



Caracterización del sistema de innovación sectorial agrícola global basado en análisis bibliométrico y análisis estructural

Characterization of the global agricultural sectoral innovation system based on bibliometric analysis and structural analysis

Manuel Zapata^{1*}; Juana Kuramoto²; Carlos Hernandez³

¹ Maestría en Gestión y Política de la Innovación y la Tecnología, Escuela de Posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Perú.

ORCID de los autores:

M. Zapata: <https://orcid.org/0000-0002-5745-2871>

J. Kuramoto: <https://orcid.org/0000-0002-5745-2871>

C. Hernandez: <https://orcid.org/0000-0001-6819-2270>

RESUMEN

Resulta difícil entender por qué en el Perú, una actividad productiva característica y en líneas generales tan exitosa a nivel macroeconómico como lo es la agricultura está subdividida en un subsector altamente productivo -agroexportador, que posiciona sus productos en los mercados más exigentes a nivel global- y una agricultura de familiar que mantiene a su actor principal, el agricultor tradicional, en un estado de subsistencia. Este último parece haberse estancado en el tiempo, conservando una matriz productiva centrada en cultivos transitorios de baja rentabilidad, sin acceso a tecnología o a asistencia técnica que le permita incrementar su competitividad, autonomía y poder de negociación, este fortalecimiento de capacidades les permitiría afrontar de una mejor manera las perturbaciones de mercado como la inflación postpandemia o la crisis de fertilizantes, dichas situaciones adversas no están delimitadas a una región o país por el contrario se encuentran generalizadas debido a la presión por la demanda mundial de alimentos por lo que es propicia la presente oportunidad para explorar cómo es que se aborda la temática de la innovación, el incremento de la productividad y la evolución del sector agrícola alrededor del mundo desde la perspectiva académica a través del análisis bibliométrico y el análisis estructural.

Palabras clave: agricultura; innovación; sistema; bibliometría; análisis; tendencias; políticas.

ABSTRACT

It is difficult to understand why, in Peru, a productive activity as characteristic and generally successful at the macroeconomic level as agriculture is subdivided into a highly productive subsector - agroexporting, which positions its products on the most demanding world markets - and a familiar agriculture that keeps its main actor, the traditional farmer, in a state of subsistence. The traditional farmer seems to have stagnated over time, maintaining a production matrix centered on low-profitability transitory crops, without access to technologies or technical assistance that would allow them to increase their competitiveness, autonomy and bargaining power, and this capacity building would enable them to better face market shocks such as post-pandemic inflation or the fertilizer crisis, such adverse situations are not limited to one region or country, but are widespread due to the pressure of global food demand, so this is a good opportunity to explore how innovation, productivity growth and the evolution of the agricultural sector around the world are approached from an academic perspective through bibliometric analysis and structural analysis.

Keywords: agriculture; innovation; system; bibliometrics; analysis; tendencies; policies.

1. Introducción

La agricultura fue la única actividad productiva con índices positivos durante la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID 19, con una variación porcentual de 2,6% y una Población Económicamente Activa Ocupada 8,1% (INEI, 2021b) frente a una contracción del PBI nacional en -11,1% (Banco Central de Reserva del Perú, 2020), en la última década dicha actividad evidenció un crecimiento del 38% lo que ha permitido que los peruanos gocemos de una relativa seguridad alimentaria, incluyendo el periodo de pandemia. No obstante, dicho incremento sostenido tiene sus particularidades si tomamos en cuenta que de los 7,6 millones de unidades productivas informales presentes en nuestro país, 2,4 millones pertenecen al sector agropecuario (Castañeda, 2019) siendo el subsector agropecuario informal quien mayor aporte realiza al PBI respecto a todos los sectores informales por actividad económica (44,6 mil millones de soles) siendo también muy superior al aporte del subsector agricultura formal (7,56 mil millones de soles) (INEI, 2021a).

En el mismo contexto, durante los últimos años ha ganado fuerza el subsector agroexportador el cual entre en 2021 y 2022 creció 12% llegando a los 9776 millones de dólares FOB en 2022, por lo tanto en nuestro país coexisten dos tipos de agricultura: la agroexportación que posiciona sus productos en los mercados más exigentes del globo caracterizándose por ser intensiva y orientada a los cultivos perennes; y por otro lado la agricultura de subsistencia que mantiene en un estado de sobrevivencia a su actor principal, el agricultor tradicional, el cual centra su matriz productiva en cultivos transitorios de baja rentabilidad, con un reducido acceso a tecnología (Fráquita Maquera, 2022) y a asistencia técnica (Paredes Díaz & Moreno Huaccha, 2019).

El rápido progreso de la agroexportación ha originado un incipiente sistema de innovación agrícola con clústeres productivos en torno a cultivos representativos como el arándano, la palta y el café (Abugattás et al., 2020), con el objetivo de aportar en la reducción de brechas entre dichos tipos de agricultura se expone el presente trabajo de investigación el cual busca realizar un análisis bibliométrico y estructural sobre la implementación y gestión de los sistemas de innovación agrícola (SIAs) en el mundo que sirva de base para una futura caracterización del SIA que se está formando en el país y que a su vez permita incorporar a los agricultores tradicionales como actores relevantes de dicho SIA.

El análisis de los sistemas de innovación agrícola se ha convertido en una referencia cada vez más

utilizada para evaluar los cambios tecnológicos, económicos e institucionales en dicho sector (Klerkx et al., 2010), si bien la integración de la tecnología en los procesos productivos agrarios se distingue como el factor fundamental para la evolución de los SIAs (Charatsari et al., 2023); (Qun et al., 2024), dicha integración debe estar respaldada por actividades que, sin pertenecer necesariamente a la investigación y desarrollo, pueden promover la transferencia tecnológica (Li et al., 2024) y el posicionamiento de los productos comercializables propios de un SIA en particular en un mercado determinado (Sengupta et al., 2024), por lo tanto un análisis estructural en función a las actividades inherentes al SIA se constituye en el primer paso para el establecimiento de las dinámicas entre los actores que lo conforman.

2. Metodología

Se utilizó el análisis bibliométrico ya que permite resumir grandes cantidades de datos para presentar el estado de la estructura intelectual y las tendencias emergentes de un tema o campo de investigación (Donthu et al., 2021), en la presente investigación dicho análisis está centrado en los SIAs utilizándose una metodología de 5 etapas (Tabla 1) para la recopilación de información bibliométrica lo que posibilite la realización de una evaluación exhaustiva del campo de estudio con la finalidad de identificar y determinar las áreas de investigación más influyentes proporcionando información sobre los intereses de la investigación actual y las direcciones para futuros trabajos en este campo.

Tabla 1
Metodología aplicada

Nº etapa	Etapa
1	Definición de los términos apropiados de búsqueda
2	Búsqueda de la información y resultados preliminares
3	Refinamiento de los resultados iniciales
4	Análisis bibliométrico
5	Determinación de las tendencias en la temática de investigación analizada

El análisis bibliométrico está constituido por la determinación de los indicadores mostrados en la Tabla 2. La búsqueda bibliométrica fue hecha en la base de datos SCOPUS la cual cubre múltiples campos de investigación incluyendo más de 5 mil editoriales y 20 mil revistas revisadas por pares (Elsevier, 2020), la fiabilidad de esta base de datos le destaca como fuente de datos bibliométricos para análisis a gran escala en evaluaciones y estudios sobre el panorama de la investigación y política científica (Baas et al., 2020).

Tabla 2
Indicadores bibliométricos

Indicador	Descripción
Artículos publicados	Cantidad de artículos publicados por año
Número de publicaciones por fuente	Cantidad de artículos publicados por revista
Influencia de los autores	Índice de autores más relevantes
Estadísticas de afiliación	Aporte por regiones y países, así como las instituciones más influyentes
Índice H e Índice G	A nivel de autor miden la productividad, así como el impacto de las citas que lo referencias en otras publicaciones.

2.1 Definición de los términos adecuados

Los términos que definieron nuestras palabras clave o keywords usadas para la colección de información respecto a los sistemas de innovación agrícola fueron la raíz "agro*", "sistema de Innovación", "tecnología", "políticas" y "pequeña finca", 4 combinaciones o ecuaciones de búsqueda tuvieron resultados importantes tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Definición de términos

Términos de búsqueda	Nº artículos R. iniciales	Nº artículos R. refinados
"innovation system" AND agro*	160	110
"innovation system" AND agro* AND policy	52	32
agro* AND "small farm" AND (innovation OR technology)	77	50
"sectoral innovation system" AND agro*	9	5
"innovation system" AND agro* AND technology AND policy	24	12
	322	209

2.2 Búsqueda de resultados preliminares

Usando el "título", el "resumen" y las "palabras clave" buscados en la base de datos SCOPUS se colectó artículos para los términos definidos, la primera búsqueda arrojó 322 artículos, los resultados fueron descargados en formato *.csv incluyendo información esencial como: "título del artículo", "autores" y "resumen".

2.3 Refinamiento de los resultados iniciales

A partir de la primera búsqueda se excluyeron los resultados propios de "notas", "editoriales" y "revisiones" manteniéndose las fuentes calificadas como artículos, presentaciones de conferencia, libros y capítulo de libros, eliminándose los registros repetidos, en la tabla 3 se muestran el número de

artículos de los resultados preliminares y refinados por ecuación.

Para la descripción de los indicadores bibliométricos se utilizó la función biblioshiny la cual forma parte de la librería Bibliometrix de R Studio (Moral-Muñoz et al., 2020), mientras que para el análisis de redes se usó el software VOSviewer (Aria & Cuccurullo, 2017).

2.4 Análisis estructural y funcional

La estructura de los SIA determina como las "funciones del sistema de innovación" se generan como resultado colectivo de la interacción entre los actores provocando el cambio tecnológico e institucional en el sistema, por lo tanto el análisis combinado de estructuras y funciones permite diagnosticar la velocidad y la dirección de los SI (Rijswijk et al., 2019), en un inicio fueron utilizados para caracterizar los Sistemas de Innovación propios a la energía eólica y a las celdas de energía, sin embargo su aplicación se ha extendido al estudio de múltiples sistemas sectoriales (Hekkert & Negro, 2009).

Para el análisis estructural y funcional de los SIAs se utiliza el modelo presentado por Turner y colaboradores (Turner et al., 2016), el cual es una referencia común aplicada por distintos autores, dicho modelo expone siete tipos de actividades:

- Actividades empresariales, que convierten el potencial de nuevos conocimientos, redes y mercados en acciones concretas para generar valor.
- Desarrollo del conocimiento el cual es fundamental para la innovación, dicho conocimiento no solo es generado por institutos de investigación formales, sino que también puede ser realizado por agricultores o empresas agrícolas.
- Difusión del conocimiento que permitan generar nuevo conocimiento además de escalar los beneficios para una coevolución social, tecnológica, institucional y de mercado.
- Orientación de la búsqueda, lo que permite desarrollar agendas a mediano y largo plazo orientando las actividades empresariales y de conocimiento según las prioridades para la satisfacción de la demanda.
- Formación de mercados, a partir de la introducción y posicionamiento de nuevos o mejorados productos.
- Movilización de recursos, tanto financieros y humanos para el desarrollo de las actividades en el SIA.
- Creación de legitimidad, que contrarreste la resistencia al cambio ya que los procesos de innovación amenazan el status quo, un ejemplo de actividad de creación de legitimidad es la

coalición de defensa la cual puede influir en la agenda de innovación, así como presionar para la movilización de recursos o cambios en la institucionalidad y sus regulaciones siendo más favorables a la coalición.

3. Resultados y discusión

3.1 Artículos publicados

Respecto a la producción científica se observa que durante los últimos años el estado del arte orientado a los sistemas de innovación asociados con la agricultura se ha incrementado (Figura 1), llegando a un máximo de 22 artículos publicados en el año 2020 advirtiéndose una reducción considerable durante los años 2021 y 2022, es importante mencionar que, al contrario de otros periodos, durante el año de mayor producción la idea de la transferencia y la aplicación de la tecnología para el desarrollo de los sistemas de innovación agrícolas prevaleció sobre otros conceptos relacionados a los SIA.

3.2 Número de publicaciones por fuente

Con relación al número de publicaciones por fuente se identifican a las revistas con mayor participación en la temática propuesta, siendo “Agricultural Systems” la que encabeza la lista con distancia al poseer 16 publicaciones, siguiéndole “Acta horticulturae” y “Sustainability” con 6 publicaciones respectivamente (Figura 2).

Agricultural Systems es una revista internacional que se ocupa de las interacciones entre los componentes y los niveles jerárquicos de los sistemas agrícolas, además de la relación con otros sistemas de uso de la tierra y su entorno natural, social y económico.

Acta Horticulturae es una revista que contiene exclusivamente trabajos presentados en simposios o congresos de la International Society for Horticultural Science la cual fue fundada en 1959 publicándose la primera edición de la revista en 1963, al día de hoy tiene registrados más de 70000 artículos originales.

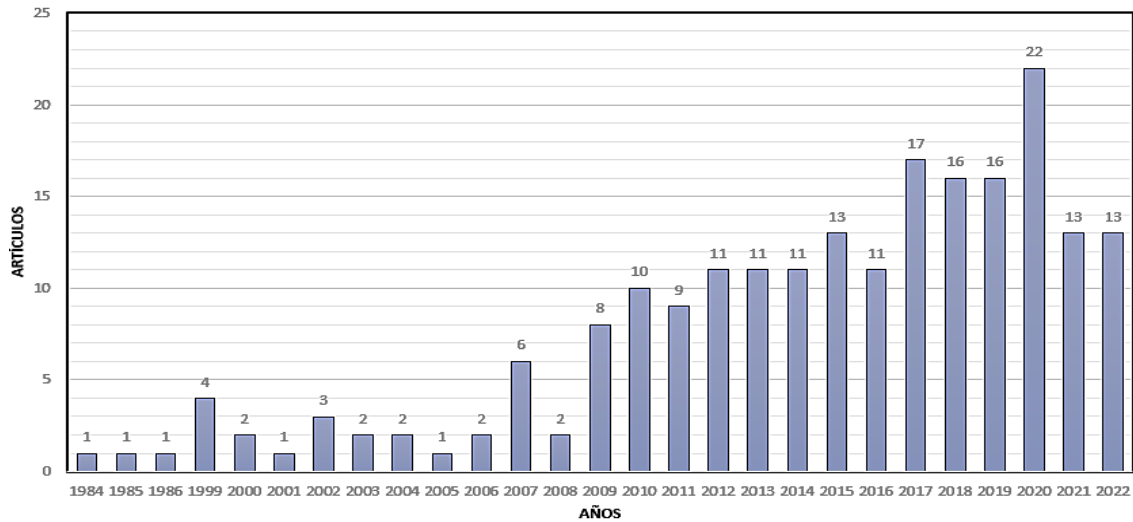


Figura 1. Artículos publicados por año.

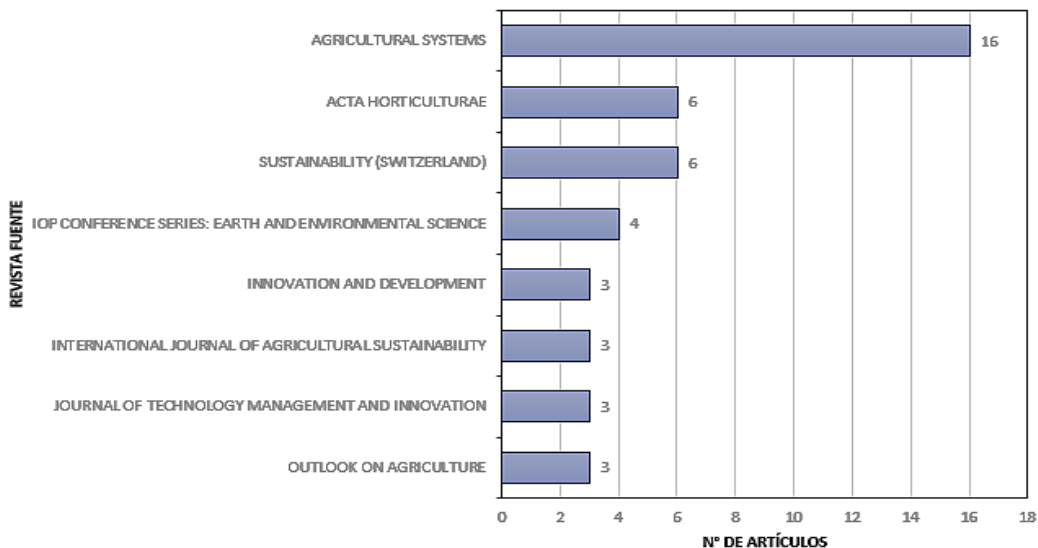


Figura 2. Número de publicaciones por fuente.

3.1.3 Estadística de afiliación

La Figura 3 expone los enlaces de colaboración para el desarrollo e implementación de las investigaciones centradas en los sistemas de innovación agrícola. Países Bajos lidera, tanto el índice de publicaciones, como el índice de colaboración con instituciones de otros países, le siguen Francia y Reino Unido. Si bien USA es el segundo país con mayor producción en la temática, ocupa el cuarto lugar respecto a las publicaciones con autores de otros países.

La afiliación de los autores fue extraída del archivo *.csv, y se obtuvo la producción científica en la temática por región geográfica (Tabla 4).

Tabla 4

Distribución de las publicaciones por regiones

Región Geográfica	Frec.	%
Europa	268	40,92
América	140	21,37
Asia	113	17,25
África	100	15,27
Oceanía	34	5,19
	655	100,00

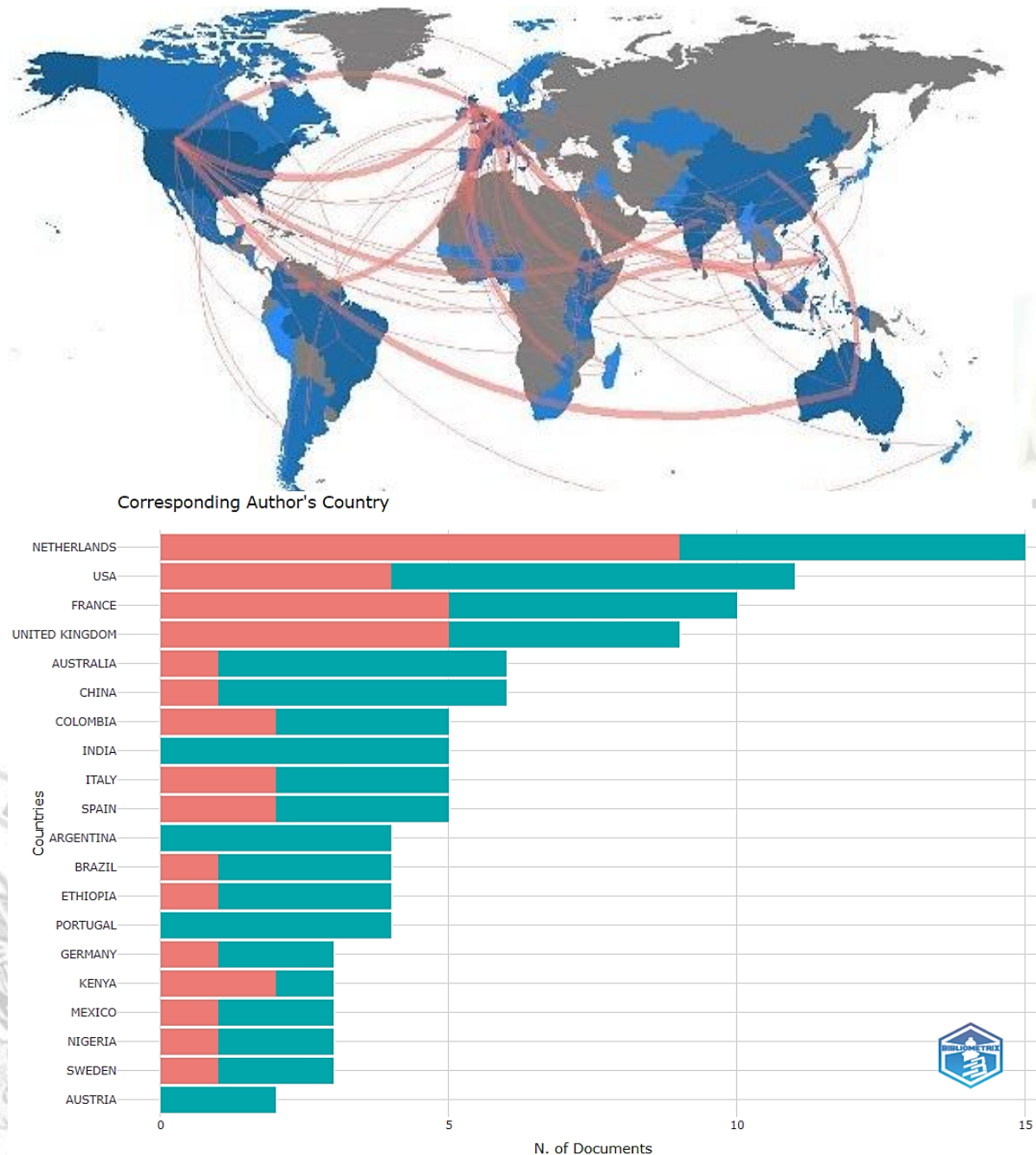


Figura 3. a) Enlaces de colaboración entre autores, b) Lista de coautoría respecto a la colaboración: donde SCP: single country publications; MCP: multiple country publications.

Las 10 organizaciones con mayor contribución según el número de publicaciones se muestran en la tabla 5, continúan la lista una multiplicidad de instituciones con 5 o menos publicaciones por lo que no han sido consideradas en la tabla, se destaca la Universidad de Wageningen de Países Bajos la cual es parte del Wageningen University & Research el cual además de la Universidad está constituido por 9 institutos de investigación como el Wageningen Livestock Research (Wageningen University & Research, 2023a), el cual posee 8 investigaciones en la temática.

Dicha casa de estudios es reconocida a nivel global (Wageningen University & Research, 2023b; Times higher education, 2023) debido al impacto de sus investigaciones orientadas a la agricultura, la silvicultura, las ciencias de la vida y su relación con la sociedad (Zhang et al., 2019; Chen et al., 2021; Guimarães et al., 2022).

Los datos recogidos muestran que la institución con mayor producción está representada por el autor con mayor aporte en la temática: L. Klerx tiene afiliación desde 2006 a la Universidad de Wageningen, el mismo autor tiene producción académica en otras temáticas como "transición energética", "sostenibilidad", entre otros; los autores que le siguen en producción orientada a la temática de los SIA son R. Lal y L. Temple, quienes pertenecen a la Universidad de Ohio y a la Universidad Montpellier respectivamente.

Tabla 5
Organizaciones con el mayor número de artículos

Organización	Artículos
Wageningen University	27
Sokoine University of Agriculture	10
Wageningen Livestock Research	9
Utrecht University	8
Wageningen University and Research Centre	8
Centre De Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement (Cirad)	7
Csiro Ecosystem Sciences	7
Icar-Indian Institute of Soil Science	7
World Agroforestry Centre	7

3.1.4 Influencia de los autores

La colaboración científica en la autoría de los artículos pone de manifiesto la necesidad de establecer un método de fraccionamiento de la producción científica, repartiendo los resultados entre los coautores (Fernández-Quijada, 2011). En la data recogida, 685 investigadores son autores o coautores de los 285 artículos publicados por lo que se infiere fraccionamiento y coautoría en los trabajos de investigación respecto a la temática abordada. Así, en la Tabla 6 se muestra también los artículos

fraccionados a través del índice de fraccionamiento, el cual evita la doble contabilización de las publicaciones normalizando el cálculo de los indicadores bibliométricos (Demaine, 2022). Se debe tener en cuenta que el crédito por una publicación se divide de manera equitativa entre autores, la cantidad total de créditos por un artículo publicado es igual a 1.

Tabla 6
Influencia de los autores

Autor	Artículos	Artículos fraccionados
1 KLERKX L	10	2,97
2 LAL R	3	1,09
3 TEMPLE L	3	0,95
4 ANDEWEG K	2	1,00
5 CYPHER JM	2	2,00
6 VOYTENKO Y	2	2,00
7 DEVENDRA C	2	1,50
8 GALLEGO-BONO JR	2	1,50
9 LAHMAR R	2	1,06
10 STEWART BA	2	1,00
11 VAN LATESTIEN HC	2	1,00
12 VISSER M	2	0,58
13 TOUZARD J-M	2	0,58

L. Klerx también lidera el índice fraccionado sin embargo le siguen Cypher de la Universidad Autónoma de Zacatecas y Voytenko de la Universidad de Lunds, estas instituciones no figuran entre las que poseen mayor producción en la temática analizada.

La cita es la forma tradicional en que un académico reconoce la relevancia del trabajo de otro (Hutchins et al., 2016). Las citas representan el valor científico intrínseco y la cultura del campo científico siendo un indicador de productividad e impacto científico (Patience et al., 2017). En la tabla 7 se muestran los autores más relevantes en la temática en función a las citas recibidas, se muestra información sobre el número de artículos publicados y el año en que el autor comenzó a publicar.

Tabla 7
Autores con mayor número de citas

Autor	Total Citas	Nº Publicaciones	Año inicio
KLERKX L	471	10	2006
AJAYI OC	319	1	2010
AKINNIFESI FK	319	1	2010
BAYALA J	319	1	2010
GARRITY DP	319	1	2010
KALINGANIRE A	319	1	2010
LARWANOU M	319	1	2010
MOWO JG	319	1	2010
WELDESEMAYAT SG	319	1	2010
LAHMAR R	293	2	2010

3.1.5 Índice G e índice H

El índice h es un indicador más preciso de la producción científica de un autor en función a la cantidad de citas (Hirsch, 2005), se ordena en forma

descendente todos las publicaciones de un autor en función a las citas recibidas en cada publicación, por lo tanto cada trabajo está caracterizado no solo por una cantidad de citas sino por un número de orden al que podemos identificar como rango. Se elaboran 2 listas de números: una ascendente con los rangos y una *descendente* con el número de citas. Cuando los valores de ambas listas se cruzan se obtiene el índice h por lo tanto es el h más alto para el que un autor tiene h artículos con un número de citas superior o igual a h (Poirrier et al., 2021).

Aunque el índice h fue publicado en 2006 mantiene su vigencia debido a la adopción masiva y a que sirve como base para el planteamiento de nuevos índices que permitan evaluar de mejor manera la productividad científica (Zhao & Feng, 2022).

El índice G se introduce como una mejora del índice h de Hirsch para medir el rendimiento global de citas de un conjunto de artículos, hereda todas las buenas propiedades del índice h y, además, tiene en cuenta las puntuaciones de citación de los mejores artículos permitiendo distinguir y ordenar mejor a los científicos desde el punto de vista de la visibilidad (Egghe, 2006). El índice G es el (único) mayor número tal que las g publicaciones más importantes han recibido (juntas) al menos g^2 citas (Chen et al., 2021), es calculado ordenando los artículos de un autor en función al número de citas recibidas en orden descendente, enumerando la posición originándose tres columnas: la posición, número de citas recibidas acumulado, y número de posición al cuadrado, posteriormente se reconoce la posición en la que el número de citas acumuladas es igual o mayor que el número de posición al cuadrado siendo este el índice G.

La Tabla 8 presenta a los autores más relevantes relacionados a la temática de los sistemas de innovación agrícola en función al "índice h" y el "índice G" los cuales nos permiten evaluar la productividad de un investigador en base a su impacto en la comunidad científica debido a la relación de sus publicaciones con las citas recibidas por otros autores, de esta manera no solo se evalúa la cantidad de trabajos producidos sino la influencia sobre otros autores en el desarrollo del estado del arte.

Tanto en la Tabla 7 como en la Tabla 8 se destaca a Klerkx; sin embargo, en función del número de citas recibidas le siguen Ajayi, Akinnifessi, Bayala, Garriti, Kalinganire, Larwanou, Mowo y Weldesemayat con 319 citas, mientras que al ordenar la lista en función al "índice G" a Klerkx le sigue Lal con sólo 3 publicaciones y 37 citas, pero con un "índice G" resultante de 3.

Tabla 8

Autores con mayor influencia en la temática

Autor	Índice H	Índice G	Total Citas	N° Publicaciones	Año inicio
KLERKX L	8	10	471	10	2006
LAL R	2	3	37	3	2014
ANDEWEG K	2	2	20	2	2011
BARTOLINI F	2	2	22	2	2017
BRUNORI G	2	2	22	2	2017
CHIKOWO R	2	2	176	2	2012
CYPHER JM	1	2	38	2	2010
DEVENDRA C	2	2	101	2	2002

3.1.6 Mapas de co-autoría y co-citación

El análisis de las redes de colaboración entre científicos revela características de las comunidades académicas que ayudan a comprender las especificidades del trabajo científico en colaboración y a identificar a los investigadores destacados (Scherbakova & Bredikhin, 2021).

La coautoría incrementa la visibilidad de los resultados debido a que las publicaciones están expuestas a un mayor número de investigadores gracias al mayor número de contactos (Franceschet & Costantini, 2010). Los artículos con varios autores tienen mayor mérito científico y, a su vez, contienen menor cantidad de errores debido a las contribuciones de un equipo multidisciplinar (Padial et al., 2010). En las redes de coautoría los nodos están vinculados si dos científicos han escrito juntos un artículo (Barabási et al., 2002), la Figura 4a muestra el mapa de coautoría, teniendo como unidad de análisis a los autores, identificándose 11 clústeres con 82 nodos (autores).

A partir de la coautoría se pueden tomar los grupos de autores como huellas bibliométricas para medir la producción colectiva de conocimiento (Velden et al., 2009). Respecto a la interrelación con otros clústeres y teniendo el nodo de mayor dimensión se destaca el grupo de Klerkx con 7 autores y 45 enlaces, las 10 publicaciones que posee Klerkx le permitieron generar 35 enlaces entre 6 clústeres. La temática principal de dicho clúster está orientada a los procesos de cambio de los sistemas de innovación agrícola incluyendo el desarrollo hacia sistemas más abiertos además de la transformación y digitalización con el objetivo de practicar una agricultura intensiva pero sostenible. Titonell posee el segundo nodo con mayor dimensión, con 2 publicaciones ha generado 20 enlaces de coautoría. La temática de los clústeres asociados, naranja y rojo, están orientados al incremento de la producción en campo mediante la identificación de variables que afectan el rendimiento reduciendo la seguridad alimentaria, resalta el hecho de que en los clústeres no figure Lal siendo esto consecuencia de que sus coautores no están relacionados con autores de otros clústeres.

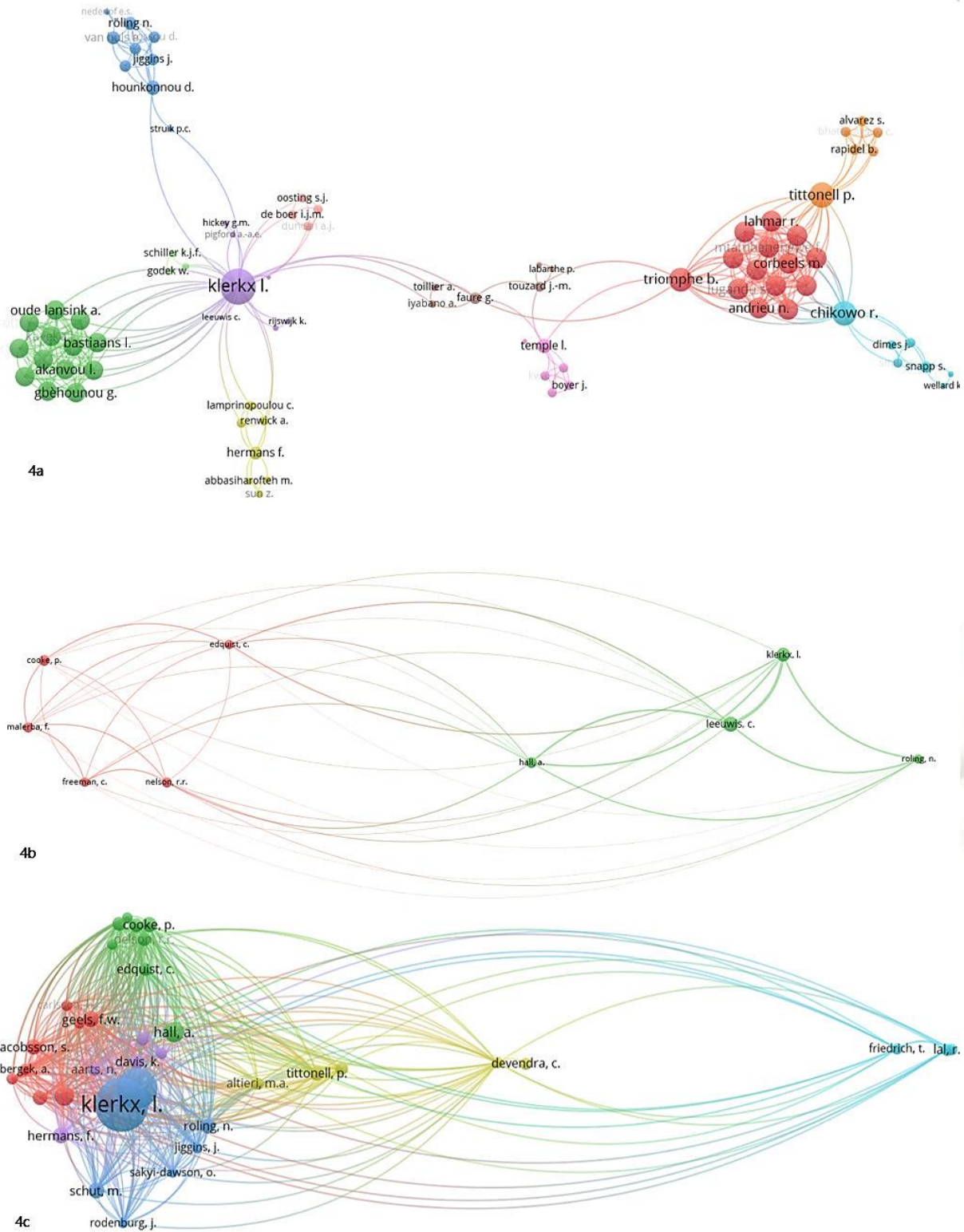


Figura 4. (a) Mapa de coautoría, (b) mapa de co-citación teniendo en cuenta los artículos hasta 2016, (c) mapa de co-citación teniendo en cuenta los artículos hasta 2022.

El 95,9% de los autores ha publicado en coautoría y estos no limitan su colaboración en torno a la nacionalidad o afiliación, por ejemplo Klerkx publica con autores fuera de Países Bajos mientras que

Toillier y Faure pertenecientes al CIRAD en Francia o Lamprinopoulou y Renwick de Reino Unido colaboran con autores de fuera de Europa como con Turner, Hounkonnou y Pigford quienes pertenecen

al Instituto Ag Research en Nueva Zelanda, al Programa de Fortalecimiento de los sistemas de innovación agrícola de Benin y a la Facultad de Ciencias agrícolas y ambientales de la Universidad de McGill en Canadá respectivamente.

Otro clúster que destaca en el análisis de coautoría es el que lidera Temple con 3 documentos y 8 enlaces, el cual centra la colaboración en torno a la temática de los sistemas de innovación y la seguridad alimentaria, Temple tiene afiliación al Centro de Innovación y Desarrollo en Agricultura y Alimentación o UMR Innovation perteneciente al CIRAD publicando en coautoría con profesionales pertenecientes a la misma institución (Faure y Triomphe), con investigadores asociados a instituciones cercanas como el Inra UMR Innovation (Boyer, Touzard) y la Universidad de Toulouse (Requier) así como con investigadores de instituciones distantes como el Centro Africano de Investigación sobre Bananos y Plátano en Camerún (Mose), en la Figura 4a puede observarse como Faure, Touzard y Triomphe pertenecen a otros clústeres sirviendo de enlaces con otros grupos de coautoría.

De forma semejante al análisis hecho a partir de coautoría se realiza el análisis mediante co-citación, las publicaciones son co-citadas si aparecen como referencias de otros documentos, dicho de otro modo los artículos A y B son co-citados si ambos artículos son citados por un tercer artículo C, por lo tanto si al menos otro documento cita dos documentos en común se afirma que dichos documentos son co-citados (Wang et al., 2022), cuando mayor sea el número de co-citaciones mayor será la probabilidad de que dichos artículos se encuentren relacionados y en consecuencia que pertenezcan a un área temática similar (Hjørland, 2013).

El análisis de las co-citaciones es el instrumento más conocido para estudiar la proximidad intelectual entre autores, artículos y revistas (Baccini et al., 2020), los análisis de co-citación de referencias pueden evaluar las estructuras intelectuales subyacentes de un dominio del conocimiento y demostrar la cantidad y autoridad de los autores citados en las publicaciones (Liu et al., 2020). Por lo tanto, habiendo hecho una descripción sobre los autores que más aportes hacen a la temática estudiada a partir de la producción individual y el análisis de coautoría, se complementa dicha descripción con un Análisis de Co-citación por Autores o también denominado ACA para presentar y examinar la estructura intelectual definida por los puntos de inflexión y las tendencias fundamentales alrededor de la temática abordada (Liu et al., 2015),

los cuales dependen de los nodos y los enlaces que componen el mapa de co-citación.

Después de someter el archivo .CSV al análisis de co-citación por autor en VOSviewer se obtuvo la figura 4b donde se muestran el mapa de co-citación por autor teniendo limitando la muestra obtenida al año 2016 antes del incremento sostenido en el número de publicaciones por año en dicha temática, se pueden identificar claramente dos clústeres donde el grupo de color rojo se observa a autores como Malerba, Freeman, Nelson y Edquist los cuales son referentes respecto a la teoría general de los sistemas de innovación, desde su diferenciación según el ámbito de acción y su influencia hasta los elementos que los caracterizan, Edquist por ejemplo se centra en la incorporación de la política y la sociedad como partes del sistema de innovación los cuales pueden estimularla o retrasarla tal como sucede en los países desarrollados y en vías de desarrollo respectivamente, Freeman y Nelson describen la dinámica de los sistemas nacionales de innovación mientras que Malerba centra su trabajo en la caracterización de los sistemas sectoriales de innovación (divididos por actividad económica), sus elementos y límites.

Los autores que conforman el clúster verde utilizan los conceptos y definiciones otorgados por los autores en el clúster rojo como base, nótese la diferencia con la figura 4b, a partir del incremento de las publicaciones relacionados a los SIA entre 2017 y 2022 puede notarse un incremento importante en la co-citación identificándose 6 clústeres representados por colores distintos: rojo, amarillo, verde, azul, morado y celeste que agrupan a los 37 autores con mayor número de co-citaciones en la temática referida a los sistemas de innovación agrícola.

3.2. Determinación de tendencias

Una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores desarrollados por una unidad productiva y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puesto en uso por la unidad productiva (proceso) (OECD/Eurostat, 2018). En un inicio a la empresa se le consideraba unidad productiva; sin embargo, hoy en día esta puede ser cualquier tipo de organización incluyendo los hogares y sus miembros. Así, los sistemas de innovación han surgido como herramientas de aplicación en las que el flujo de información y tecnología entre personas, empresas e instituciones es clave para el proceso de innovación (Akbari et al., 2020), el cual busca generar o incrementar la participación en el mercado de las organizaciones.

Malerba ofrece una interpretación en función al conjunto de productos propios de agentes que realizan interacciones para la creación, producción y venta de dichos productos, denominándole Sistema Sectorial de Innovación o SSI. Este tiene una base de conocimientos, tecnologías, insumos y demanda comunes, donde los agentes son individuos y organizaciones en varios niveles de agregación, estos interactúan mediante procesos de comunicación, intercambio, cooperación, competencia y mando, y estas interacciones están determinadas por la institucionalidad del sistema constituida por regulaciones, estándares, dinámicas de mercado entre otros (Malerba, 2002). Por lo tanto, los Sistemas Sectoriales de Innovación Agrícolas (SIAs) se centran en comprender la gobernanza impuesta por dichas interacciones para mejorar las políticas y estructuras de apoyo a la innovación, la investigación y la extensión (Bank, 2012; Klerkx et al., 2012) lo que permite analizar la organización de innovaciones tecnológicas, sociales e institucionales combinadas y orientadas al sector agrícola (Turner et al., 2016).

Uno de los trabajos que busca caracterizar los sistemas de innovación agrícola (SIA) a partir de un análisis bibliométrico y que posee varias citas (17) es el presentado por (Touzard et al., 2015), donde además de ofrecer un marco de referencia respecto a la evolución de los sistemas de innovación agrícola establece 3 ejes para el análisis y revisión de la literatura (Tabla 9). En dicho estudio se concluye una reducida especificidad para determinar la sectorización de un SIA debido a la constante evolución de las áreas que se relacionan con este como la biotecnología o la sociología. Sin embargo, el conocimiento desempeña un papel central en el SIA y suele estar asociado a condiciones sectoriales específicas, como la tecnología existente, la estructura industrial, la demanda, las instituciones, entre otros factores.

Otro estudio de caracterización de los SIA es el expuesto por Borremans y colaboradores para explorar el potencial y fomentar la diversificación de los sistemas agroforestales en Flanders, Bélgica (Borremans et al., 2018). En dicho estudio se utiliza el marco de ofrecido por Lamprinopoulou & Klerkx (2014) que plantearon para el análisis de los SIAs alemán y escoses; dicho marco conceptual consta de tres bloques, un análisis estructural, un análisis funcional y un análisis de transformación (Figura 5a). E análisis funcional utiliza como referencia las actividades descritas por Turner et al. (2016) para la identificación de problemas que afectan al SIA en Nueva Zelanda. El bloque central (paso 2 en la Fig. 5a) sirve para estudiar los elementos estructurales

que componen los sistemas de innovación, para ello se utilizan dos metodologías complementarias: (1) una tipología de los actores, centrada en sus funciones y en cómo se relacionan con otras estructuras, y (2) un análisis de los fallos en el que se identifican y clasifican los fallos de los sistemas de innovación.

Tabla 9

Construcción de variables y sus modalidades según el análisis de los SI en el estudio de Touzard

Eje de análisis	Variables y sus modalidades utilizadas en el estudio bibliométrico
Eje 1 Base teórica y construcción de un marco analítico	1.1. Referencia teórica (experticia del autor y referencias): • evolucionista, institucionalista, actor-red, • economía agrícola/sociología rural/sistema agrícola, sin referencia 1.2. Categoría analítica utilizada (citas dentro del resumen): • instituciones, redes, actores, conocimiento, política, investigación, sistemas alimentarios, etc.
Eje 2 Ámbito de aplicación, naturaleza y alcance de los fenómenos estudiados	2.1. Actividades objetivo de los SI (citas y experiencia): • Agricultura, biotecnología, sistemas agroalimentarios, desarrollo rural 2.2. Ubicación geográfica del estudio (cita y evaluación del resumen): • Países menos desarrollados, países emergentes, países en transición (Lejano y Medio Oriente), • OCDE occidental, OCDE mediterránea, estudios comparativos 2.3. Escala de los SI (cita en resumen): • nacional (NIS), regional (RIS), local, internacional, sectorial (SIS), etc. • espacio topológico definido por empresas o una tecnología
Eje 3 Uso y propósito de conceptos	3.1. Propósitos : • Orientar las políticas públicas, evaluando el impacto de la investigación • Apoyar a las empresas, analizando alguna innovación o vínculos ciencia/sociedad 3.2. Uso metodológico del concepto SI: • Tratar el SI como un objeto global, estudiar un componente de un SI. • Usar el SI como ayuda explicativa, contextualización de un estudio.

La tipología de actores es adaptada del estudio de fortalecimiento de los sistemas de innovación nacionales a partir de indicadores publicado por el Banco Mundial (Spielman et al., 2008), esta identifica a los actores y los agrupa según cinco dominios los cuales están relacionados con los bloques complementarios: dominio de la investigación y educación, dominio de los intermediarios, dominio de la empresa, dominio del gobierno y dominio de la sociedad (figuras 5b y 5c). Para dicho análisis se realizaron 36 encuestas utilizando la entrevista y el focus group además de un estudio bibliográfico los cuales aportaron datos sobre la contribución que cada actor tuvo para el sistema. Se destaca que las funciones no son exclusivas a un dominio, por ejemplo, respecto a la difusión del conocimiento los centros de extensión organizan talleres de divulgación sobre las potencialidades del SIA aumentando

la conciencia entre los intermediarios permitiendo el establecimiento de una red que reúna a investigadores, formuladores de políticas y actores de la sociedad civil los cuales presionan para la obtención de recursos que permitan el desarrollo de dicho SIA a partir de la constitución de un marco legal adecuado (dominio de gobierno). A su vez, los proveedores que pertenecen al dominio de la empresa aportan a la difusión del conocimiento a partir de la introducción de agroquímicos y nuevo equipamiento al sistema lo que permita mejorar la técnica y la productividad.

En relación con el desarrollo de conocimiento, múltiples tesis orientadas al SIA de Flanders fueron realizadas atendiendo a la falta de datos sobre la productividad en los predios locales. Esto condujo al financiamiento a 5 años para la caracterización del sistema estableciéndose un programa de subvenciones, observando discrepancia entre el apoyo político al desarrollo agroecológico frente al agroindustrial. Se evidencia una lenta pero creciente inversión, acelerada por el aumento de la inversión en I+D orientada al agro en potencias emergentes como China, India o Brasil (Backhouse, 2021). Bampa y colaboradores destacan los conocimientos y experticia inherentes que poseen los agricultores respecto a sus actividades productivas, pero identifican barreras las cuales están centradas en los incentivos financieros, información orientada a la gestión sostenible, asesoramiento pertinente a nivel local, grupos de debate de agricultores, programas de formación, financiación para investigación aplicada y refuerzo de la ciencia del suelo en la educación regular, reconociendo que son necesidades que escapan a las capacidades de los agricultores (Bampa et al., 2019).

En lo que se refiere a la formación de mercado existe una reducida demanda de productos agroecológicos por parte de los consumidores no existiendo formación de nichos de mercado o cadenas de valor alternativas para insumos y productos del SIA en Flanders.

El análisis estructural destaca la elevada presión sobre los terrenos, ausencia de la inversión privada debido a escasos márgenes de ganancia, los agricultores poseen una perspectiva negativa de los SIAs temiendo una actitud crítica de sus compañeros. Además, la externalización de los beneficios en los mercados agrícolas pone al SIA en desventaja mientras que la falta de demanda de insumos y productos, y el escaso potencial de dicho sistema para generar beneficios frena las inversiones privadas.

En relación con el análisis de transformación respecto a la direccionalidad se destaca que la falta

de adhesión entre los actores provoca una falta de visión compartida e inhibe el diálogo continuo.

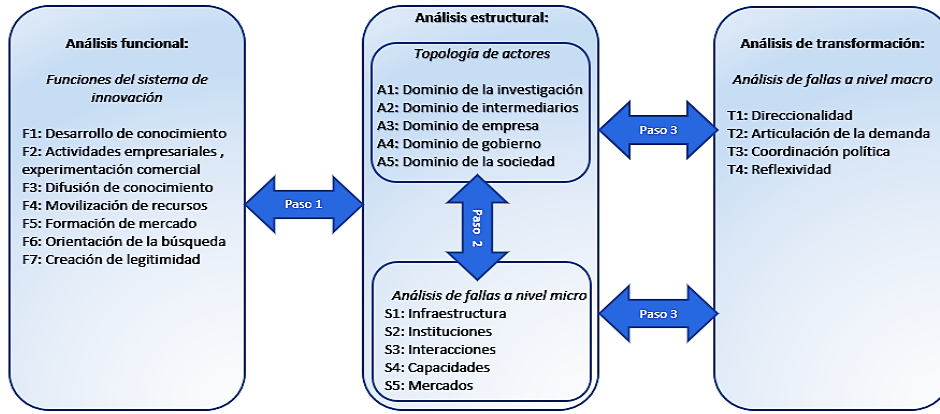
Respecto a la articulación de la demanda se identifica que la investigación y la educación se centra en las necesidades de los agricultores que deciden experimentar en su predio sin embargo el fuerte vínculo entre agricultores y sus organizaciones provocan una visión de corto plazo lo que no permite adoptar de manera sostenida y masiva los resultados de la investigación.

Si se tiene en cuenta la coordinación de políticas se observa que persisten parte de los desajustes entre la legislación de los ámbitos de la naturaleza, agricultura, la silvicultura y la política de ordenación territorial por lo que la Unión Europea interviene dirigiendo el desarrollo del SIA en Flandes a través de la regulación y la financiación sin embargo las correcciones y ajustes a la normativa europea son un proceso engorroso.

La reflexividad se refiere a la relación entre los procesos de producción de conocimiento y los contextos de tales procesos, así como la participación del productor del conocimiento y de quienes aplican dicho conocimiento (Jia, 2021). En el SIA Flanders no todos los agentes relevantes participan en la red siendo necesaria una evaluación exhaustiva del efecto del programa de subvenciones para proyectos de investigación, la eficacia de la política gubernamental de apoyo a la aplicación de la innovación en las organizaciones agrícolas debe convertirse en un instrumento para mejorar la caracterización de la agricultura como estructura y alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, para ello se requieren recursos financieros suficientes de las subvenciones (Wu et al., 2022).

El análisis funcional, estructural y de transformación del SIA Flandes permite identificar 5 clústeres caracterizados por las lecciones aprendidas, así como por potenciales vías de mejora. Un "clúster científico y tecnológico" el cual debe orientarse a la productividad, interrelación con otros SIA y colaboración entre agricultores valiéndose de la multidisciplinariedad en los proyectos de investigación, del desarrollo y distribución de maquinaria agrícola, así como de aplicaciones que permitan gestionar el SIA. El clúster de mercado y financiero es el segundo grupo el cual debe procurar crear mecanismos en los que se valoren los aspectos rurales, así como la biodiversidad, al tiempo que se estimula la inversión y la demanda de los consumidores.

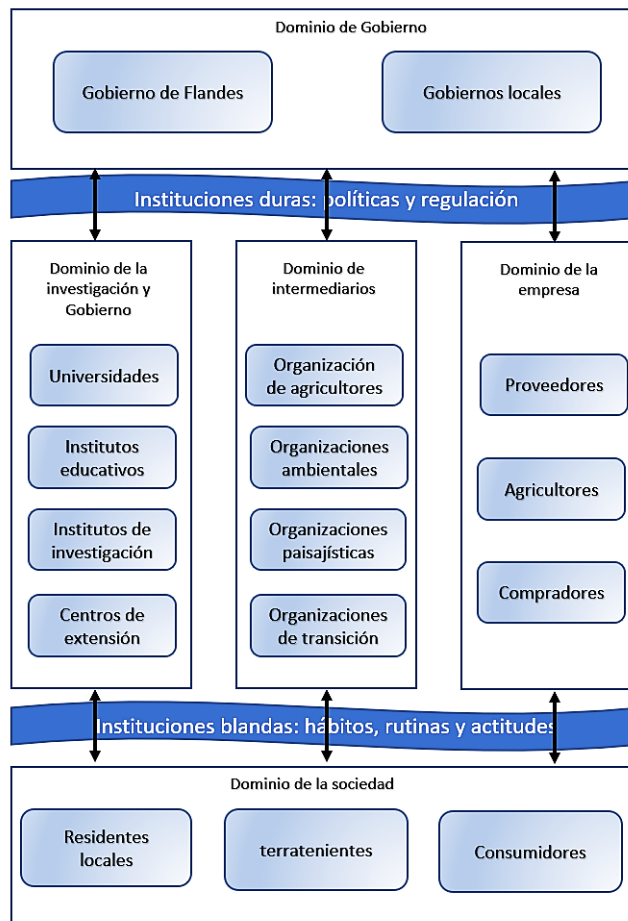
El tercer clúster se denomina político-institucional el cual tiene la responsabilidad de crear un marco jurídico completo orientado a los SIA, que debe ser claro y firme en el futuro, siendo la base para un programa sostenido de incentivos.



(a)



(b)



(c)

Figura 5. (a) Marco conceptual integrado para el estudio del SIA en Flandes, (b) Clasificación de los actores en el SIA Flandes según el análisis funcional y estructural, (c) estructura del SIA de Flandes.

El cuarto clúster es el organizacional donde deben utilizarse múltiples canales de comunicación y educación para informar a los actores relevantes y familiarizarlos con las prácticas agroecológicas y sus beneficios para la sociedad, por último, el quinto clúster se denomina de comportamiento-social el cual debe promover el diálogo entre grupos influyentes para restablecer la confianza mutua, construir visiones comunes, desbloquear dependencias actuales y abrir oportunidades de colaboración.

Tal como puede observarse el marco integrado propuesto supera la descripción de los actores individuales en base a su contribución para cumplir las funciones del sistema de innovación con el objetivo de examinar también el funcionamiento de todo el SIA en su forma más agregada o a nivel macro (Lamprinou et al., 2014), la identificación de los problemas de funcionamiento a nivel micro (actores, funcionalidades y dominios) y macro (clústeres) facilita el diseño de políticas que cumplan múltiples objetivos de manera integrada representando una lista de verificación de áreas de mejora que vale la pena preservar dentro de un SIA definido.

Sin embargo producto de la caracterización de los SIAs surgen direcciones normativas orientadas hacia el paradigma dominante de la agricultura industrial lo que puede contribuir al establecimiento de sistemas inviables en el mediano plazo y largo plazo debido al uso intensivo de recursos finitos y al aumento geométrico de la población (Plumecocq et al., 2018; Vermunt et al., 2022), por lo tanto deben considerarse otros enfoques coexistentes y evolutivos pero a la vez competitivos que no estén centrados nada más en la escalabilidad sino en sostenibilidad como la permacultura, la acuaponía, la agricultura vertical, la agricultura urbana, la agricultura de precisión, la agricultura asociativa, la agroecología o agricultura digital (Ingram, 2018; Rijswijk et al., 2019) lo que pueda generar bioeconomías y economías circulares así como sistemas de alimentación completos basados en la localidad (Hermans, 2018).

Para incorporar dichos enfoques es necesario entender la innovación como un proceso que además de generar valor altera los regímenes sociotécnicos identificando las condiciones para un "reformismo efectivo" a través de innovaciones incrementales (o de primer orden) pero sobre todo a partir de innovaciones radicales (de segundo orden), cuando el régimen es sólido y coherente la innovación es principalmente de tipo incremental, por otro lado la innovación radical se convierte en novedad lo cual puede transformarse en un nicho de

innovación el cual puede alterar las reglas de juego y las dinámicas del régimen (Brunori et al., 2011).

Los nichos de innovación se definen como los espacios que permiten a los actores experimentar, coinnovar y crear nuevas tecnologías, prácticas y reglas que respalden las transiciones hacia una agricultura más sostenible al permitir interacciones a través de fronteras sectoriales, organizacionales, profesionales, disciplinarias, culturales, entre otras propias de los sistemas agrícolas (Meynard et al., 2017).

De la base de datos obtenida inicialmente se destacan dos trabajos que utilizan los nichos como una transición desde los sistemas de innovación agrícolas hacia estructuras más sostenibles centrados en la ecología y el uso responsable de los recursos naturales.

Giagnocavo y colaboradores exploran los procesos de transición hacia la sostenibilidad en la agricultura a través del análisis de cuatro iniciativas de nicho en Almería, España, dentro de un sistema común de producción intensiva en invernadero, el enfoque central de dicha investigación busca comprender cómo la participación en actividades sostenibles y experimentales de nicho afecta la relación de un agricultor con la naturaleza, y la reconceptualización del sistema de producción, particularmente donde este sistema está fuertemente integrado en sistemas convencionales menos sostenibles (Giagnocavo et al., 2022). Dichos nichos han sido escogidos debido a que representan problemas propios del SIA en Almería, los cuales se caracterizan por la elevada concentración de invernaderos y el solapamiento de múltiples ciclos de cultivo lo que:

- incrementa la vulnerabilidad ante plagas y enfermedades,
- permite el deterioro y reducción de los hábitats y la biodiversidad ya que los invernaderos ocupan aproximadamente 26000 hectáreas,
- reduce la flora edáfica debido a que por practicidad se usa en mayor medida la desinfección y fertilización química en desmedro de la incorporación de enmiendas y la solarización; y
- reduce la disponibilidad del recurso hídrico al concentrarlos en reservorios para riego.

El primer nicho denominado "control integrado de plagas (MIP) y control biológico" permitió reducir el uso de agroquímicos de manera progresiva al introducir abejorros para minimizar costes, reducir los periodos de cosecha y aumentar los rendimientos. Los pesticidas sintéticos extinguen a los abejorros observándose también resistencia en las plagas como los trips los cuales además de

afectar los frutos, los trips son vectores de virus los cuales reducen la calidad genética y por lo tanto la productividad de la planta, posteriormente y ante alertas por la superación de los límites máximos de residuos (LMR) por plaguicidas en los alimentos se decidió imitar programas de biocontrol de plagas llevados a cabo en el norte de Europa a partir de proyectos de investigación donde se ensayó el efecto de la liberación de chinches y ácaros depredadores de trips en cultivos de fresa y pimiento que al ser exitoso fueron extendidos al SIA.

El segundo nicho denominado “Restauración ecológica y de paisaje para control de plagas” tuvo como objetivo recuperar la biodiversidad a partir de la incorporación de hábitats marginales a los invernaderos, en estos hábitats debían sembrarse plantas autóctonas que sirvieran de barreras ante la proliferación de virus al no ser hospedadores: por el contrario, debían servir de refugio para insectos controladores, además de tener disponibilidad comercial así como estar adaptadas a las prácticas en los invernaderos.

EL tercer nicho “Manejo sostenible de suelo” incorporó la biofumigación y solarización para reducir los microorganismos patógenos, pero a la vez promoviendo el aumento de microorganismos benéficos los cuales promueven la nitrificación y por lo tanto mejoran la asimilación de fuentes nitrogenadas, bajo este paradigma para 2020 había 3693 hectáreas certificadas como agroecológicas.

El cuarto nicho “Manejo ecológico de reservorios para irrigación” buscó reducir la aplicación de biocidas, como el sulfato de cobre el cual evita la aparición de algas en los reservorios pero que sin embargo reduce la calidad del agua al aumentar la conductividad y los sólidos totales (González Quintero et al., 2016) pudiendo afectar a la especie vegetal, así como obstruir los goteros en el sistema de riego. Otras técnicas como el dragado y el aislamiento de la superficie del embalse evitando la exposición del sol resultaron ser costosos respecto a la vegetación acuática sumergida la cual compete con las algas mejorando la calidad del agua (Casas et al., 2012).

El otro trabajo perteneciente a la base de datos analizada y que teoriza sobre la implementación de nichos es el publicado por Pigford y colaboradores el cual, con 163 citaciones, se centra en la transformación del régimen actual que domina los SIAs, este régimen está enfocado en productividad sin tomar en cuenta la sostenibilidad, por lo tanto define una estructura a la cual le denomina ecosistema de innovación agrícola (AIES) el cual ofrece nuevos conocimientos para el diseño de nichos de innovación intersectoriales y

multiescalares los cuales se centren en la creación de valor (Pigford et al., 2018) expandiendo el concepto de SIA al ser más preciso respecto a las dinámicas de poder entre las comunidades que producen la innovación, incluyendo como agentes de cambio a actores informales y entornos naturales. Tiene en cuenta una menor delimitación a partir del “cruce de fronteras” ya que considera que las divisiones sectoriales (por ejemplo de la agricultura frente a salud o energía) (Gava et al., 2017) o las divisiones subsectoriales dentro de la agricultura debido a la especialización (por ejemplo la separación de los sectores agrícola y ganadero) han impedido durante mucho tiempo la promulgación de enfoques multifuncionales para la agricultura (Friedrich et al., 2021) y cruces funcionales con sectores no agrícolas (Sutherland et al., 2015).

4. Conclusiones

De los estudios revisados a partir del análisis bibliométrico se destaca la movilización de recursos para las actividades de desarrollo y difusión de conocimiento para la resolución de problemáticas que impiden la industrialización, el aumento de productividad, la escalabilidad y por lo tanto la innovación y el desarrollo tecnológico, la economía peruana ha tenido un crecimiento promedio de 4.8% entre 1997 y 2019, con dicho índice de crecimiento el Perú se puso la meta para integrarse al OCDE para el bicentenario sin embargo se ha demostrado que ese crecimiento promovido por la bonanza consecuencia del precio de los metales en el mercado internacional no fue reinvertido de manera adecuada, países como Colombia y Costa Rica ingresaron al OCDE habiendo iniciado sus procesos de integración después de los esfuerzos del estado peruano, según el índice global de innovación la diferencia radica en los indicadores de “infraestructura”, “productos del conocimiento y la tecnología” y “creatividad productiva” por lo que debe priorizarse las actividades orientadas al desarrollo de conocimiento para transformar el paradigma de economía primaria-extractiva hacia una economía centrada en el valor agregado.

Del análisis de coautoría y afiliación se encuentra lo que se ha demostrado en diversas investigaciones, los trabajos científicos que se realizan en equipo son más productivos y adquieren mayor número de citaciones que cuando se trabaja en forma aislada o con escasa colaboración. Esta dinámica de generación de conocimiento se puede evaluar a través de redes de colaboración, que llegan a ser un reflejo de las relaciones dadas entre grupos, quienes pueden unir instituciones a través de sus vínculos laborales y académicos. Los autores e instituciones

Europeas destacan en la formación de la teoría que describe y caracteriza a los SIAs sin embargo existe amplia colaboración con autores e instituciones de otras regiones buscando validar y difundir el marco teórico desarrollado.

La co-citación permite analizar la estructura intelectual y por lo tanto la evolución de la teoría que constituye los Sistemas de Innovación agrícola la cual ha variado desde un enfoque centrado en productividad hacia la priorización de la sostenibilidad, esto es particularmente importante para el análisis del SIA en Perú ya que existen distintas problemáticas que no han sido abordadas de manera sistémica como la gestión del agua y el monocultivo, pero sobre todo la brecha entre agricultura de agroexportación y la agricultura tradicional o de subsistencia.

Se espera que el presente estudio sirva de base para la consolidación de las experiencias y la información sistematizada propia de la ejecución de los diferentes programas estatales que buscan incrementar los efectos derrame o spill overs que acompañan los esfuerzos de I+D+i (Prociencia, Proinnovate, Patenta, PNIA, PNIPA, Licenciamiento Institucional de Universidades, entre otros), generando las condiciones que permitan mejorar las políticas e incrementar las posibilidades de formalización, competitividad, industrialización y desarrollo en el sector agrario nacional.

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación fue subvencionado por el CONCYTEC a través del programa PROCIENCIA en el marco del concurso "Proyectos de Investigación Aplicada en Ciencias Sociales E041-2021-01-AECID", según contrato o convenio 067-2021-PROCIENCIA.

Referencias bibliográficas

- Abugattás, J., Barletti, B., Vilchez Astucuri, J., Béjar Díaz, M., Celiz Ignacio, E., Del Aguila Alfaro, A., Francisco Torres, M., Luis Nolazco Cama, J., Rondón Ramírez, G., & Vásquez, L. (2020). Agricultura de exportación: retos para la consolidación de clústeres productivos. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.
- Akbari, M., Khodayari, M., Khaleghi, A., Danesh, M., & Padash, H. (2020). Technological innovation research in the last six decades: a bibliometric analysis. *European Journal of Innovation Management*, 24(5), 1806–1831. <https://doi.org/10.1108/EJIM-05-2020-0166>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2017.08.007>
- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 377–386. https://doi.org/10.1162/QSS_A_00019
- Baccini, A., Barabesi, L., Khelifaoui, M., & Gingras, Y. (2020). Intellectual and social similarity among scholarly journals: An exploratory comparison of the networks of editors, authors and co-citations. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 277–289. https://doi.org/10.1162/QSS_A_00006
- Bampa, F., O'Sullivan, L., Madena, K., Sandén, T., Spiegel, H., Henriksen, C. B., Ghaley, B. B., Jones, A., Staes, J., Sturel, S., Trajanov, A., Creamer, R. E., & Debeljak, M. (2019). Harvesting European knowledge on soil functions and land management using multi-criteria decision analysis. *Soil Use and Management*, 35(1), 6–20. <https://doi.org/10.1111/SUM.12506>
- Bank, W. (2012). Agricultural innovation systems: an investment sourcebook. Report Number 67207. Agricultural and rural development (ARD) case study Washington, D.C.: World Bank Group.
- Barabási, A. L., Jeong, H., Neda, Z., Ravasz, E., Schubert, A., & Vicsek, T. (2002). Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 311(3–4), 590–614. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(02\)00736-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)00736-7)
- Borremans, L., Marchand, F., Visser, M., & Wauters, E. (2018). Nurturing agroforestry systems in Flanders: Analysis from an agricultural innovation systems perspective. *Agricultural Systems*, 162, 205–219. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2018.01.004>
- Brunoni, G., Bertì, G., Klerkx, L. W. A., Tisenkopfs, T., & Roep, D. (2011). Learning and innovation networks for sustainable agriculture: a conceptual framework. SolinSA.
- Casas, J., Toja, J. J., Peñalver, P., Juan, M., León, D., Francisca, F. R., Gallego, I., Fenoy, E., Carmen, P. M., Sánchez, P., Bonachela, S., & Eloorieta, M. A. (2012). Farm ponds as potential complementary habitats to natural wetlands in a mediterranean region. *Wetlands*, 32(1), 161–174. <https://doi.org/10.1007/S13157-011-0265-5>
- Castañeda, C. P. (2019). El 75% de unidades productivas son informales. Informe Económico. Mayo 20, 2019 - La Cámara, 7-8.
- Charatsari, C., Michailidis, A., Francescone, M., De Rosa, M., Aidonis, D., Bartoli, L., La Rocca, G., Camanzi, L., & Lioutas, E. D. (2023). Do Agricultural Knowledge and Innovation Systems Have the Dynamic Capabilities to Guide the Digital Transition of Short Food Supply Chains? *Information*, 15(1), 22. <https://doi.org/10.3390/INFO15010022>
- Chen, M., Guo, Z., Dong, Y., Chiclana, F., & Herrera-Viedma, E. (2021). Citations optimal growth path: A tool to analyze sensitivity to citations of h-like indexes. *Journal of Informetrics*, 15(4), 101215. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2021.101215>
- Defensoría del pueblo. (2021). Informe de Adjuntía N° 19-2021-DP/AMASPP: En defensa de las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas: Los impactos de la contaminación ambiental.
- Demaine, J. (2022). Fractionalization of research impact reveals global trends in university collaboration. *Scientometrics*, 127(5), 2235–2247. <https://doi.org/10.1007/S11192-021-04246-W>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070>
- Egghe, L. (2006). Theory and practice of the g-index. *Scientometrics*, 69(1), 131–152. <https://doi.org/10.1007/S11192-006-0144-7>
- Elsevier. (2020). Scopus, Content Coverage Guide.
- Fernández-Quijada, D. (2011). De los investigadores a las redes: una aproximación tipológica a la autoría en las revistas españolas de comunicación. In 1er Congreso Nacional de Metodología de la Investigación en Comunicación, Fuenlabrada (Spain), 14 April 2011.
- Franceschet, M., & Costantini, A. (2010). The effect of scholar collaboration on impact and quality of academic papers. *Journal of Informetrics*, 4(4), 540–553. <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2010.06.003>
- Fráquita Maquera, A. E. (2022). Blockchain, Innovation to the Value Chain and Improvement in the Management of Peruvian Family Farming. *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, 391, 221–228. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06862-1_16
- Freeman. (1987). Technology policy and economic performance. Lessons from Japan.
- Friedrich, J., Bunker, I., Uthes, S., & Zscheischler, J. (2021). The Potential of Bioeconomic Innovations to Contribute to a Social-Ecological Transformation: A Case Study in the Livestock System. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 34(4). <https://doi.org/10.1007/S10806-021-09866-Z>
- Gava, O., Favilli, E., Bartolini, F., & Brunoni, G. (2017). Knowledge networks and their role in shaping the relations within the Agricultural Knowledge and Innovation System in the agroenergy sector. The case of biogas in Tuscany (Italy). *Journal of Rural Studies*, 56, 100–113. <https://doi.org/10.1016/J.JRURSTUD.2017.09.009>
- Giagnocavo, C., de Cara-García, M., González, M., Juan, M., Marin-Guirao, J. I., Mehrabi, S., Rodríguez, E., van der Blom, J., & Crisol-Martínez, E. (2022). Reconnecting Farmers with Nature through Agroecological Transitions: Interacting Niches and Experimentation

- and the Role of Agricultural Knowledge and Innovation Systems. *Agriculture*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12020137>
- González Quintero, R., Gallego, I., Cazorla, M. J., Fuentes Rodríguez, F., Bonachela, S., & Casas, J. J. (2016). Efectos del tratamiento con sulfato de cobre (CuSO₄) sobre la calidad del agua de balsas de riego. *Producción + Limpia*, 11(1), 42–52.
- Guimarães, A. F., Malanski, P. D., Schiavi, S. M. D. A., & Bouroullec, M. D. M. (2022). Governance in agrifood global value chain: the scientific field in the recent 15 years. *Revista de Economía e Sociologia Rural*, 61(3). <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.260595>
- Hekkert, M. P., & Negro, S. O. (2009). Functions of innovation systems as a framework to understand sustainable technological change: Empirical evidence for earlier claims. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(4), 584–594. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2008.04.013>
- Hermans, F. (2018). The potential contribution of transition theory to the analysis of bioclusters and their role in the transition to a bioeconomy. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12(2), 265–276. <https://doi.org/10.1002/BBB.1861>
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569–16572. <https://doi.org/10.1073/PNAS.0507655102>
- Hjørland, B. (2013). Citation analysis: A social and dynamic approach to knowledge organization. *Information Processing & Management*, 49(6), 1313–1325. <https://doi.org/10.1016/J.IPM.2013.07.001>
- Hutchins, B. I., Yuan, X., Anderson, J. M., & Santangelo, G. M. (2016). Relative Citation Ratio (RCR): A New Metric That Uses Citation Rates to Measure Influence at the Article Level. *PLOS Biology*, 14(9), e1002541. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PBIO.1002541>
- INDECI. (2019a). Informe de emergencia N° 685 - 12/08/2019: Contaminación por arsénico y plomo en el agua subterránea del distrito de Mórrope, Lambayeque.
- INDECI, C. (2019b). Informe de emergencia No 997: Contaminación hídrica en el distrito de Pacora - Lambayeque.
- INEI. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019.
- INEI. (2021a). Perú: producto bruto interno según actividad económica (nivel 54), 2007-2021. https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/Nivel_54_7-8.
- INEI. (2021b). Producción y Empleo Informal en el Perú, Cuenta Satélite de la Economía Informal 2007-2020.
- Ingram, J. (2018). Agricultural transition: Niche and regime knowledge systems' boundary dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 26, 117–135. <https://doi.org/10.1016/J.EIST.2017.05.001>
- ITP. (2020). Lambayeque: Economía, salud, educación, hogares, demografía, gobierno, industrias, I+D y red CITE. <https://data-peru.itp.gob.pe/profile/geo/lambayeque>
- Jia, X. (2021). Agro-food innovation and sustainability transition: A conceptual synthesis. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/SU13126897>
- Klerkx, L., Van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*, 457–483.
- 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. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2010.03.012>
- Lamprinoupolou, 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. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2014.05.001>
- Li, Y., Herzog, F., Levers, C., Mohr, F., Verburg, P. H., Bürgi, M., Dossche, R., & Williams, T. G. (2024). Agricultural technology as a driver of sustainable intensification: insights from the diffusion and focus of patents. *Agronomy for Sustainable Development*, 44(2). <https://doi.org/10.1007/S13593-024-00949-5>
- Liu, H., Skibniewski, M. J., Ju, Q., Li, J., & Jiang, H. (2020). BIM-enabled construction innovation through collaboration: a mixed-methods systematic review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(6), 1541–1560. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2020-0181>
- Liu, Z., Yin, Y., Liu, W., & Dunford, M. (2015). Visualizing the intellectual structure and evolution of innovation systems research: a bibliometric analysis. *Scientometrics*, 103(1), 135–158. <https://doi.org/10.1007/S11192-014-1517-Y>
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31(2), 247–264. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00139-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00139-1)
- Mervin Obed, B. S. (2019). Estimación de los niveles de salinidad de los suelos de la cuenca del Río Chancay usando datos EVI y NDVI. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11155>
- Meynard, J. M., Jeuffroy, M. H., Le Bail, M., Lefèvre, A., Magrini, M. B., & Michon, C. (2017). Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems*, 157, 330–339. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2016.08.002>
- MINAM. (2020). Oficio N° 00394-2020-MINAM/VMGA/DGCA.
- MINCETUR. (2022). Exportaciones acumuladas por sector en el departamento de Lambayeque.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2019). Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Agricultura del año 2019.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). Atlas de la superficie agrícola del Perú. Repositorio Institucional - ANA. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4895>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). Agricultura familiar, características a nivel territorial del departamento de Lambayeque.
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., & Cobo, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *Profesional de La Información*, 29(1). <https://doi.org/10.3145/EPI.2020.ENE.03>
- Nelson, R. R. (1993). National Innovation Systems: A Comparative Analysis. <https://papers.ssrn.com/abstract=1496195>
- OECD/Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. In *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*.
- Padial, A. A., Nabout, J. C., Siqueira, T., Bini, L. M., & Diniz-Filho, J. A. F. (2010). Weak evidence for determinants of citation frequency in ecological articles. *Scientometrics*, 85(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/S11192-010-0231-7>
- Paredes Díaz, C., & Moreno Huaccha, K. (2019). Cooperativismo y su impacto en el rendimiento agropecuario local. Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626214>
- Patience, G. S., Patience, C. A., Blais, B., & Bertrand, F. (2017). Citation analysis of scientific categories. *Heliyon*, 3(5). <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2017.E00300>
- 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. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2018.04.007>
- Plumecocq, G., Debnil, T., Duru, M., Magrini, M. B., Sarthou, J. P., & Therond, O. (2018). The plurality of values in sustainable agriculture models: Diverse lock-in and coevolution patterns. *Ecology and Society*, 23(1). <https://doi.org/10.5751/ES-09881-230121>
- Poirrier, M., Moreno, S., & Huerta-Cánepa, G. (2021). Robust h-index. *Scientometrics*, 126(3), 1969–1981. <https://doi.org/10.1007/S11192-020-03857-Z>
- Qun, W., Ranran, C., Jingsuo, L., & Khan, N. (2024). Toward a sustainable agricultural system in China: exploring the nexus between agricultural science and technology innovation, agricultural resilience and fiscal policies supporting agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1390014. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2024.1390014>
- Ramos Guevara, K. E. (2021). Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos salinos en un área representativa de la zona de Cayalí, Zaña - Lambayeque. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4896>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., & Turner, J. A. (2019). Digitalisation in the New Zealand Agricultural Knowledge and Innovation System: Initial understandings and emerging organisational responses to digital agriculture. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100313. <https://doi.org/10.1016/J.NJAS.2019.100313>
- Santayana, S. (2015). Problemas de drenaje en la costa peruana. International Agricultural Centre (IAC), Wageningen. 116 p.

- Scherbakova, N. G., & Bredikhin, S. V. (2021). Co-authorship network structure analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2099(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2099/1/012055>
- Sengupta, S., Choudhary, S., Obayi, R., & Nayak, R. (2024). Reducing food loss through sustainable business models and agricultural innovation systems. *Supply Chain Management*, 29(3), 540–572. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2023-0059>
- Sigueñas, R., Ocola, L., & Guerrero, J. (2019). Vigilancia de la salinidad del suelo en cultivos de arroz en Lambayeque, periodo 2001-2014 utilizando imágenes de satélite y conductividad eléctrica. *Revista de Investigación de Física*, 22(2), 9–17. <https://doi.org/10.15381/rif.v22i2.20290>
- Spielman, D. J., Bimer, R., & Bank, T. W. (2008). How innovative is your agriculture?: Using innovation indicators and benchmarks to strengthen national agricultural innovation systems. Worldbank.
- Sutherland, L. A., Peter, S., & Zagata, L. (2015). Conceptualising multi-regime interactions: The role of the agriculture sector in renewable energy transitions. *Research Policy*, 44(8), 1543–1554. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.013>
- Times higher education. (2023). Wageningen University & Research. World University Rankings. THE.
- Touzard, J.-M., Temple, L., Faure, G., & Triomphe, B. (2015). Innovation systems and knowledge communities in the agriculture and agrifood sector: a literature review. *Journal of Innovation Economics & Management*, 17(2), 117–142. <https://doi.org/10.3917/JIE.017.0117>
- 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. <https://doi.org/10.1016/J.NJAS.2015.12.001>
- Ulloa, M. A., Lujan, M. A., & Reyes, J. B. (2020). Potential role of sugar mills in the peruvian development. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 59, 1276–1283.
- Velden, T. A., Haque, A., & Lagoze, C. J. (2009). A New Approach to Analyzing Patterns of Collaboration in Co-authorship Networks - Mesoscopic Analysis and Interpretation. *Scientometrics*, 85(1), 219–242. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0224-6>
- Vermunt, D. A., Wojtynia, N., Hekkert, M. P., Van Dijk, J., Verburg, R., Verweij, P. A., Wassen, M., & Runhaar, H. (2022). Five mechanisms blocking the transition towards 'nature-inclusive' agriculture: A systemic analysis of Dutch dairy farming. *Agricultural Systems*, 195, 103280. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2021.103280>
- Wageningen University & Research. (2023a). About Wageningen University. Wageningen University & Research. <https://www.wur.nl/en/wageningen-university/about-wageningen-university.htm>
- Wageningen University & Research. (2023b). University Rankings. Wageningen University & Research. <https://www.wur.nl/en/wageningen-university/rankings.htm>
- Wang, T., Ali, A. S., & Au-Yong, C. P. (2022). Exploring a body of knowledge for promoting the building information model for facility management. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4). <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101717>
- World Intellectual Property Organization. (2022). Global Innovation Index 2022 What is the future of innovation-driven growth?
- Wu, L., Hu, K., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Hamid, I. (2022). The Impact of Government Subsidies on Technological Innovation in Agribusiness: The Case for China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/SU142114003>
- Zhang, C., Fang, Y., Chen, X., & Congshan, T. (2019). Bibliometric analysis of trends in global sustainable livelihood research. *Sustainability (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/SU11041150>
- Zhao, Q., & Feng, X. (2022). Utilizing citation network structure to predict paper citation counts: A Deep learning approach. *Journal of Informetrics*, 16(1). <https://doi.org/10.1016/J.JOI.2021.101235>

