecen recomendaciones políticas para mejorar la eficacia y el impacto de la investigación agrícola, sugieren estrategias para fortalecer las instituciones de investigación, mejorar los mecanismos de financiación, promover políticas de apoyo, acuerdos institucionales e iniciativas de desarrollo de capacidades en la promoción de redes de innovación eficaces para los pequeños agricultores.

Por último, el clúster 7 se compone de un único documento, el cual fue realizado por Klerkx et al. (2012) y cuenta con 66 citas. El artículo examinó la participación de distintas partes interesadas, como agricultores, investigadores, extensionistas y responsables políticos, en el proceso de diseños que faciliten la comunicación, la colaboración y el intercambio de conocimientos entre las diferentes partes interesadas que participan en proyectos de innovación agrícola.

2.3 Evolución del sistema de innovación agropecuaria en Colombia

Antes de la creación del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) en Colombia, existían varias políticas públicas, estrategias e instituciones que intentaban abordar la innovación y el desarrollo en el sector agropecuario. Por ejemplo, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) fundado en 1962, ha sido una de las principales instituciones dedicadas a la investigación y extensión agropecuaria. Su misión ha sido mejorar la productividad y la calidad de los productos agropecuarios a través de la investigación científica, la regulación y el control sanitario. En 1993 se fundó Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) (actualmente AGROSAVIA) se ha centrado en la investigación y desarrollo de tecnologías agrícolas.

El Plan Nacional de Desarrollo es el principal documento de planificación del gobierno colombiano, que se actualiza cada cuatro años. Ha incluido capítulos específicos sobre el desarrollo agropecuario y rural, destacando la importancia de la innovación y la transferencia de tecnología para mejorar la competitividad del sector. La Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) ha buscado fortalecer el sistema de ciencia, tecnología e innovación en Colombia, incluyendo el sector

agropecuario. El Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA), establecido en la década de 1990, se enfocó en la transferencia de tecnologías apropiadas a pequeños y medianos productores. También se han creado Proyectos Regionales y Locales y se han tenido apoyo y cooperación técnica de organismos internacionales como la FAO, el Banco Mundial y el BID, así como de países con experiencia avanzada en agricultura.

Además, se han creado Organizaciones como la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) y otros gremios agropecuarios que han jugado roles importantes en la promoción de la innovación. Estas entidades han facilitado la transferencia de tecnología y la implementación de buenas prácticas agrícolas entre sus miembros. La Ley de Desarrollo Rural (Ley 160 de 1994), buscó promover el desarrollo integral del campo, incluyendo componentes de modernización agrícola y mejora de la productividad. Los Planes de Ordenamiento Productivo y Social de la Propiedad Rural (PRODESARROLLO), que se centraron en la organización y modernización de la propiedad rural para mejorar la eficiencia productiva.

Por último, la creación del SNIA representó un esfuerzo por consolidar y articular estos diversos esfuerzos bajo un marco más coherente y estructurado, con el objetivo de mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector agropecuario colombiano. En Colombia, el sector agropecuario ha sido crucial para la economía, pero enfrentaba desafíos significativos en términos de productividad, competitividad y sostenibilidad. La innovación se vio como una solución para superar estos desafíos y mejorar la eficiencia y la calidad de la producción agrícola.

2.4 Creación del SNIA

Marco Legal y Normativo: La Ley 1876 de 2017 fue un hito fundamental en la creación del SNIA. Esta ley estableció el marco legal para el funcionamiento del sistema, definiendo sus objetivos, componentes y la estructura organizativa. La ley reconoció la importancia de la innovación para el desarrollo rural y la competitividad del sector agropecuario.

Actores Clave: La ley también identificó a los actores clave que formarían parte del SNIA, incluyendo instituciones de investigación, universidades, organizaciones de productores, entidades gubernamentales y el sector privado. La colaboración entre estos actores es esencial para el éxito del sistema.

El SNIA se estructuró en torno a tres componentes principales:

- ✓ **Investigación y Desarrollo (I+D):** Impulsar la investigación científica y tecnológica en temas agropecuarios.
- ✓ **Transferencia de Tecnología:** Facilitar la transferencia y adopción de tecnologías innovadoras por parte de los productores.
- ✓ **Extensión y Asistencia Técnica:** Proveer servicios de extensión y asistencia técnica para asegurar que los productores puedan implementar las innovaciones de manera efectiva.

Instituciones Líderes: Entidades como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), AGROSAVIA, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y universidades han jugado roles centrales en la investigación y la transferencia de tecnología.

Proyectos y Programas: A lo largo de los años, se han desarrollado numerosos proyectos y programas bajo el marco del SNIA, enfocados en áreas como la mejora de semillas, manejo de suelos, control de plagas y enfermedades, y prácticas agrícolas sostenibles.

Financiamiento y Apoyo: El financiamiento para las actividades del SNIA proviene de diversas fuentes, incluyendo el gobierno, organismos internacionales y el sector privado. Este apoyo financiero es crucial para la sostenibilidad y expansión del sistema.

2.5 Impacto del sistema nacional de innovación agropecuario en Colombia

Para determinar el impacto del SNIA en el desempeño y la ventaja competitiva del sector agrícola se diseñó un modelo de ecuaciones estructurales en el cual se evaluó cómo la innovación abierta mejora en desempeño innovador y la ventaja competitiva y que esta relación se fortalece con la presencia del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria. La muestra fueron 102 pymes hortofrutícolas del Norte del Valle en Colombia. Los resultados del estudio primero demostraron que las escalas utilizadas para medir la innovación abierta, el desempeño innovador y la ventaja competitiva fueron las adecuadas, todas cumplieron el criterio de validez convergente y discriminante.

Tabla 1. Validez de las escalas

	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted (AVE)
DI	0.853	0.890	0.891	0.621
INNA	0.753	0.772	0.835	0.509
VC	0.796	0.852	0.862	0.611

Según el modelo estructural la innovación abierta explica el 21,2% de la varianza del desempeño innovador y el 17% de la ventaja competitiva, estos valores son pequeños, lo que indica que existen más variables involucradas en estas relaciones. Asimismo, el modelo exhibe un ajuste aceptable al cumplir con el indicador SRMR de 0.09 (Hu y Bentler, 1999) una Chi-cuadrado de 1117.289 y un NFI de 0.604. Para estimar la significancia de los efectos directos del modelo se llevó a cabo un proceso de bootstrapping (5.000 muestras). Los efectos se comprueban con un valor T-value >1.96 y P-value <0.05.

Figura 1. Modelo estructural

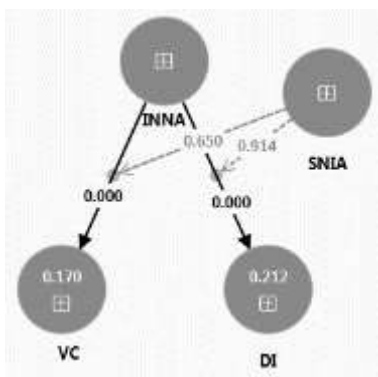


Tabla 2. Resultados del impacto de las variables

	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (O /STDEV)	P values
INNA -> DI	0.462	0.489	0.084	5.507	0.000
INNA -> VC	0.400	0.430	0.083	4.795	0.000
SNIA -> DI	0.097	0.080	0.246	0.395	0.693
SNIA -> VC	0.406	0.403	0.264	1.537	0.124
SNIA x INNA -> DI	-0.042	-0.024	0.389	0.108	0.914
SNIA x INNA -> VC	-0.190	-0.171	0.419	0.454	0.650

Como se evidencia en la tabla 2 la innovación abierta promueve tanto el desempeño como la ventaja competitiva de las pymes del sector hortofrutícola. Sin embargo, se demostró que estas relaciones no se ven fortalecidas por el SNIA, porque la mayoría de agricultores en Colombia desconocen la ley y la política pública que se ha gestado buscando mejorar los indicadores de innovación en el sector.

3 Conclusiones

En los últimos 25 años, la investigación sobre Sistemas Nacionales de Innovación Agrícola ha mostrado una tendencia ascendente, con un notable incremento en la producción de documentos, especialmente en los años recientes. Los estudios sobre el SNIA se han llevado a cabo en 64 países, con una mayor contribución de publicaciones provenientes de Países Bajos, Reino Unido y Australia.

En el análisis bibliométrico se destaca la importancia de la política, la producción y la tecnología agrícola como principales fuentes de innovación en el sector agrícola. Para lograr una gobernanza sostenible, es crucial entender los componentes que influyen reconociendo las disparidades en el acceso y control de recursos que afectan a los pequeños agricultores. Además, se necesitan facilitadores y métodos de seguimiento que promuevan el aprendizaje y la adaptación constante al contexto.

Asimismo, se recalca la importancia de las interacciones y el aprendizaje entre agricultores y otros actores, facilitados a menudo por organizaciones de investigación agrícola. No obstante, el

desarrollo agrícola es complejo y debe involucrar a múltiples actores, lo que hace difícil la innovación en proyectos específicos. Además, se observa cómo las dinámicas de poder entre las partes interesadas pueden influir en las iniciativas de innovación agrícola participativa, afectando y siendo afectadas por los discursos y normas establecidos.

En la literatura se evidenció una creciente atención entre los responsables de políticas públicas para abordar los retos del desarrollo económico sostenible. Sin embargo, factores como la infraestructura inadecuada y la falta de capacidades específicas pueden afectar negativamente el sistema de innovación agrícola. Los estudios muestran que la innovación es clave para mejorar la productividad de manera sostenible y que los nichos de innovación bien diseñados pueden facilitar la transición hacia futuros agrícolas sostenibles.

Los temas de mayor interés entre los autores fue el estudio de las interacciones entre las redes de innovación y su entorno, igualmente, buscaron comprender y explorar el concepto de sistemas de innovación agrícola (SIA) y su papel en el apoyo a la transformación de los sistemas alimentarios. También se hace énfasis en colaborar con otros actores para innovar y gestionar la innovación agraria, como los avances tecnológicos, las prácticas de gestión o los métodos de agricultura sostenible con el apoyo de agentes de innovación. Se identificó que la investigación agraria en América Latina, es incipiente.

Por último, se demostró que en Colombia la política pública que ha creado el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria está en su etapa de desarrollo y aún no ha tenido un impacto significativo en el sector. El desconocimiento de estas políticas por parte de los actores impide su apropiación y adaptación, lo que no genera un impacto en el desempeño y la competitividad del sector agrícola. Aunque América Latina es reconocida como la despensa del mundo y una pieza clave para la seguridad alimentaria, el desarrollo de los Sistemas Nacionales de Innovación Agropecuaria (SNIA) en la región ha sido limitado.

REFERENCIAS

Ahrolovich, R. N., Urinbaevana, M. H., & Madiyarovich, S. S. (2020). Melon and its environmental characteristics. *Journal of Critical Reviews*, 7(2), 480-490.

Borrero, J. D. (2019). Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología Blockchain. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, 95, 71-94.

Botha, N. (2020). Agriculture vs. conservation: how Grootvadersbosch Conservancy finds the common ground. *South African Geographical Journal*, 102(3), 372-388.

Chesbrough, H. (2006). *Open business models: How to thrive in the new innovation landscape*. Harvard Business Press.

Chesbrough, H. W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.

Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). *Explicating Open Innovation: Clarifying an Emerging Paradigm for Understanding Innovation*. In Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W., & West, J. (Eds.), **New Frontiers in Open Innovation**. Oxford University Press.

Chesbrough, H., & Bogers, M. (2014). Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. *New Frontiers in Open Innovation*. Oxford: Oxford University Press, Forthcoming, 3-28.

DANE 2020. Censo-nacional-agropecuario-2014. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

Dolinska, A., & d'Aquino, P. (2016). Farmers as agents in innovation systems. Empowering farmers for innovation through communities of practice. *Agricultural systems*, 142, 122-130.

Echeverri-Romero, R. D., Silva-Castellanos, T. F., Ruano-Arcos, L. D., Sánchez-Álvarez, J., & Ordóñez-Tovar, I. D. (2022). Ventaja competitiva de las PYMES hortofrutícolas en Colombia: el rol de la innovación abierta y la orientación emprendedora. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(2), 171-184.

Eidt, C. M., Pant, L. P., & Hickey, G. M. (2020). Platform, participation, and power: How dominant and minority stakeholders shape agricultural innovation. *Sustainability*, 12(2), 461.

Fielke, S. J., Garrard, R., Jakku, E., Fleming, A., Wiseman, L., & Taylor, B. M. (2019). Conceptualising the DAIS: Implications of the 'Digitalisation of Agricultural Innovation Systems' on technology and policy at multiple levels. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90(1), 1-11.

Foran, T., Butler, J. R., Williams, L. J., Wanjura, W. J., Hall, A., Carter, L., & Carberry, P. S. (2014). Taking complexity in food systems seriously: An interdisciplinary analysis. *World Development*, 61, 85-101.

Hellin, J., & Camacho, C. (2017). Agricultural research organisations' role in the emergence of agricultural innovation systems. *Development in practice*, 27(1), 111-115.

Hermans, F., Stuiver, M., Beers, P. J., & Kok, K. (2013). The distribution of roles and functions for upscaling and outscaling innovations in agricultural innovation systems. *Agricultural systems*, 115, 117-128.

Isaac, M. E. (2012). Agricultural information exchange and organizational ties: The effect of network topology on managing agrodiversity. *Agricultural systems*, 109, 9-15.

Kilelu, C. W., Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2013). Unravelling the role of innovation platforms in supporting co-evolution of innovation: Contributions and tensions in a smallholder dairy development programme. *Agricultural systems*, 118, 65-77.

Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?. *Global Food Security*, 24, 100347.

- Klerkx, L., Aarts, N., & Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural systems*, 103(6), 390-400.
- Klerkx, L., Aarts, N., & Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural systems*, 103(6), 390-400.
- Klerkx, L., Aarts, N., & Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural systems*, 103(6), 390-400.
- Lamontagne-Godwin, J. D. (2019). *Gendered relationships in rural advisory services: A Pakistani case study* (Doctoral dissertation, University of Reading).
- Lamprinopoulou, C., Renwick, A., Klerkx, L., Hermans, F., & Roep, D. (2014). Application of an integrated systemic framework for analysing agricultural innovation systems and informing innovation policies: Comparing the Dutch and Scottish agrifood sectors. *Agricultural Systems*, 129, 40-54.
- Leeuwis, C., Leeuwis, C., & Ban, A. (2004). *Communication for rural innovation* (Vol. 231). Blackwell publishers.
- Markow, J., Fieldsend, A. F., von Münchhausen, S., & Häring, A. M. (2023). Building agricultural innovation capacity from the bottom up: Using spillover effects from projects to strengthen agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 209, 103670.
- Misra, A., & Mention, A. L. (2022). Exploring the food value chain using open innovation: a bibliometric review of the literature. *British Food Journal*, 124(6), 1810-1837.
- Misra, N. N., Dixit, Y., Al-Mallahi, A., Bhullar, M. S., Upadhyay, R., & Martynenko, A. (2020). IoT, big data, and artificial intelligence in agriculture and food industry. *IEEE Internet of things Journal*, 9(9), 6305-6324.
- Moreddu, C., Contini, E., & Ávila, F. (2017). Challenges for the Brazilian agricultural innovation system. *EuroChoices*, 16(1), 26-31.
- Pigford, A. A. E., Hickey, G. M., & Klerkx, L. (2018). Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. *Agricultural systems*, 164, 116-121.
- Pigford, A. A. E., Hickey, G. M., & Klerkx, L. (2018). Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. *Agricultural systems*, 164, 116-121.
- Rivera, J., Arenas, F. A., Rivera Correa, R., Benavides, L., Sánchez, J., & Barahona Rosales, R. (2014). Análisis de ciclo de vida en la producción de leche: comparación de dos hatos de lechería especializada. *Life*, 6, 50.
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land use policy*, 100, 104933.

Ruano-Arcos, L., Silva-Castellanos, T. F., & Echeverri-Romero, R. D. (2024). La ruta de la innovación abierta que promueve el desempeño y la ventaja competitiva de las Mipymes hortofrutícolas. *Contaduría y Administración*, 69(4), 473.

Schut, M., van Asten, P., Okafor, C., Hicintuka, C., Mapatano, S., Nabahungu, N. L., ... & Vanlauwe, B. (2016). Sustainable intensification of agricultural systems in the Central African Highlands: The need for institutional innovation. *Agricultural Systems*, 145, 165-176.

Takeuchi, H., & Nonaka, I. (1986). The new product development game. *Harvard business review*, 64(1), 137-146.

Turner, J. A., Klerkx, L., Rijswijk, K., Williams, T., & Barnard, T. (2016). Systemic problems affecting co-innovation in the New Zealand Agricultural Innovation System: Identification of blocking mechanisms and underlying institutional logics. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 76, 99-112.

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523-538.

Vereijssen, J., Srinivasan, M. S., Dirks, S., Fielke, S., Jongmans, C., Agnew, N., ... & Turner, J. A. (2017). Addressing complex challenges using a co-innovation approach: Lessons from five case studies in the New Zealand primary sector. *Outlook on AGRICULTURE*, 46(2), 108-116.

Yang, X., Gao, W., Zhang, M., Chen, Y., & Sui, P. (2014). Reducing agricultural carbon footprint through diversified crop rotation systems in the North China Plain. *Journal of Cleaner Production*, 76, 131-139.