

Generación de conocimiento científico y tecnológico en AGROSAVIA

30 años de impacto en investigación para el agro colombiano, un análisis cienciométrico



AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Diego Hernando Flórez Martínez
Carlos Alberto Contreras Pedraza
Leidy Johanna Cárdenas Solano
Alexis Morales Castañeda
Camilo Alejandro Corchuelo
María Esperanza Mora Niviayo
Betty Jazmín Gutiérrez
César Augusto Vargas
Alcira María Delgado Sánchez



Generación de **conocimiento**
científico y tecnológico en
AGROSAVIA





Generación de **conocimiento científico y tecnológico** en AGROSAVIA

30 años de impacto en investigación para el agro colombiano, un análisis cuantitativo

Diego Hernando Flórez Martínez
Carlos Alberto Contreras Pedraza
Leidy Johanna Cárdenas Solano
Alexis Morales Castañeda
Camilo Alejandro Corchuelo
María Esperanza Mora Niviayo
Betty Jazmín Gutiérrez
César Augusto Vargas
Alcira María Delgado Sánchez



Generación de conocimiento científico y tecnológico en AGROSAVIA: 30 años de impacto en investigación para el agro colombiano, un análisis cienciométrico. / Diego Hernando Flórez Martínez [y otros ocho] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2026.

246 páginas (Colección Análisis, Experiencias y Reflexiones en torno al Sector Agropecuario)
Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.
ISBN e-Book: 978-958-740-906-2

1. Investigación agraria 2. Gestión del conocimiento 3. Ciencia abierta 4. Bibliometría.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - agrosavia

Sede central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Esta publicación se deriva de un análisis de la productividad científica de AGROSAVIA, construido a partir de herramientas de inteligencia y vigilancia científica y tecnológica basadas en la cienciometría y la bibliometría, en el periodo comprendido entre 1993 y 2023. La obra integra la medición de indicadores de actividad y correlación, la construcción de paisajes científicos y mapas de la ciencia, y analiza la evolución de la corporación en ejes temáticos y líneas de especialización disciplinares e interdisciplinares.

Colección: Estudios Agropecuarios

Tipología: libros de reflexión y análisis

Autores

Diego Hernando Flórez Martínez

Carlos Alberto Contreras Pedraza

Leidy Johanna Cárdenas Solano

Alexis Morales Castañeda

Camilo Alejandro Corchuelo

María Esperanza Mora Niviayo

Betty Jazmín Gutiérrez

César Augusto Vargas

Alcira María Delgado Sánchez

Preparación editorial

Coordinación editorial, adaptación a lenguaje divulgativo, corrección de estilo, diseño y diagramación:

Alcira María Delgado Sánchez

Fotografía:

Banco de Imágenes AGROSAVIA, CRIS institucional

Ilustración:

Sally Milena Fonseca Zárate

Citación sugerida:

Flórez Martínez, D. H.; Contreras Pedraza, C. A.; Cárdenas Solano, L. J.; Morales Castañeda, A.; Corchuelo, C. A.; Mora Niviayo, M. E.; Gutiérrez, B. J.; Vargas, C. A.; Delgado Sánchez, A. M. (2026). Generación de conocimiento científico y tecnológico en AGROSAVIA: 30 años de investigación e innovación para el sector agropecuario colombiano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis>

Cláusula de responsabilidad:

AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogida en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente:

018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Contenido

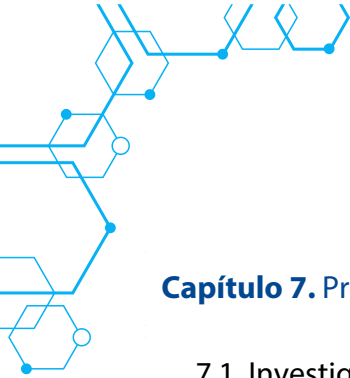
Introducción	17
Capítulo 1. Principios de la evaluación de la ciencia, marco de referencia	22
1.1. Elementos clave del ejercicio de marketing científico	30
1.2. Etapas clave en el proceso de gestión de la agenda dinámica corporativa	31
1.3. Elementos de interés en la evaluación de la investigación	34
1.4. Análisis bibliométricos, cienciométricos y de métricas alternativas	35
1.5. Herramientas de software disponibles: bondades y limitaciones	53
1.6. Matriz integrada elementos, indicadores y herramientas	54
Capítulo 2. Diseño metodológico	58
2.1. Fase 1: Identificación y selección de fuentes de información	58
2.2. Fase 2: Recuperación y depuración de datos	60
2.3. Fase 3: Análisis	60
2.4. Fase 4: Construcción de reflexiones	60
Capítulo 3. Panorama general de la investigación sectorial en América Latina y el Caribe	62
3.1. Generación de conocimiento en agricultura	66
3.2. Evaluación institucional en rankings internacionales de ciencia e investigación	79
3.3. Conclusiones y reflexiones	81





Capítulo 4. Productividad científica y tecnológica integrada en AGROSAVIA, 1993–2022	84
4.1. Productividad agregada en Google Scholar	84
4.2. Productividad indexada en Scopus, Web of Science y SciELO	99
4.3. Participación en eventos científicos	115
4.4. Productos de desarrollo tecnológico: patentes, variedades y oferta tecnológica	121
4.5. Conclusiones y reflexiones	123
Capítulo 5. Productividad científica: análisis desde los centros de investigación	125
5.1. Dinámica de publicaciones y citaciones por centro de investigación	126
5.2. Principales fuentes de difusión de conocimiento por centro de investigación	130
5.3. Principales autores por centro de investigación	132
5.4. Principales aliados por centro de investigación	138
5.5. Red de coocurrencia de palabras por centro de investigación	143
Capítulo 6. Productividad científica: análisis desde las redes de innovación	149
6.1 Dinámica de publicaciones y citaciones totales por red de innovación	149
6.2 Redes de coocurrencia temática, coautoría y redes de colaboración con instituciones	151
6.3 Redes de coocurrencia de coautorías según redes de innovación	154
6.4 Principales instituciones aliadas según redes de innovación	157





Capítulo 7. Productividad científica, análisis desde los grupos de investigación	161
7.1. Investigadores	165
7.2. Productividad	167
Capítulo 8. Retos para la gestión del conocimiento en I+D+i para AGROSAVIA	174
8.1. Enfoques estratégicos para la I+D+i	177
8.2. Difusión y divulgación del conocimiento, una estrategia multinivel y multivariable	195
8.3. Gestión de datos e información institucional a través de sistemas de gestión de conocimiento	207
8.4. Inteligencia científica institucional	209
8.5. Transición a la ciencia abierta, recomendaciones institucionales desde la visión país	211
8.6. La inteligencia artificial en la generación de conocimiento científico, ¿un nuevo fenómeno no deseado?	212
Referencias	218
Anexos	228



Lista de figuras

Figura 1. Caminos de impacto del modelo Pipeline para la medición del impacto social de la investigación. Adaptado de Muhonen, Benneworth y Olmos-Peñuela (2019)	26
Figura 2. Pilares, tópicos e indicadores para la evaluación del impacto científico y social de la investigación	29
Figura 3. Bibliometría y cienciometría como herramientas de la evaluación de la investigación	39
Figura 4. Significado y cálculo de los índices de productividad de una organización	41
Figura 5. Diagrama de flujo del diseño metodológico para la evaluación cienciométrica	59
Figura 6. Mapas de transformación en agricultura	65
Figura 7. Generación de conocimiento científico en centros especializados en ciencias agrícolas: productividad y citaciones (1996-2021)	72
Figura 8. Análisis comparativo de la internacionalización del conocimiento en centros especializados en investigación agrícola (1996-2021)	73
Figura 9. Análisis comparativo de la colaboración académica y no académica con centros especializados en investigación agrícola	74
Figura 10. Mapa de transformación de la ciencia	76
Figura 11. Mapa y red de coocurrencia de tópicos asociados a la contribución científica de AGROSAVIA a los ODS	77
Figura 12. Ranking SCImago 2022: evaluación de AGROSAVIA por enfoque temático	80
Figura 13. Ranking Webometrics 2019: evaluación de AGROSAVIA	81
Figura 14. Publicaciones indexadas en Google Scholar por año	87
Figura 15. Licencias Creative Commons de las publicaciones indexadas en Google Scholar	88
Figura 16. Publicaciones en revistas según país de publicación indexadas en Google Scholar	89
Figura 17. Publicaciones por centro de investigación indexadas en Google Scholar	91
Figura 18. Publicaciones por centro de investigación, por año, indexadas en Google Scholar	91



Figura 19. Top 10 de las publicaciones indexadas en Google Scholar más citadas	92
Figura 20. Indicadores bibliométricos de las publicaciones indexadas en Google Scholar más citadas	93
Figura 21. Continuidad en publicaciones indexadas en Google Scholar por autor. Top 9. Periodo 2012-2022	95
Figura 22. Nube de palabras claves con mayor coocurrencia en las publicaciones indexadas en Google Scholar	96
Figura 23. Mapa temático de las publicaciones indexadas en Google Scholar	97
Figura 24. Mapa de coocurrencia palabras clave por centro de investigación	96
Figura 25. Datos curiosos sobre la producción indexada en Google Scholar	98
Figura 26. Dinámica de publicaciones de AGROSAVIA por año, 1995-2022	99
Figura 27. Publicaciones de AGROSAVIA 1993-2022 por tipología	100
Figura 28. Citaciones por año de publicación	101
Figura 29. Principales revistas en las que se publican investigaciones de AGROSAVIA	102
Figura 30. Principales revistas citadas en las publicaciones de AGROSAVIA	103
Figura 31. Principales autores corporativos	104
Figura 32. Principales países en coautoría con AGROSAVIA	105
Figura 33. Red de colaboración entre países	106
Figura 34. Principales instituciones aliadas con las que publica AGROSAVIA	107
Figura 35. Red de colaboración por instituciones	107
Figura 36. Mapa de coocurrencia palabras clave publicaciones AGROSAVIA 1993-2022	108





Figura 37. Mapa de coocurrencia palabras clave publicaciones AGROSAVIA 1993-2003	112
Figura 38. Red de coocurrencia palabras clave publicaciones AGROSAVIA 2004-2012	113
Figura 39. Red de coocurrencia de palabras clave publicaciones AGROSAVIA 2013-2022	114
Figura 40. Indicadores clave de desempeño para eventos de AGROSAVIA	115
Figura 41. Indicadores clave de desempeño de dinámica cronológica y tipología para eventos de AGROSAVIA. Periodo de observación 2015-2022	116
Figura 42. Indicadores clave de desempeño de articulación institucional para eventos de AGROSAVIA. Periodo de observación 2015-2022	119
Figura 43. Indicadores clave de desempeño de relacionamiento externo para eventos de AGROSAVIA. Periodo de observación 2015-2022	120
Figura 44. Ofertas tecnológicas por tipología	121
Figura 45. Cultivares AGROSAVIA registrados ante el ICA por año	122
Figura 46. Número de publicaciones por centro de investigación	127
Figura 47. Dinámica de publicaciones desde la Ley de Solla-Pric	128
Figura 48. Productividad acumulada de AGROSAVIA por centro de investigación	129
Figura 49. Citaciones según centro de investigación	129
Figura 50. Principales revistas por centro de investigación	131
Figura 51. Principales cinco investigadores por centro de investigación	135
Figura 52. Mapas de redes de autores por centro de investigación AGROSAVIA	138
Figura 53. Principales cinco instituciones-países por centro de investigación	140
Figura 54. Mapas de colaboración entre países - instituciones filiales de los investigadores por centro de investigación AGROSAVIA	143
Figura 55. Mapas de redes de tópicos de investigación por centro de investigación AGROSAVIA	147



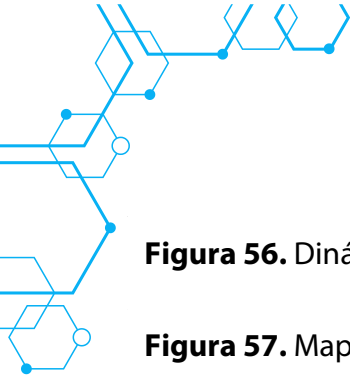


Figura 56. Dinámica de publicaciones por red de innovación	150
Figura 57. Mapas de redes de tópicos de investigación por red de innovación de AGROSAVIA	154
Figura 58. Redes de coautoría por red de innovación	156
Figura 59. Redes de colaboración aliados por red de innovación	158
Figura 60. Línea de tiempo por año de creación de los grupos de investigación de AGROSAVIA	162
Figura 61. Histórico de resultados de los grupos de investigación de AGROSAVIA en convocatorias de Minciencias	163
Figura 62. Relación entre investigadores y grupos de investigación por centros de investigación de AGROSAVIA	164
Figura 63. Relación entre grupos de investigación con redes de innovación de AGROSAVIA	164
Figura 64. Participación de investigadores de grupos de investigación por género	165
Figura 65. Histórico de investigadores de AGROSAVIA reconocidos por Minciencias (2013-2021)	166
Figura 66. Escalafón de AGROSAVIA por investigadores reconocidos por Minciencias según convocatoria 894 de 2021	167
Figura 67. Mapa de distribución temática de grupos de investigación de AGROSAVIA (2016-2021)	168
Figura 68. Número de productos registrados de nuevo conocimiento convocatorias 2013-2021	170
Figura 69. Número de productos registrados en desarrollo tecnológico e innovación convocatorias 2013-2021	171
Figura 70. Número de productos registrados en formación de recurso humano convocatorias 2013-2021.	172

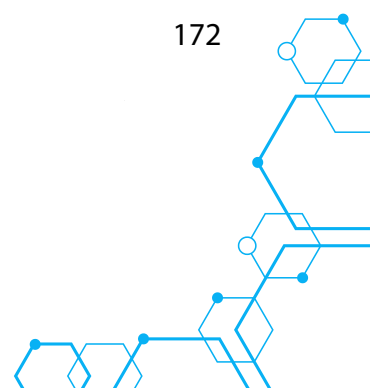


Figura 71. Número de productos registrados en apropiación social del conocimiento y divulgación pública de la ciencia, convocatorias 2013-2021.	173
Figura 72. Mapa de transformación de la ciencia abierta	176
Figura 73. Pilares de la ciencia abierta	177
Figura 74. Mapa de transformación de la bioeconomía	179
Figura 75. Mapa de transformación de la agricultura climáticamente inteligente	183
Figura 76. Mapa de transformación de la seguridad alimentaria y nutricional	186
Figura 77. Mapa de transformación del enfoque de nuevos sistemas agroalimentarios	190
Figura 78. Mapa de transformación de la inclusión social en el desarrollo tecnológico	194
Figura 79. Estructura propuesta sistema descentralizado de inteligencia, vigilancia y analítica de datos (SDIVAD)	207



Lista de tablas

Tabla 1. Cálculo comparativo de los índices h, g y m en una organización de I+D+i	40
Tabla 2. Análisis comparativo de bases de datos científicas y sus funcionalidades	53
Tabla 3. Comparativo de herramientas de software para análisis bibliométrico y cienciométrico	55
Tabla 4. Relación entre herramientas de software y fuentes de datos según tipo de análisis posible	56
Tabla 5. Análisis comparativo de generación de conocimiento en agricultura	66
Tabla 6. Indicadores bibliométricos de AGROSAVIA reportados por SciVal (1996- 2021)	71
Tabla 7. Ranking SCImago de AGROSAVIA por áreas de conocimiento	79
Tabla 8. Ficha técnica de parámetros de búsqueda en Google Scholar mediante Harzing's Publish or Perish (POP)	85
Tabla 9. Sigla y significado de licencias Creative Commons de las publicaciones indexadas en Google Scholar	87
Tabla 10. Top 10 de las revistas con mayor costo de APC* de las publicaciones indexadas en Google Scholar	89
Tabla 11. Principales fuentes, sistemas, áreas e instituciones de las publicaciones indexadas en Google Scholar (Top 10 por categoría)	91
Tabla 12. Patentes generadas por AGROSAVIA	122
Tabla 13. Indicadores cienciométricos por centro de investigación AGROSAVIA	125
Tabla 14. Indicadores cienciométricos por red de innovación de AGROSAVIA	150
Tabla 15. Estructura multinivel y multivariable de la estrategia	197
Tabla 16. Impacto de la estrategia 2022	198





Introducción

"Si he visto más, es poniéndome sobre los hombros de gigantes"
Isaac Newton

Las organizaciones que basan su estrategia y su accionar misional en actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) se consideran organizaciones creadoras y transferidoras de conocimiento, de aprendizaje continuo y complejas en su gestión (Jain et al., 2010).

La gestión de este tipo de organizaciones presenta retos relacionados con la toma de decisiones que orienta su estrategia, que se compone por cuatro pilares: su infraestructura tecnológica, su recurso humano altamente especializado, los procesos específicos relacionados con las áreas de conocimiento y el portafolio de proyectos (Pisano, 2012).

De la interacción de estos pilares se desprenden los resultados (*outputs*) del proceso de investigación, los cuales pueden asociarse a publicaciones científicas, tecnologías, servicios e incluso conjuntos de datos. Utilizando como analogía los modelos de cadena de valor (Porter, 1991), cadena productiva (de Castro, 2001) y sistemas productivos agroindustriales (Flórez & Uribe, 2017), es factible entender el proceso de I+D+i como un sistema dinámico en el que el conocimiento fluye y retorna desde la idea hasta el usuario final de los resultados de investigación (Khodabakhshian et al., 2013).

Este flujo de conocimiento, que atraviesa las fases de ideación, formulación, ejecución del proyecto (investigación básica, aplicada y adaptativa), transferencia y apropiación (comercialización de los resultados de investigación), así como adopción y adaptación por parte del cliente final (innovación abierta), es específico de cada área de conocimiento, contexto y condiciones del entorno de la investigación. Lo anterior implica que los procesos de evaluación de la investigación deben contemplar estas particularidades, de tal manera que las herramientas, métodos, metodologías y modelos de medición y análisis sean un insumo confiable que respalde la toma de decisiones.



En Colombia, de acuerdo con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), los centros de investigación, como organizaciones de I+D+i, se consideran:

“[...]Organizaciones públicas, privadas o mixtas dedicadas a la generación de conocimiento fundamental para el país mediante proyectos de investigación científica básica y/o aplicada en líneas de investigación específicas[...]”¹

1

En este sentido, de acuerdo con la Resolución 1972 del 10 de octubre de 2023, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA es categorizada y reconocida, según MinCiencias, como:

“[...]Centros e institutos públicos de I+D: entidades adscritas y/o vinculadas a ministerios, departamentos administrativos, unidades, agencias o entidades descentralizadas de orden nacional, que han sido creadas para apoyar el cumplimiento de su misión institucional y mejorar la calidad técnica de las intervenciones con base en la generación de conocimiento científico, el desarrollo y absorción de tecnología[...]”.

Lo expresado anteriormente implica que los principales resultados derivados de las actividades de investigación, desarrollo e innovación ejecutados por AGROSAVIA son productos de generación de nuevo conocimiento como artículos de investigación o científicos, libros y capítulos de libro resultantes de investigaciones; productos de desarrollo tecnológico e innovación como maquinaria, equipos, nuevas variedades animales y vegetales, entre otros; productos de apropiación social del conocimiento, como manuales, cartillas, modelos productivos y ponencias; y, productos de formación de capacidades en CTel, como tesis de pregrado, maestría y doctorado, junto con la formación de jóvenes investigadores y las estancias de investigación posdoctoral.

De estos productos, aquellos denominados como de generación de nuevo conocimiento (artículos científicos, actas de conferencia, reseñas, capítulos de libro, libros y notas editoriales), son objeto de análisis y estudio en procesos de evaluación del impacto de la productividad científica, que a su vez es un elemento que constituye un análisis del impacto en la actividad y contribución científica de la organización.

El objetivo de esta publicación es construir, a partir de herramientas de inteligencia y vigilancia científica y tecnológica basadas en la cienciometría y la bibliometría como disciplinas para el estudio de la ciencia, un diseño metodológico para el análisis de la productividad científica de AGROSAVIA, en el marco de la celebración de sus 30 años de contribución e impacto en el sector agropecuario colombiano. Este diseño comprende la medición de indicadores de actividad, indicadores de correlación, la construcción de paisajes científicos y mapas de la ciencia, que permiten identificar la evolución de la corporación en el desarrollo de ejes temáticos y en la especialización en líneas de trabajo disciplinares e interdisciplinares.

El libro abarca siete secciones, que van desde aspectos conceptuales y teóricos, pasando por la línea de base corporativa, la identificación de referentes metodológicos, las posibles rutas de evaluación, hasta la primera versión de la metodología de evaluación, los usos identificados de los resultados, y las limitaciones y cuellos de botella.

En el capítulo 1 se construye un marco de referencia conceptual y teórico sobre los principios asociados al análisis de la generación de conocimiento científico. El enfoque permite integrar conceptos relacionados con la evaluación de la ciencia (autodiagnóstico), principios de marketing científico como estrategia de visibilización del quehacer de una organización de CTel, y la manera en que estos dos enfoques pueden contribuir a cada una de las etapas clave del proceso de gestión de la agenda corporativa (portafolio de proyectos). Los conceptos se categorizan en dos grupos: aquellos relacionados con el uso de la bibliometría, la cienciometría y las métricas alternativas como métodos y herramientas para la evaluación del conocimiento científico; y aquellos relacionados con los recursos tecnológicos que facilitan la recuperación, estructuración y análisis de información científica y tecnológica.

El capítulo 2 comprende la descripción del diseño metodológico general implementado para esta publicación, el cual ha sido modificado, adaptado y adoptado a través del quehacer del Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y Tecnológica de AGROSAVIA. Este diseño establece cuatro fases que van desde la identificación y selección de las fuentes de información (metadatos, datos, información, indicadores externos, entre otros), pasando por la recuperación y depuración de la información recopilada (integración y normalización), hasta llegar al análisis de la información mediante métodos y metodologías específicas, para finalmente desarrollar las reflexiones, recomendaciones y puesta en valor del ejercicio.

El capítulo 3 ofrece una introducción contextual a la generación de conocimiento de AGROSAVIA en el marco de la producción mundial de publicaciones en el área de investigación de "Agricultura y ciencias biológicas"; el rol de los institutos nacionales de investigación (INIA) como líderes de los sistemas nacionales de innovación agropecuaria (SNIA) en la generación de conocimiento; y la alineación del conocimiento generado con metas globales como la Agenda 2030 (Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS). Finalmente, el capítulo presenta el reconocimiento a AGROSAVIA como centro de investigación por parte del ranking mundial de instituciones de investigación, al haber sido incluida en este durante tres años consecutivos (2020-2022). Cabe mencionar que hasta el año 2026, cuatro años posteriores al periodo de análisis de este libro, la corporación continúa siendo contemplada en el ranking.

Capítulo 1:
Principios de la
evaluación de la
ciencia, marco de
referencia

Capítulo 2:
Diseño metodológico.

Capítulo 3:
Panorama general de
la investigación
sectorial en América
Latina y el Caribe



Capítulo 4:
Productividad
científica y
tecnológica
integrada,
AGROSAVIA 1993
-2022

Capítulo 5:
Productividad
científica, análisis
desde los centros
de investigación

Capítulo 6:
Productividad
científica, análisis
desde las redes de
innovación

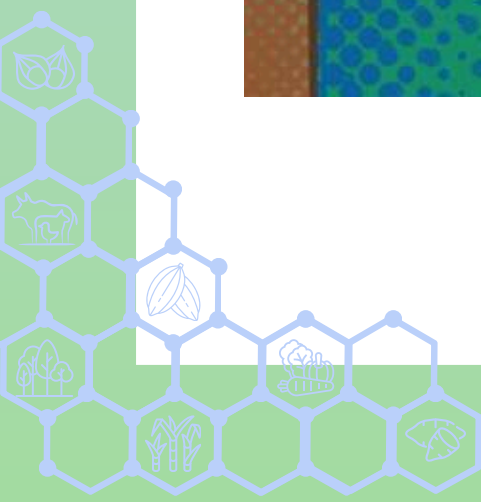
Capítulo 7:
Productividad
científica, análisis
desde los grupos de
investigación

Capítulo 8:
Retos para la
gestión del
conocimiento en
I+D+i para
AGROSAVIA

El Capítulo 4, que constituye el corazón del libro, comprende el análisis bibliométrico y cienciométrico de la productividad científica de AGROSAVIA, entendido como una evaluación histórica de la generación de conocimiento entre 1993 y 2022. Se destacan cinco secciones clave. La primera está enfocada en el análisis de la productividad agregada de la institución, disponible y visible en Google Scholar®. La segunda aborda la visibilidad del conocimiento de AGROSAVIA en los motores de indexación de revistas más reconocidos en la dinámica actual de la publicación científica a nivel mundial, como lo son Scopus® de la editorial Elsevier® y Web of Science® de la empresa Clarivate Analytics®, además de incluir a SciELO® como el motor más relevante en América Latina y el Caribe. La tercera sección se enfoca en la productividad editorial generada por la corporación a través de su equipo editorial in situ (libros, manuales, cartillas, catálogos, material divulgativo, modelos productivos, entre otros). La cuarta abarca la participación de investigadores y colaboradores en eventos de intercambio de conocimiento, como conferencias científicas (congresos, simposios, coloquios y seminarios). Finalmente, la quinta sección presenta los desarrollos tecnológicos corporativos que han sido objeto de mecanismos de protección de propiedad intelectual (patentes, registros de marca, variedades) y el portafolio de ofertas tecnológicas de AGROSAVIA. La sexta sección complementa el núcleo de evaluación con una aproximación a métricas alternativas.

Los capítulos 5, 6 y 7 ofrecen una mirada a la producción científica a través de las estructuras de gestión del conocimiento de AGROSAVIA: los grupos de investigación (visión sobre la interacción y generación de conocimiento disciplinar y multidisciplinar, orientada por áreas y líneas de investigación); las redes de innovación (visión sobre la interacción y generación de conocimiento disciplinar e interdisciplinar, orientada por el enfoque a sistemas y cadenas productivas agropecuarias); y los centros de investigación (visión sobre la interacción y generación de conocimiento disciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar, orientada por el enfoque de disciplinas y sistemas productivos en contextos territoriales determinados).

Finalmente, el Capítulo 8 recoge la mirada colectiva de los autores sobre los retos y perspectivas de la gestión del conocimiento en I+D+i para AGROSAVIA.





Capítulo 1.

Principios de la evaluación de la ciencia, marco de referencia

"Lo que no se puede medir, no se puede mejorar "

William Thomson, Lord Kelvin

La evaluación de la investigación científica es un proceso complejo y necesario que permite definir directrices sobre la manera como se desarrolla la generación y transferencia de conocimiento en organizaciones que basan su estrategia en actividades de I+D+i. La nueva producción del conocimiento propuesta por Gibbons (1997) diversifica el accionar de este tipo de organizaciones en tres modos:

Modo 1 – No comercial:

Enfocado en el desarrollo de publicaciones científicas o académicas, el desarrollo y la participación en seminarios temáticos, así como la presentación de ponencias científicas y pósteres de investigación.

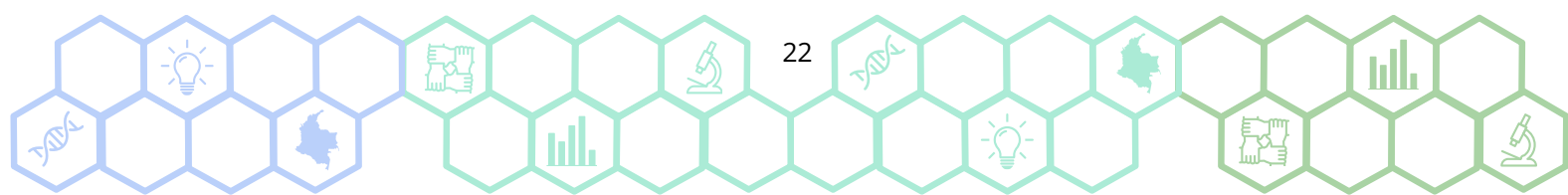
Modo 2 – Comercial:

Enfocado en el desarrollo de consultorías (servicios de extensión a la comunidad), el desarrollo de investigaciones conjuntas entre academia y empresa, así como en el licenciamiento y la comercialización de patentes (ofertas tecnológicas basadas en conocimiento).

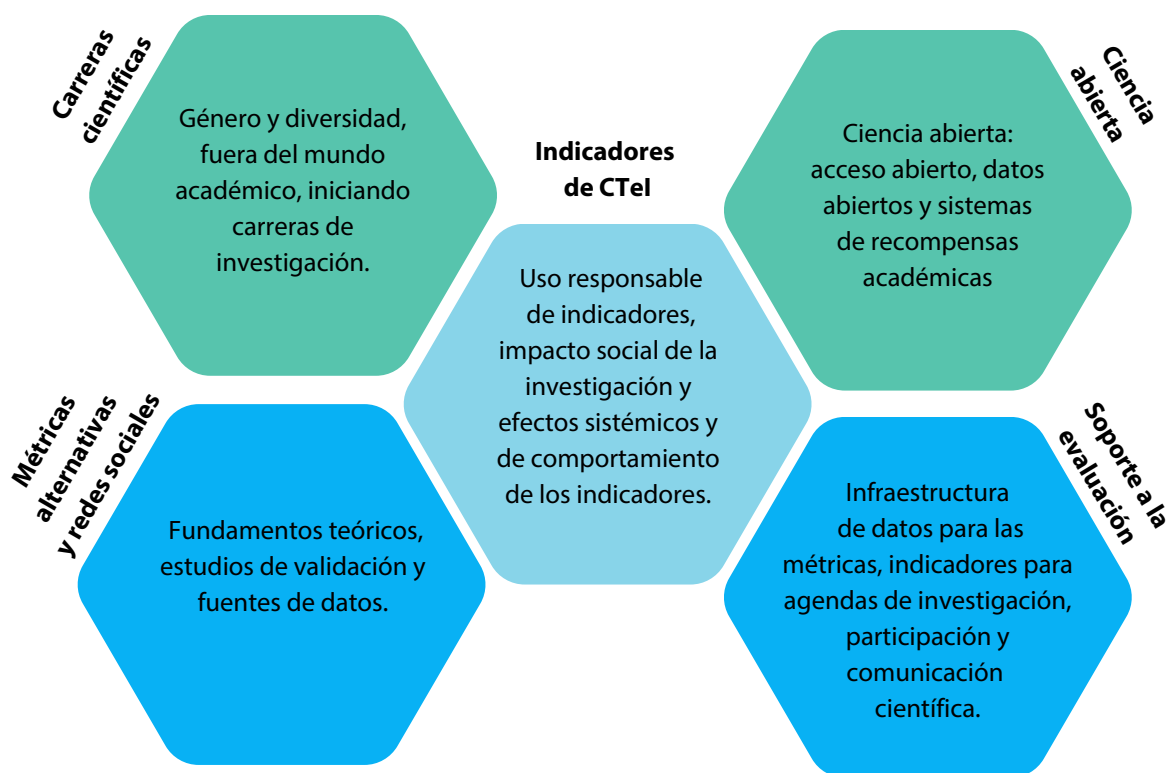
Modo 3 – Diversificación empresarial:

Enfocado en la creación de empresas a partir de los resultados de procesos de investigación (spin-off).

El tercer modo facilita la interacción entre actores públicos y privados en los ecosistemas de innovación, con el fin de desarrollar investigación básica en contextos de aplicación, por medio del fomento de entornos creativos de conocimiento (Carayannis & Campbell, 2012; Hemlin et al., 2004). Lo anterior conlleva a identificar nuevas aproximaciones para la evaluación de la actividad científica, que integren métodos tradicionales, emergentes y combinados, contribuyendo así a una toma de decisiones basada en conocimiento.



El contexto actual de la evaluación científica en el mundo se encuentra en un proceso de transición hacia escenarios de ciencia abierta, en el que, de acuerdo con los congresos de 2019 y 2016 de *Science and Technology Innovation Indicators*, organizados por la Universidad de Leiden, los principales ejes de análisis son:



En contraste, los principales rankings de investigación, como *Times Higher Education*, *Shanghai Ranking* y *QS Ranking*, consideran indicadores clásicos como el impacto de la investigación, el número de autores altamente citados, el número de publicaciones en revistas como *Nature* y *Science*, y el número total de publicaciones indexadas en *SCImago Journal Ranking* (SJR) o en *Journal Citation Reports* (JCR) (exclusivamente artículos); así como indicadores más especializados, como el impacto promedio de citas y el índice de colaboración internacional. Todo lo anterior corresponde a lo que se conoce como bibliometría y cienciometría tradicional.

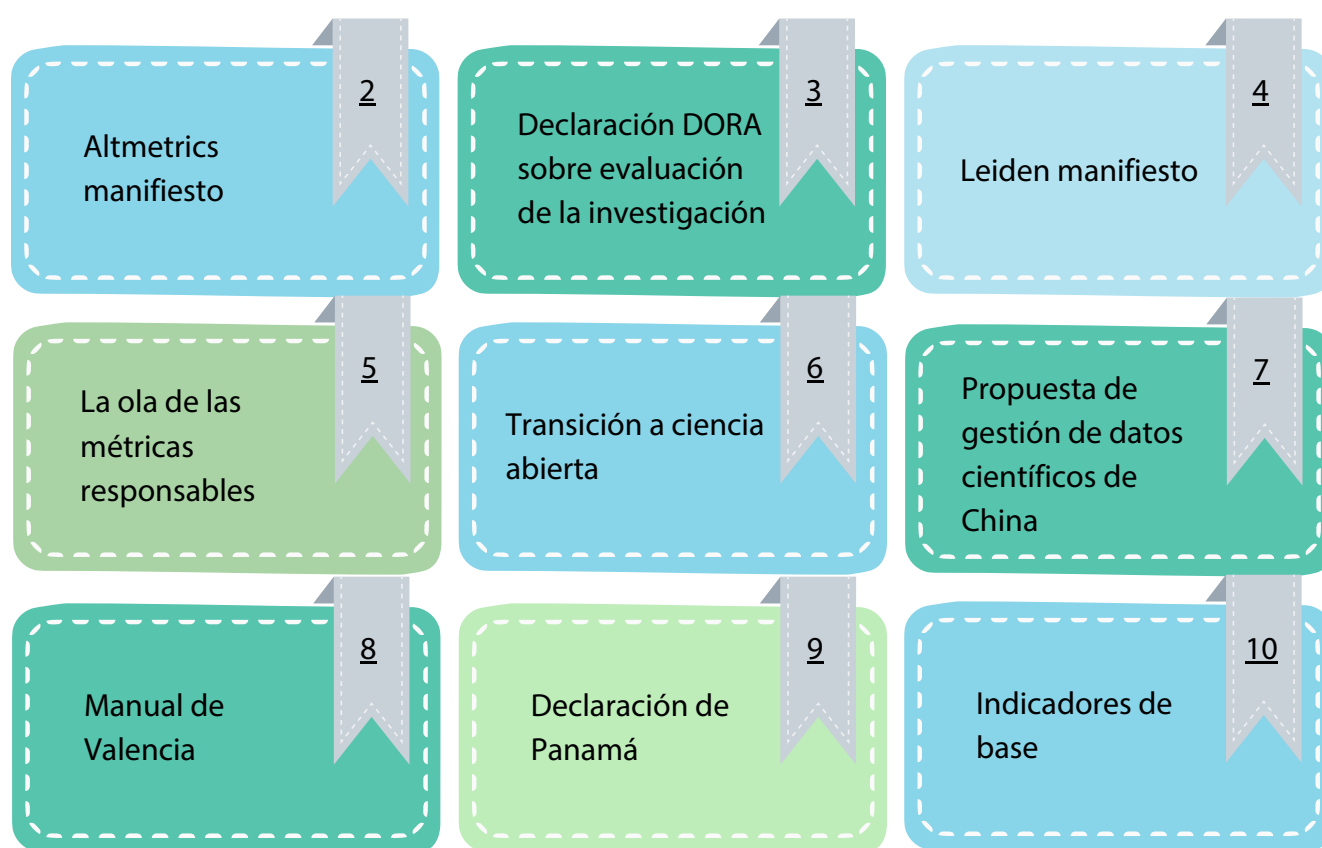
En el contexto latinoamericano, la dicotomía establecida por los sistemas de evaluación, la dinámica de las editoriales de renombre —como Elsevier, Clarivate Analytics, Sage®, Wiley®, Taylor & Francis®, entre otras—, y los movimientos regionales para la indexación del conocimiento —como SciELO, Redalyc® y Latindex®— impactan la calidad, representatividad y continuidad de los procesos de generación de conocimiento. Específicamente en el caso de Colombia, el sistema de indexación nacional, Publindex, se caracteriza por contar con más de 600 revistas nacionales y por estar enfocado en la homologación de dichas revistas frente a publicaciones internacionales, lo que, hasta 2016, conllevó a la degradación de 280 títulos.



Frente a este contexto, las principales interrogantes que surgen respecto a las posibles alternativas o cursos de acción son:

- ¿La bibliometría y la cienciometría tradicionales son insuficientes?
- ¿Las métricas de impacto social son prometedoras, pero aún insuficientes?
- ¿La nueva bibliometría (alt métricas) carece del desarrollo suficiente?
- ¿La ciencia abierta y la tecnología blockchain proveen seguridad al conocimiento científico?

Estas interrogantes han generado diferentes señales desde lo propuesto por Gibbons (1997):



Altmetrics manifiesto

Medición del impacto de la investigación en su uso, revisión por pares, citas y métricas alternativas (almacenamiento, enlaces, marcaciones y conversaciones); intercambio de ciencia bruta (datos, códigos, diseños experimentales); publicación semántica o nanopublicación (segmentos de texto que contienen argumentos); y autopublicación (blogs, microblogs, comentarios y anotaciones sobre trabajos ya publicados).

Declaración DORA sobre evaluación de la investigación

La declaración tiene un carácter orientativo y promueve la mejora del proceso de evaluación de la investigación por parte de financiadores, instituciones académicas y otras partes interesadas. Las recomendaciones de esta declaración —también conocida como Declaración de San Francisco— que buscan promover la participación de otras áreas del conocimiento para respaldar sus postulados son: disminuir el uso del factor de impacto de las revistas como único criterio de evaluación; evaluar la investigación por sus propios méritos; y capitalizar las oportunidades de publicación digital flexibilizando límites de páginas, figuras, tablas, entre otros.

Leiden manifiesto

Este manifiesto, conformado por diez principios rectores para la evaluación de la investigación, abarca: (i) la articulación entre la evaluación cuantitativa y la valoración cualitativa de expertos; (ii) la medición del desempeño acorde con el propósito y los objetivos de la organización, el grupo de investigación y del investigador per se; (iii) valorar la relevancia de la investigación orientada a lo local; (iv) procesos simples, abiertos y éticos en la recopilación y análisis de datos; (v) datos y análisis abiertos para la verificación de los evaluados; (vi) contemplar las diferencias en las prácticas de publicación y citación de cada campo del conocimiento; (vii) la evaluación individual alineada con la evaluación cualitativa del portafolio de I+D+i; (viii) ética y transparencia; (ix) reconocer los efectos sistémicos e indicadores; y (x) la revisión y actualización de indicadores.

La ola de las métricas responsables

Selección responsable de las métricas cuantitativas disponibles para la medición y análisis de las actividades de investigación. Las métricas deben tener un peso específico frente al interés de evaluación institucional, contemplar la participación de pares evaluadores y generar confiabilidad, trazabilidad y continuidad en el proceso de medición.

Las métricas seleccionadas para la evaluación institucional deben responder a cinco dimensiones: (i) **Robustez**, contar con los mejores datos disponibles en términos de precisión y alcance; (ii) **Humildad**, reconocer que la evaluación cuantitativa debe apoyar, pero no suplantar, la evaluación cualitativa experta; (iii) **Transparencia**, implementar procesos abiertos de recopilación y análisis de datos que permitan la verificación de los resultados; (iv) **Diversidad**, considerar las variaciones por ámbitos, la pluralidad de trayectorias de investigación y las dinámicas propias de cada área del conocimiento, tanto a nivel individual como institucional; y (v) **Reflexividad**, reconocer y anticipar los efectos sistémicos y potenciales de los indicadores, así como su actualización periódica.

Transición a ciencia abierta

Las dinámicas del entorno mundial de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) se encuentran en evolución, pasando de sistemas cerrados y disciplinares a estructuras abiertas e interdisciplinarias, en las que tanto el proceso como los resultados de la I+D+i son más accesibles para las partes involucradas. El modelo Pipeline de impacto, formulado por Muhonen, Benneworth y Olmos-Peñuela (2019), propone doce caminos para la medición del impacto social de la investigación (véase figura 1), los cuales se describen a continuación.

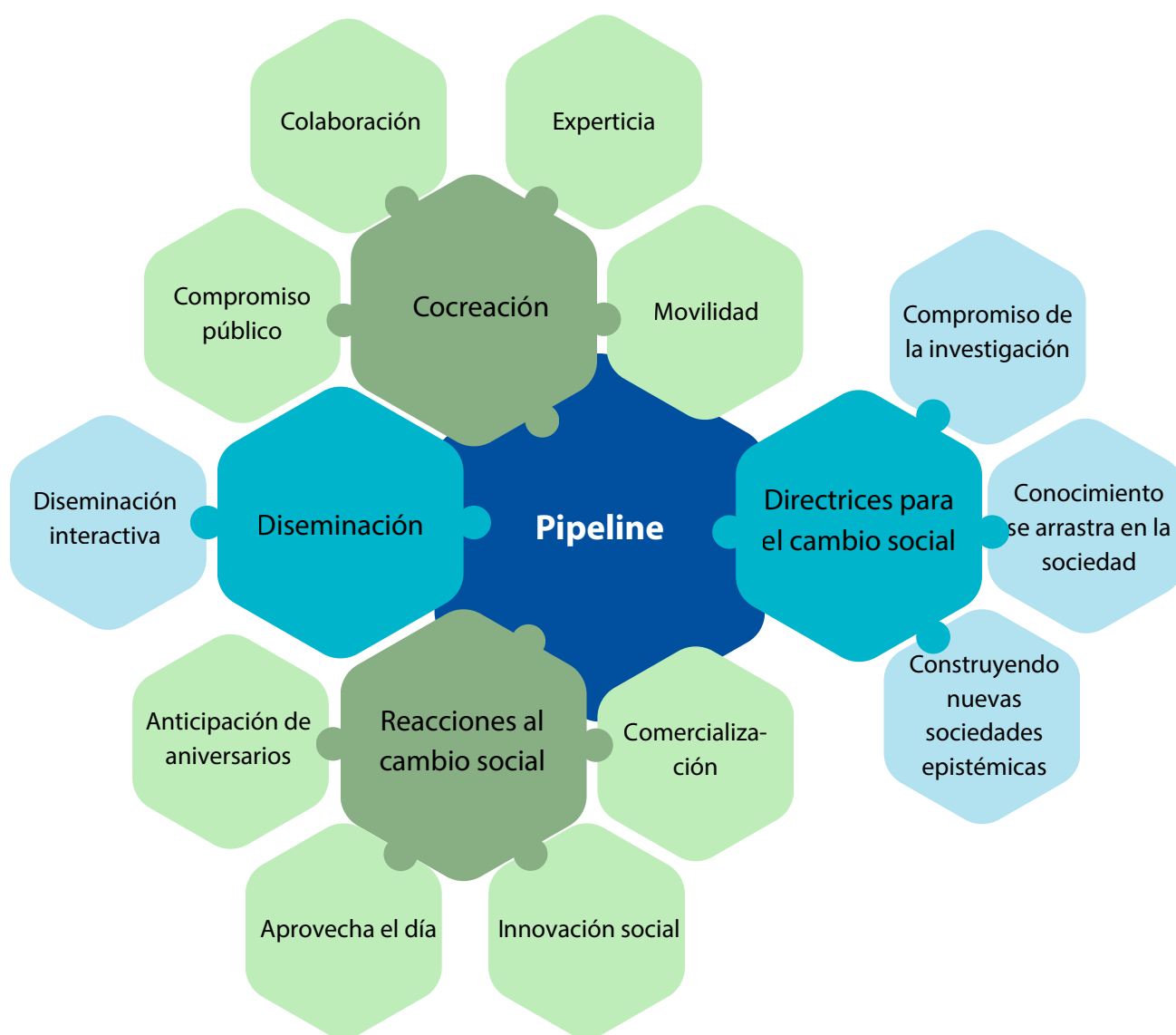


Figura 1. Caminos de impacto del modelo Pipeline para la medición del impacto social de la investigación. Adaptado de Muhonen, Benneworth y Olmos-Peñuela (2019)

Fuente: Elaboración propia

1. **Diseminación activa:** los investigadores utilizan diferentes canales y medios de comunicación científica (por ejemplo, redes sociales) para movilizar y documentar los resultados de investigación.
2. **Colaboración periódica:** generación de impacto mediante principios de ciencia ciudadana, así como mediante aproximaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias.
3. **Resultados de investigación basados en el uso de la sociedad como laboratorio,** donde la publicidad se convierte en un elemento necesario del impacto.
4. **Experticia:** participación de investigadores en la formulación de lineamientos de política pública, en procesos de evaluación científica en calidad de consultores y en instancias relacionadas con diplomacia científica e internacionalización de la ciencia, la tecnología y la innovación.
5. **Movilidad:** conocimiento y experiencia del investigador puestos en uso en otros contextos.
6. **Anticipación de aniversarios:** es una estrategia clave para los investigadores que buscan maximizar el impacto de su trabajo, al alinear sus hallazgos con la agenda mediática y el interés público en fechas conmemorativas.
7. **Aprovechamiento del momento:** cambios emergentes en prioridades de investigación en respuesta a eventos hitos disruptivos y hechos portadores de futuro. (por ejemplo, la pandemia por COVID-19).
8. **Innovación social:** trabajos independientes que convergen en una etapa de su desarrollo.
9. **Comercialización:** investigación orientada a dinámicas del mercado (por ejemplo, cliente y clientes del cliente), insertándose en la cadena de valor de la investigación.
10. **Compromiso con la investigación:** reconocimiento del tema de investigación y empoderamiento del proceso investigativo.
11. **Incursión de los resultados de investigación en la sociedad:** participación en debates de política pública, opinión pública y estamentos legislativos.
12. **Construcción de comunidades epistémicas:** introducción de cambios en los marcos de pensamiento, en las prácticas y en los recursos de trabajo.

Propuesta de gestión de datos científicos de China

La propuesta establece lineamientos para proyectos de I+D transversales, tales como el suministro de datos sin ánimo de lucro, la firma de contratos de uso de datos, el mantenimiento de la confidencialidad de ciertos tipos de información y la revisión por parte de entes reguladores. Asimismo, define lineamientos específicos para proyectos públicos, como la recopilación y presentación de datos a centros de datos públicos, el compartir información para uso general y el envío de datos al instituto de investigación correspondiente.

Manual de Valencia

Herramienta desarrollada por un grupo de expertos para que las universidades iberoamericanas puedan medir las actividades de vinculación que realizan con su entorno socioeconómico.



Declaración de Panamá por el acceso abierto

Declaración compuesta por diez principios rectores, que incluyen: datos abiertos, educación abierta, ciencia ciudadana, evaluación abierta, investigación abierta, reproducible y replicable, uso de herramientas abiertas de software y hardware libre, infraestructuras abiertas, innovación de código abierto, licencias libres y acceso abierto.

Declaración de Budapest en su vigésimo aniversario

Esta declaración propone acciones clave como: i) Alojar los resultados de la investigación en una infraestructura abierta. ii) Reformar el sistema de evaluación de la investigación y los esquemas de recompensas para mejorar los incentivos. iii) Favorecer canales de publicación y distribución inclusivos, de modo que nunca se excluya a los autores por motivos económicos.

Manifiesto de Bogotá (CLACSO)

Propone la ciencia como un bien común y público, promoviendo la soberanía epistémica y la evaluación de la investigación con impacto social, cultural y ambiental.

Indicadores de base

Los indicadores de base comprenden tres pilares: investigación, disseminación e impactos. En la figura 2, pilares, tópicos e indicadores para la evaluación del impacto científico y social de la investigación se representa esta clasificación de indicadores, considerando sus tópicos.

11



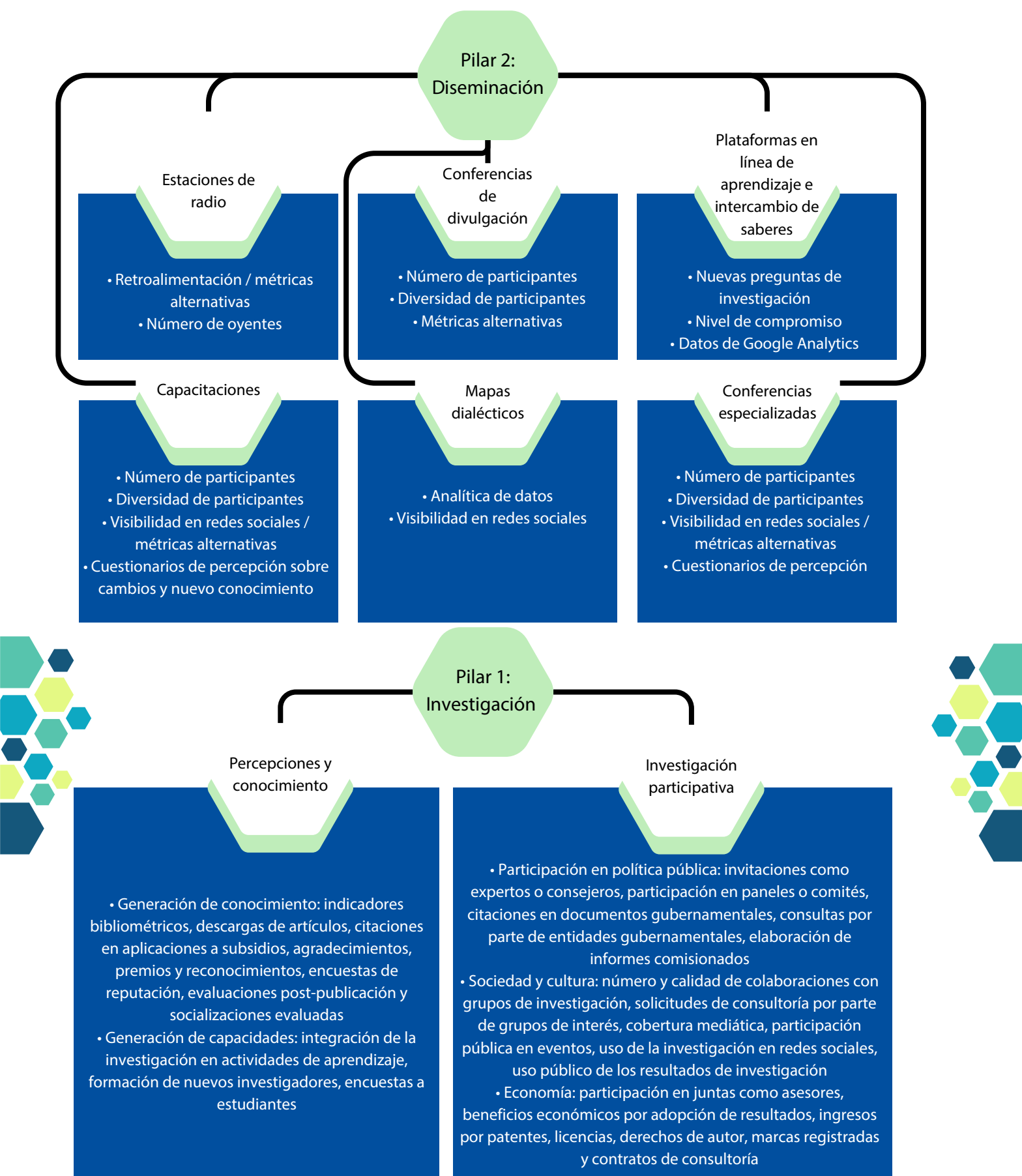


Figura 2. Pilares, tópicos e indicadores para la evaluación del impacto científico y social de la investigación

Fuente: Elaboración propia.

1.1. Elementos clave del ejercicio de marketing científico

Durante el año 2018 AGROSAVIA desarrolló un ejercicio de marketing científico que estableció algunas directrices para contribuir a la difusión, divulgación, posicionamiento y visibilidad del conocimiento científico y tecnológico generado por la Corporación. De las directrices establecidas, aquellas relacionadas directamente con la evaluación cuantitativa de la investigación son:

- Movilizar las publicaciones científicas derivadas de los proyectos del portafolio de I+D+i a través de los principales sistemas de referenciación: Scopus, Web of Science, Redalyc, SciELO, CABI®, entre otros. Es clave generar un equilibrio entre la internacionalización (publicación en la corriente europea y norteamericana de revistas) y la regionalización (publicación en la corriente alternativa latinoamericana).
- Fortalecer los procesos de medición y seguimiento a indicadores de impacto, tanto tradicionales como alternativos, para investigadores y estructuras de gestión del conocimiento (grupos de investigación, redes de innovación y centros de investigación).
- Posicionar los procesos editoriales de la Corporación a través de su Editorial Científica y su interacción con redes nacionales e internacionales de editoriales académicas, científicas y técnicas.
- Fortalecer el posicionamiento del conocimiento científico y tecnológico en entornos digitales mediante estrategias de divulgación y periodismo científico.
- Promover el desarrollo de proyectos editoriales con pares científicos y académicos en el marco de proyectos de I+D+i o mediante invitaciones a colaboración.
- Diversificar los canales y medios de divulgación digitales para la movilización del conocimiento científico y tecnológico generado, así como para la captura de métricas complementarias.
- Fortalecer el análisis cuantitativo bajo el concepto de métricas responsables.
- Promover la automatización de la gestión editorial y la vinculación de métricas.
- Fortalecer los mecanismos de producción editorial digital y la diversificación de públicos objetivo.
- Sistematizar y actualizar de manera permanente la producción científica y tecnológica de la Corporación mediante su repositorio y un sistema de gestión de la investigación tipo CRIS (Current Research Information System, por sus siglas en inglés).
- Fortalecer la cultura de normalización e indexación de la identidad institucional y de los autores a través de estrategias de acompañamiento en la creación de perfiles en plataformas como Google Scholar, ORCID, ResearchGate, Scopus y Scienti.
- Capitalizar el posicionamiento del investigador para la Corporación a través de la gestión de perfiles científicos.
- Generar mecanismos de análisis para el proceso de gestión de agenda, orientados a la identificación y priorización de resultados que puedan derivar en conocimiento científico.
- Realizar seguimiento a la productividad de los grupos de investigación.
- Promover una cultura de producción científica mediante programas de estímulos, capacitaciones en redacción científica y gestión de perfiles digitales, así como la asignación de recursos para publicaciones indexadas desde la formulación de los proyectos de investigación.



1.2. Etapas clave en el proceso de gestión de la agenda dinámica corporativa

El ciclo de vida de los proyectos de investigación comprende las etapas, instancias, criterios e infraestructura tecnológica que dan soporte a su gestión, desde la comunicación de las convocatorias o la identificación de las problemáticas, la generación de propuestas de solución, la priorización de las alternativas y hasta la selección de las propuestas a ejecutar (paralelo a la creación del banco de propuestas) (Khodabakhshian et al., 2013; Tian et al., 2005).

En AGROSAVIA, la gestión de la agenda dinámica corporativa comprende los lineamientos para la construcción, ejecución y seguimiento de los proyectos en curso, así como de aquellos que conforman su portafolio o banco de proyectos. Este proceso, entendido como un ciclo de vida, tiene por objetivo establecer actividades que van desde la concepción de la idea hasta la obtención de resultados de investigación y ofertas tecnológicas.

Para AGROSAVIA, los resultados de investigación “[...]contribuyen al mejor entendimiento de la realidad y pueden servir en el desarrollo de nuevas investigaciones y tecnologías. Generalmente, su usuario es la comunidad científica y académica. Comprenden estudios, caracterizaciones, zonificaciones, cartografía y colecciones biológicas, las cuales pueden ser incorporadas en libros de investigación[...]”, y las ofertas tecnológicas (OT) son:

“[...]productos o procesos generados a partir de resultados de I+D validados que tienen utilidad y valor para el sector agroindustrial colombiano. La OT, de acuerdo con su naturaleza, puede clasificarse en tecnologías, conformadas por resultados intangibles de la investigación científica aplicada que ofrecen soluciones tecnológicas de forma sistemática a necesidades del sector, como protocolos, metodologías y prácticas de manejo; y productos y servicios tecnológicos, generados a partir de resultados de investigación científica aplicada que pueden satisfacer las necesidades del sector agroindustrial colombiano, incluyendo material reproductivo, instrumentos y herramientas, y servicios tecnológicos.”

De acuerdo con el ciclo de vida de un proyecto, se espera que las ofertas tecnológicas (OT) generadas en un proyecto de investigación tengan como base científica resultados documentados en libros de investigación, capítulos de libro, artículos científicos, artículos de revisión, actas de conferencias y pósters científicos, principalmente.

En las siguientes secciones se presentan las fases del ciclo de vida de la agenda dinámica corporativa y los elementos relacionados con la evaluación cuantitativa de la investigación.



Ideación y maduración de ideas

En esta fase se construye, a partir de la discusión de ideas de investigación que responden a una necesidad identificada en el entorno de la corporación, una nota concepto que comprende elementos descriptores que permiten caracterizar la idea desde un punto de vista contextual. En esta etapa, la evaluación cuantitativa puede proveer indicadores cuantitativos como el número de publicaciones en los últimos cinco años en la temática en estudio, tanto en el ámbito mundial como regional (América Latina y el Caribe) y nacional; número de tweets relacionados con la temática en estudio; prioridad de las demandas atendidas; percentil de prominencia de la temática abordada; y el factor de impacto ponderado de la temática abordada.

Pertinencia y priorización

Durante esta etapa se revisa la pertinencia, desde el punto de vista científico-tecnológico y estratégico, de cada una de las iniciativas (notas concepto). Uno de los aspectos clave a analizar de manera comparativa en las iniciativas, además de los indicadores, son las fichas de análisis de contexto científico y tecnológico (escaneos), que proveen información del estado actual de la investigación. En estas fichas se presentan los tópicos asociados a la temática en estudio, los cuales son sujetos de medición con indicadores cuantitativos.

Formulación

En esta etapa se desarrolla la construcción de la propuesta de proyecto en extenso, garantizando la calidad técnica y científica, la promesa de valor en términos de resultados de investigación, oferta tecnológica e impacto previsto. Este documento comprende dos secciones clave que pueden ser objeto de soporte y evaluación desde la cuantificación y la inteligencia estratégica para la I+D+i.

- **Estado del arte:** En esta sección se busca identificar el estado actual de los fundamentos conceptuales y teóricos de la propuesta, así como los avances actuales (resultados de investigación, tecnologías de soporte y tecnologías generadas), y el contraste frente a la propuesta. Como soporte para esta sección, se deben contar con elementos como artículos citados en los últimos cinco años, artículos con alto promedio de citas y artículos relevantes en la temática de trabajo. Además, se debe referenciar el estado actual del trabajo en la temática de AGROSAVIA y del país. Se recomienda contar con el mapa de la ciencia correspondiente a la temática del proyecto.
- **Oferta tecnológica:** En esta sección se identifica la oferta tecnológica (OT) a generar desde las actividades del proyecto. Dependiendo de la tipología de la OT, se deberían contar con elementos de soporte relacionados (ej. patentes relacionadas, variedades relacionadas, etc.).

Evaluación

En esta etapa se evalúan los proyectos formulados y se seleccionan, con base en diferentes criterios de evaluación, aquellos que entrarán a ejecución. Desde la evaluación cuantitativa, se proponen criterios relacionados con el impacto ponderado de los tópicos relacionados y la calidad del estado del arte.

Viabilidad

En esta etapa se provee información relacionada con indicadores de montos financiados en el mundo para la temática en estudio, así como información del perfil cienciométrico de los aliados del proyecto (centros de investigación y universidades).

Ejecución

Identificación, adquisición, codificación y creación de registros de la productividad científica de cada proyecto, generando indicadores representativos por grupo de investigación, red de innovación y centro de investigación (C. I.). Se recomienda realizar un análisis periódico (anual o semestral) de la evolución en la generación de conocimiento en el entorno relacionado con la temática del proyecto.

Cierre

Informe final como herramienta de documentación del conocimiento generado y socializado.

El seguimiento y evaluación de las actividades desarrolladas por una organización es una de las funciones/procesos clave en la toma de decisiones estratégicas basadas en conocimiento (Flórez Martínez et al., 2021). En organizaciones de I+D+i, la medición de la eficiencia, relevancia e impacto de los proyectos de investigación (promesa de valor) y de los resultados obtenidos (beneficios percibidos por el cliente o usuario final) ha llevado a que tanto formuladores de política como gestores de la investigación recurran al uso de indicadores que faciliten la medición de la producción científica (King, 1987).

Esta necesidad de medición se enmarca en dos principales cuellos de botella que se presentan en el desarrollo de actividades de I+D+i: la financiación de proyectos y la visibilización de los resultados (King, 1987). Lo anterior, aunado a limitaciones y restricciones del método de revisión por pares para evaluar la investigación, principalmente: grado de parcialidad de los revisores; bajo reconocimiento de temas emergentes (promisorios) frente a temas en declive (clásicos); efecto halo que favorece la financiación de científicos e instituciones más “visibles”; grado de acuerdo entre los revisores; y recursos disponibles para la revisión (Neff & Olden, 2006). Estas limitaciones se convierten en cuellos de botella que dificultan que el proceso de evaluación de la producción científica permita determinar el éxito, prominencia, crecimiento y desarrollo de los investigadores, grupos de investigación y de la organización per se (Wani & Zainab, 2017).



1.3. Elementos de interés en la **evaluación de la investigación**

Un factor general a tener en cuenta en el proceso de evaluación de la productividad científica son los modos de producción de conocimiento, ya que esto permite la incorporación de diferentes métodos e indicadores. Carayannis y Campbell (2009, 2019) realizan un análisis detallado de los tres modos de producción de conocimiento científico, basándose en trabajos seminales y propios sobre el tema.



- **Modo 1 de producción de conocimiento científico (clásico o tradicional)**, enfocado en la producción lineal de conocimiento desde las universidades y centros de investigación, con un enfoque en desarrollo disciplinar y sistemas de evaluación basados netamente en revisión por pares (colegios y comunidades científicas) de tipo jerárquico. El conocimiento generado contribuye al avance de campos de conocimiento, sin profundizar en aspectos relativos a su uso, difusión e impacto en la resolución de problemas sociales (problemas públicos) (Gibbons, 1997).
- **Modo 2 de producción de conocimiento científico (conocimiento aplicado)**, enfocado en la resolución de problemas mediante la generación, transferencia y aplicación de resultados de investigación en el contexto social. Su principal característica es la vinculación de diferentes disciplinas y su combinación formal e informal, que propicia la interacción entre instituciones y la contribución a un problema desde diferentes aproximaciones (interdisciplinariedad) (Gibbons, 1997). Lo anterior presupone que, además de la revisión por pares, es necesario contemplar elementos relacionados con la eficiencia y utilidad del conocimiento generado, así como su impacto en la sociedad.
- **Modo 3, la aproximación más reciente sobre la producción de conocimiento científico**, se basa en los modelos de análisis del desarrollo económico, social y tecnológico de la triple hélice (gobierno, universidad y empresa) y de la cuádruple hélice (gobierno, universidad, empresa y sociedad civil). Este modo contempla no solo la interdisciplinariedad del conocimiento científico (tácito y explícito), sino también el conocimiento propio de las comunidades objetivo, lo que implica la aplicación transdisciplinaria del conocimiento generado. Dicho modo contempla un enfoque pluralista en las diferentes fuentes de conocimiento, su aplicación y la interacción de distintos actores de manera no lineal, lo que por extensión hace más compleja su medición (Carayannis y Campbell, 2019).

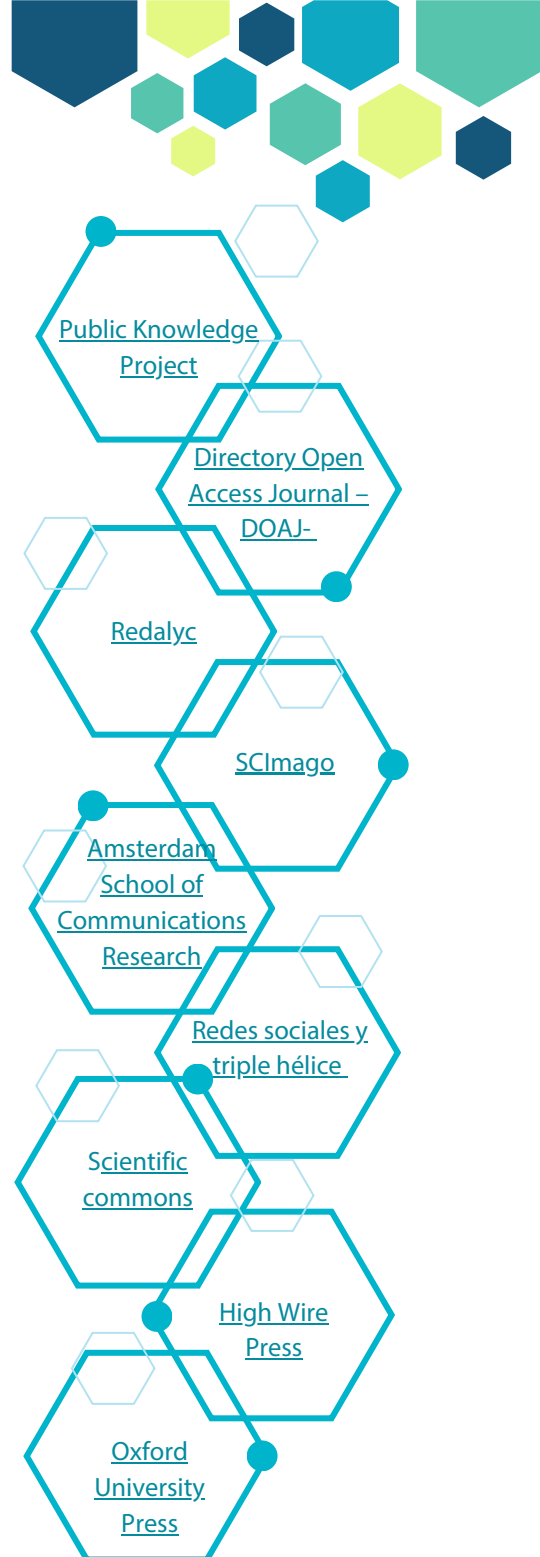
Lo anterior confirma que las actividades de investigación son objeto de diferentes mecanismos y propósitos de evaluación, lo que genera la necesidad de vincular métodos tanto cuantitativos como cualitativos, convirtiéndolo en un proceso exhaustivo de gestión del conocimiento en la organización. Esta gestión del conocimiento científico ha desarrollado, desde el contexto mundial, cuatro tendencias clave:

- **Gestión comercial del conocimiento:** se caracteriza por el control y acceso a los resultados de investigación (derechos de autor) a través de sistemas de indexación y referenciación que permiten el desarrollo de estudios bibliométricos, patentometría y vigilancia tecnológica.
- **Gestión de acceso abierto al conocimiento:** proyectos de acceso y difusión del conocimiento mediante licencias de uso compartido como *Creative Commons*; *Public Knowledge Project*; *Directory of Open Access Journals (DOAJ)* y *Redalyc*.
- **Economía basada en el conocimiento:** y su gestión a través de iniciativas de investigación como *SCImago*; la Escuela de Ámsterdam para la Comunicación de la Investigación; redes sociales y triple hélice; y *Scientific Commons*.
- **Prensa científica:** consolidación de la divulgación científica desde la prensa científica: *Wiley Press*, *High Wire Press*, *Oxford University Press*.

Transversal a estas cuatro tendencias se encuentra la transformación digital, la cual se evidencia en la migración al espacio digital de la generación, transferencia y uso del conocimiento científico (Ciencia 2.0 y Ciencia 4.0).

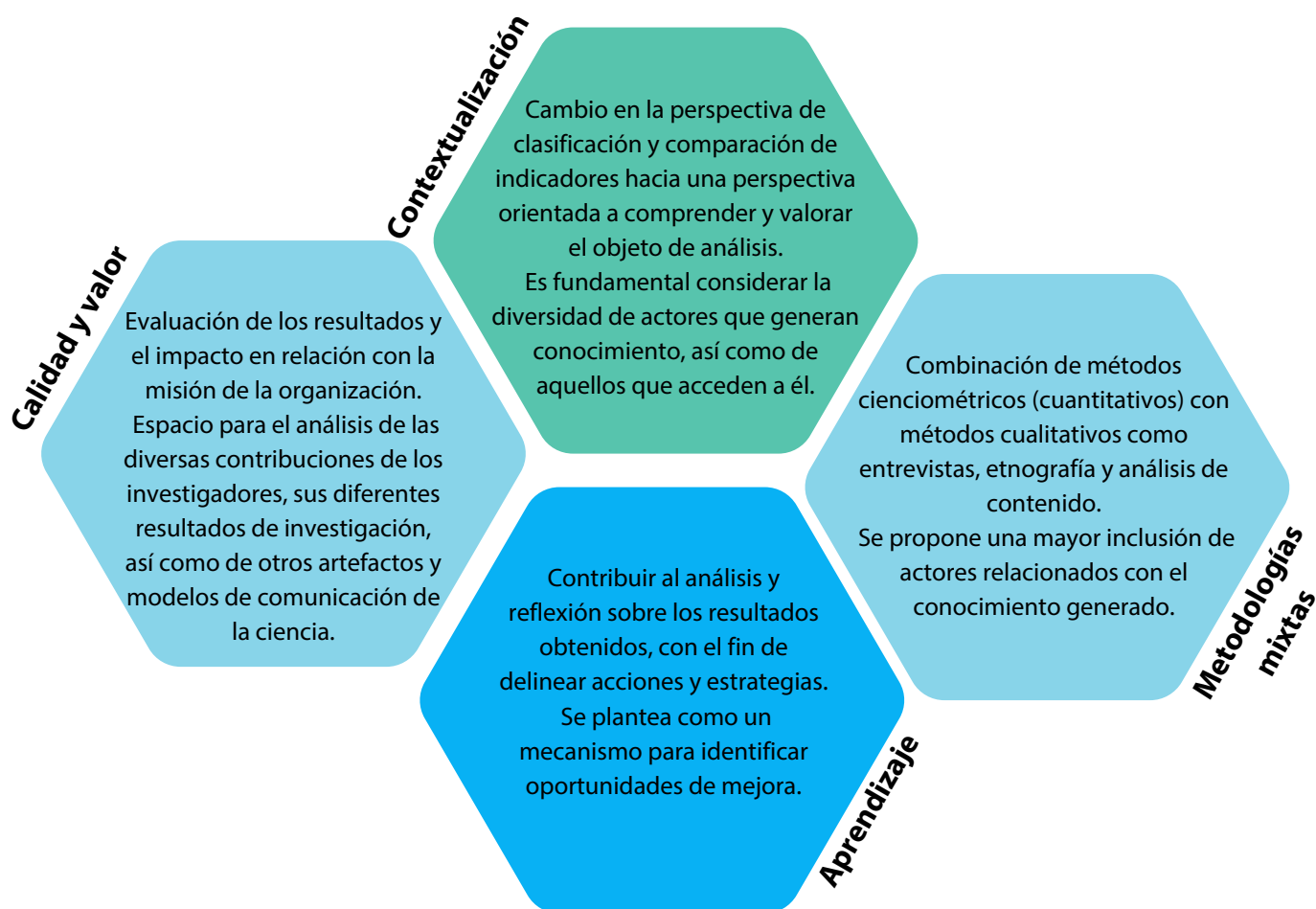
1.4. Análisis **bibliométricos, cienciométricos** y de **métricas alternativas**

La inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTel), por parte no solo de las grandes potencias económicas, sino también de las denominadas economías emergentes, se ve reflejada en los indicadores de productividad científica, impacto y colaboración internacional para el desarrollo de dichas actividades. Mantener las tasas y la continuidad en la inversión en CTel depende, en gran medida, de las evidencias construidas a partir de la evaluación de la eficiencia en la generación de productos de conocimiento con enfoque multinivel (país, región e institución).



Los indicadores asociados a la generación de conocimiento a través de actividades científicas incluyen mediciones relacionadas con: i) insumos para la investigación (*inputs*), como financiación, investigadores, equipo técnico de soporte, equipos, entre otros; y ii) los resultados de investigación (*outputs*), que comprenden las contribuciones al conocimiento científico, la educación y la tecnología. El enfoque de este documento se centra en los resultados de investigación

Lo anterior, y en sintonía con las perspectivas mundiales relacionadas con las áreas de conocimiento de la bibliometría, la cienciometría y los estudios de la ciencia, hace necesario definir unos principios guía. De acuerdo con el Centro de Estudios de la Ciencia y la Tecnología (CWTS) de la Universidad de Leiden, la evaluación de la ciencia tiene una perspectiva de “indagación evaluativa” (*evaluative inquiry*), la cual contempla:



La evaluación de la ciencia desde una perspectiva de métodos mixtos contribuye con análisis útiles para los tomadores de decisiones, en los que los datos cuantitativos se enriquecen con interpretaciones y adaptaciones derivadas de aproximaciones cualitativas (Leydesdorff et al., 2020), así como con la disponibilidad y calidad de los datos necesarios para aplicar dichos métodos.

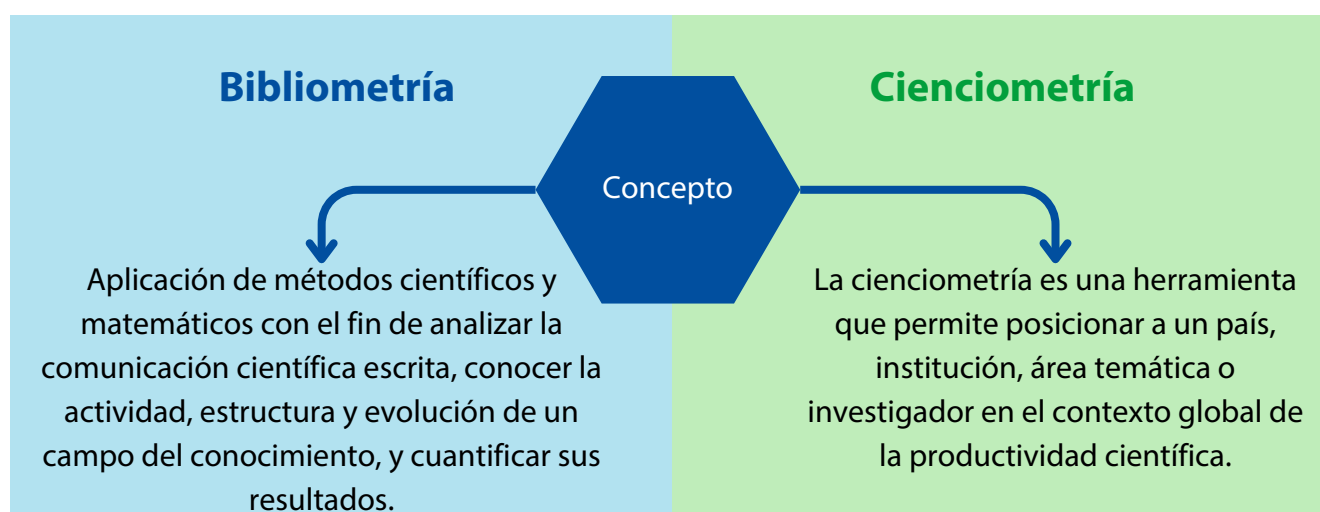


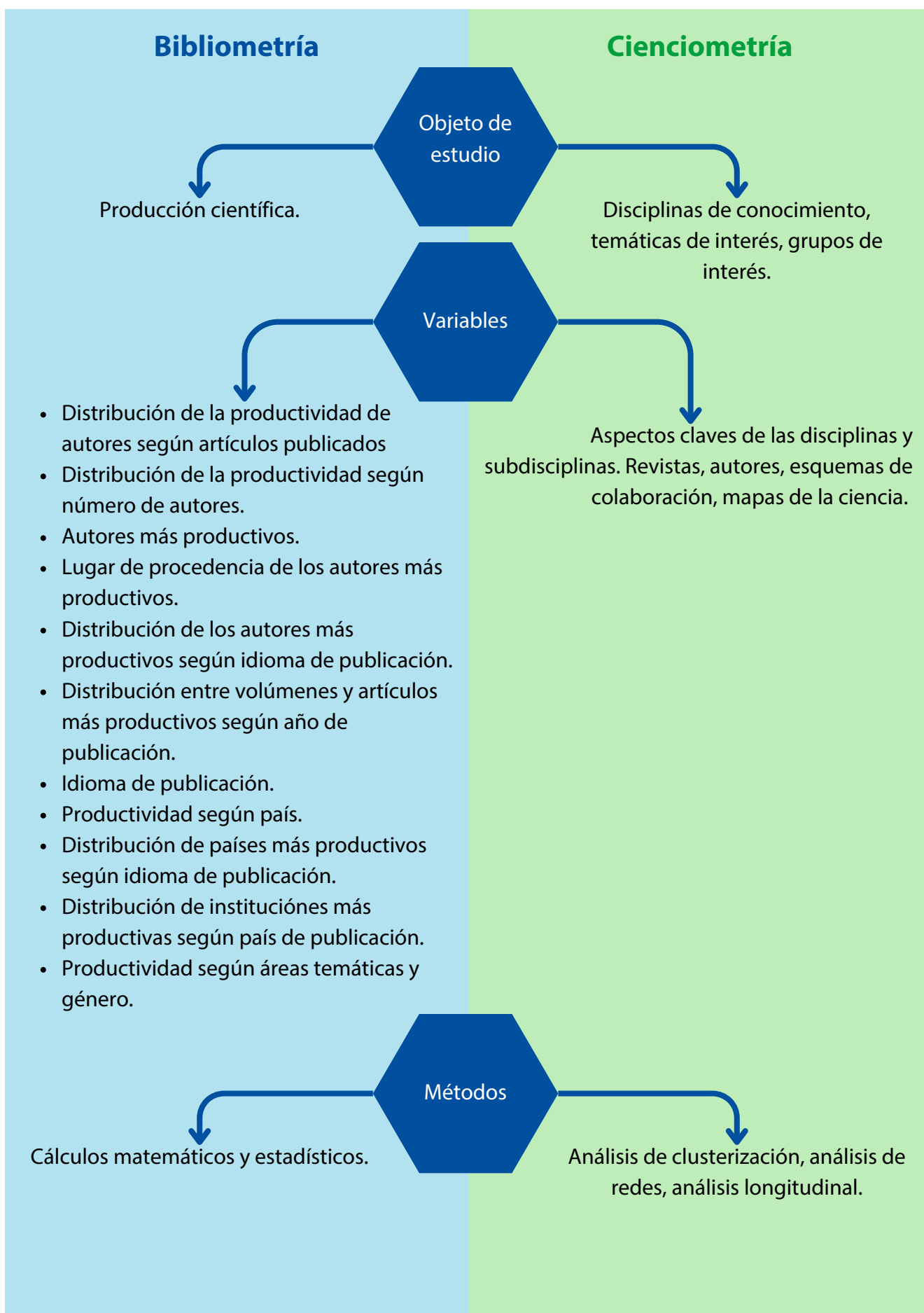
Desde la bibliometría, la cienciometría y los mapas de la ciencia, se reconocen los principales métodos cuantitativos que contribuyen a la valoración y comprensión de la generación de conocimiento, siendo el uso de fuentes de datos indexadas su principal insumo. El estudio desarrollado por Visser, van Eck y Waltman (2019) reconoce que, si bien en los últimos quince años Scopus (Elsevier) y Web of Science (Clarivate Analytics) han liderado la provisión de métricas y herramientas de medición de la producción científica, en años recientes han surgido nuevos recursos que fortalecen la evaluación de la ciencia. Entre ellos se destacan Dimensions®, Lens®, Microsoft Academic® (actualmente fuera de servicio), Open Alex, WizdomAI® (actualmente fuera de servicio) y Crossref®. Aunque Google Scholar es ampliamente utilizado por los investigadores, su relevancia se limita a estudios específicos (por ejemplo, análisis de investigadores u organizaciones concretas), ya que no proporciona acceso a metadatos de calidad para estudios a gran escala (temáticas globales, comparación entre universidades, entre otros).

El uso de estos recursos por parte de una organización para procesos de evaluación de la ciencia depende de factores como el acceso, la calidad de la información, la disponibilidad de metadatos para el cálculo de indicadores y el desarrollo de análisis específicos, así como del interés particular de la organización en relación con la metodología de evaluación adoptada.

En las siguientes secciones se desarrollan los elementos conceptuales y teóricos de los principales constructos utilizados en la evaluación de la investigación mediante indicadores cuantitativos, los cuales sirven como insumo para los procesos de revisión por pares. Esto implica que el fortalecimiento de dicha revisión contemple aspectos como el derecho a réplica frente a la evaluación (retroalimentación), la participación de paneles de expertos mixtos (revisores internos y externos), la existencia de guías metodológicas claras y el uso de indicadores científicos objetivos.

La evaluación de la ciencia integra elementos de la bibliometría y la cienciometría, a partir de la identificación del alcance de cada una de estas disciplinas (ver figura 3).





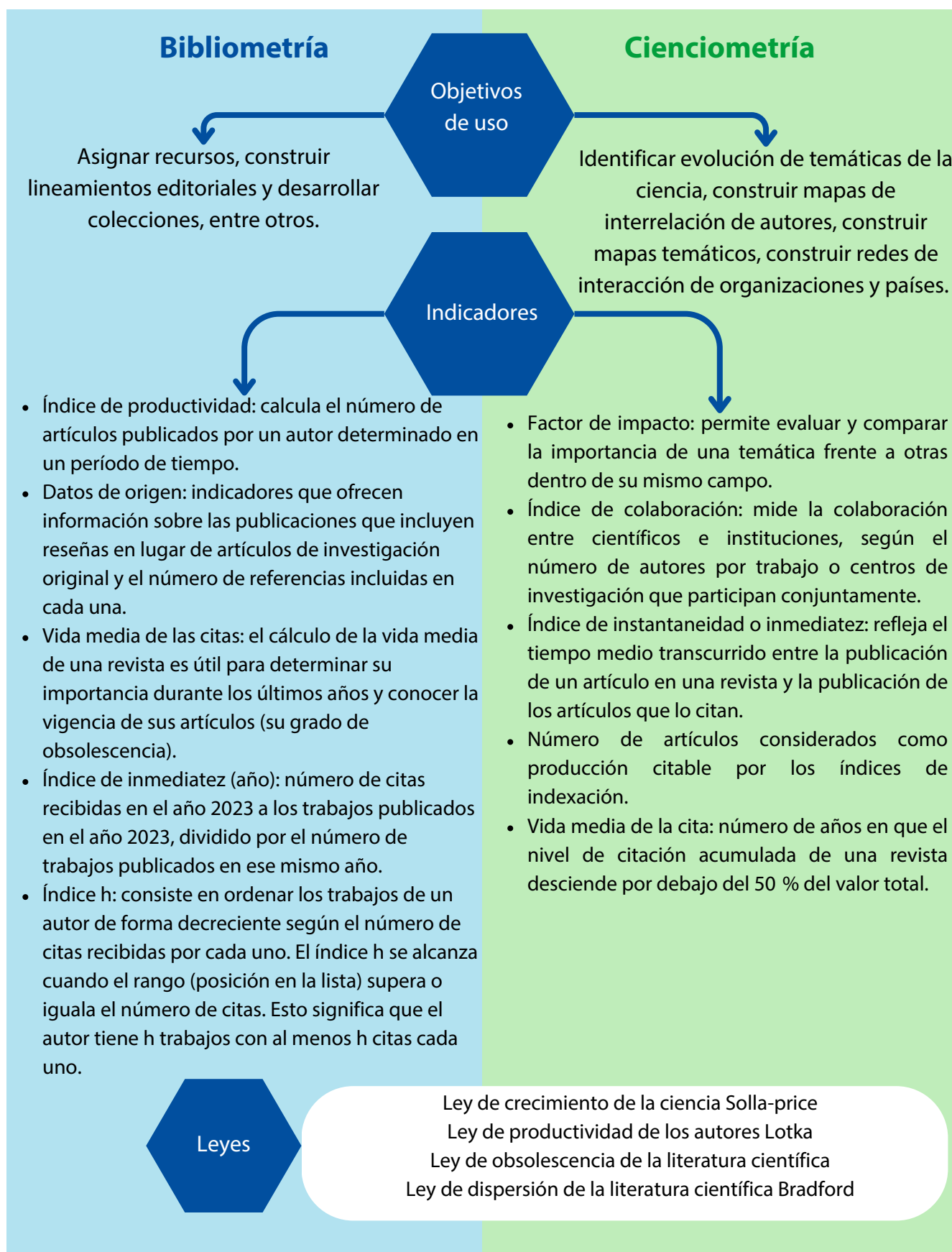


Figura 3. Bibliometría y cienciometría como herramientas de la evaluación de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Bibliometría

La definición más aceptada, propuesta por Pritchard (1969) y citada por Mingers y Leydesdorff (2015), es: “[...]la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a las publicaciones y cualquier otro medio de comunicación[...]”.

Los estudios bibliométricos, como herramienta para el análisis del crecimiento y la evolución del conocimiento explícito, se han implementado en un sentido amplio desde los inicios de la publicación científica, específicamente a través de los dos indicadores más conocidos: el número de publicaciones y el número de citas (Narin y Hamilton, 1996).

El uso de estos y otros indicadores bibliométricos, diseñados y contruidos en conjunto con la dinámica de crecimiento de la ciencia es cada vez más común al interior de las organizaciones como insumo en los procesos de evaluación de la investigación. Esto ha derivado en el desarrollo de conocimiento en esta temática, así como en aproximaciones empíricas para su aplicación (González Alcaide y Gorraiz, 2018). A continuación, se definen los principales indicadores.

Conteo de publicaciones

El indicador más simple de medición de la productividad en una organización de I+D+i puede presentar variaciones sencillas en función del objeto de estudio, como los grupos de investigación, redes de trabajo, sedes de la organización, categorías internas de los investigadores o el investigador per se, entre otros. En ejercicios específicos de inteligencia científica, en los que se construye el estado actual de la ciencia en temáticas de interés, proyectos de investigación o análisis de instituciones o investigadores referentes, este indicador representa el “universo” de conocimiento para el objeto de estudio.

Las principales limitaciones asociadas a este indicador son: i) la recuperación de todos los documentos (artículos, actas de conferencia, reseñas, libros, capítulos de libro) asociados a diferentes recursos de información; ii) la integración de resultados en canales no formales de comunicación; y iii) la falta de medición de la calidad de la publicación. Si bien es un indicador informativo, su uso permite la construcción de indicadores correlacionales.

Indicadores bibliométricos





Índice de especialización

El índice de especialización es un indicador asociado al número de publicaciones, el cual permite determinar la intensidad relativa de la producción científica de un investigador, un grupo de investigación o una organización en los diferentes campos del conocimiento. Este indicador permite perfilar el enfoque temático y su importancia frente al contexto mundial, regional o local. Es importante aclarar que la categorización de áreas temáticas es específica de cada una de las fuentes de consulta, como es el caso de Scopus y Web of Science. Estas fuentes asignan a cada registro documental las categorías más afines, de acuerdo con la revista en la que fue publicado. A partir de estas premisas, y teniendo en cuenta el porcentaje de representación del área de conocimiento más significativa con respecto a Colombia, se calcula el RSI con la siguiente fórmula:

$$RSI = \frac{\frac{N^{\circ} \text{ de publicaciones AGROSAVIA en el área de conocimiento}}{N^{\circ} \text{ total de publicaciones de AGROSAVIA}}}{\frac{N^{\circ} \text{ de publicaciones de Colombia en el área de conocimiento}}{N^{\circ} \text{ total de publicaciones de Colombia}}}$$

Este indicador permite caracterizar el grado de especialización de AGROSAVIA en cada una de las bases de datos consultadas.

Citaciones

Las citas son el indicador bibliométrico más utilizado y difundido en las evaluaciones de la ciencia, y se asocian con la medición del impacto de una publicación científica, de un investigador, de un grupo de investigación, de una organización o de un país. La medición de las citas depende de una fuente de consulta que cumpla con cuatro aspectos clave: disponibilidad, accesibilidad, confiabilidad y trazabilidad.

Las principales fuentes de consulta son los motores de indexación bibliográfica o índices de citación. Los más utilizados son Google Scholar (de acceso libre), Scopus y Web of Science (servicios de acceso pago). En la última década, se han desarrollado iniciativas de acceso libre como Dimensions, Lens, Microsoft Academic, Open Alex y Crossref (Waltman, 2018).

Cada una de estas fuentes de información tiene una característica diferencial, conocida como cobertura, con respecto a las áreas de conocimiento de interés. Esta característica no solo incide en el indicador de citas, sino también en todo el ejercicio de análisis bibliométrico orientado a la evaluación de la investigación.

Indicadores promedio de citación

Con base en los indicadores totales de citas, a través de aplicativos de software especializados en análisis de la ciencia, se calculan indicadores agregados a partir de los metadatos de cada recurso de información consultado. Uno de los principales software utilizados para este fin es Harzing's Publish or Perish® (Harzing-PoP).



Fuentes de consulta

Un elemento de medición complementario a los indicadores de citas totales y promedio son las revistas o medios de divulgación científica (por ejemplo, capítulos de libro, conference proceedings, libros, artículos, reviews, entre otros), tanto los que son seleccionados por los investigadores para la publicación de su trabajo, como aquellos que son de consulta permanente para referenciar las contribuciones de conocimiento que vincularon en la construcción de su producto.

El análisis de las fuente de consulta se realiza a través de los metadatos de cada recurso de información de manera individual, con el fin de identificar las fuentes de publicación más utilizadas para la difusión y consulta del conocimiento.

El comportamiento de las citas en las revistas y en los proceedings varía en función de la visibilidad e indexación de la revista en diferentes bases de datos, de la especificidad de las áreas de conocimiento y, actualmente, de las estrategias de divulgación complementarias. Adicionalmente, las fuentes de consulta más citadas en las publicaciones brindan elementos de análisis muy interesantes respecto a acciones futuras orientadas a publicar en ellas.

Es importante desarrollar esfuerzos que contribuyan a generar publicaciones científicas difundidas a través de estas fuentes de consulta, diversificando los canales actuales y generando un mejor balance entre dónde queremos ser vistos y qué medios de difusión estamos citando.

Análisis de autores

El análisis de autores permite conocer, desde una perspectiva bibliométrica, la productividad individual, así como la visibilidad e impacto de cada investigador, con base en los indicadores de publicaciones y citas. En consecuencia, otros indicadores de interés son el promedio de autores por publicación y el índice de colaboración, los cuales se calculan para cada base de datos mediante aplicativos de software como Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017).

Estos indicadores deben complementarse con el análisis de la productividad de cada autor, considerando el número de publicaciones, el número de citas recibidas y si se trata de un autor institucional o un autor aliado.

Si bien existe un porcentaje de similitud en las publicaciones indexadas en las diferentes bases de datos, cada una cuenta con un nivel distinto de visibilidad, lo que genera diferencias no solo en el número de publicaciones indexadas, sino también en el número de citas recibidas. De manera similar, la contribución de los autores puede tener lecturas distintas según estos dos indicadores.

Índices de productividad de autores

Los índices de productividad permiten, en función de las citaciones recibidas por las publicaciones de un investigador o una organización, estimar la relación entre estas dos variables. En el año 2005 se introdujo el indicador denominado índice h (h -index), el cual responde al siguiente enunciado: “un científico tiene un índice h si h de sus N_p publicaciones tiene al menos h citaciones, y los otros $N_p - h$ documentos tienen $\leq h$ citaciones cada uno” (Hirsch, 2005, p. 16569). Así, h representa el conjunto de publicaciones con mayor impacto de un autor.

Si bien es un índice que ha sido ajustado para su uso en revistas, organizaciones y grupos de investigación, y aunque se han formulado recomendaciones para su aplicación, así como indicadores sustitutos y diversas restricciones (Leydesdorff & Milojević, 2015; Mingers & Leydesdorff, 2005), sigue siendo un referente que debe complementarse con otros indicadores, como el índice g (Egghe, 2006), el índice m o incluso las citaciones promedio por publicación (CPP).

El índice g , propuesto en 2006 por Egghe, busca correlacionar, en función de la Ley de Lotka, la relación entre las citaciones y el número de publicaciones de la siguiente manera: “[...] un conjunto de publicaciones top tiene un índice g , si g es el ranking más alto tal que las g publicaciones tienen, en conjunto, al menos g^2 citaciones”.

El índice m permite establecer la relación entre el índice h y el año en que el autor, grupo u organización comenzó a publicar. Se calcula dividiendo el índice h entre el número de años en actividad ($m = h/n$) (Bornmann et al., 2008).

En la tabla 1 se presenta un ejemplo de cálculo de los tres índices.

Tabla 1. Cálculo comparativo de los índices h , g y m en una organización de I+D+i

Índice h		Índice g			Índice m		
r	Citaciones	r	Citaciones acumuladas	r ²	g	n	m
1	20	1	20	1	7	2008 (12)	0.58
2	17	2	37	4	6	2012 (8)	0.75
3	15	3	52	9	5	2017 (3)	1.67
4	13	4	65	16	8	2013 (7)	1.14
5	12	5	77	25	11	2011 (9)	1.22
6	8	6	85	36	4	2018 (2)	2.00
7	7	7	92	49	9	2008 (12)	0.75
8	5	8	97	64	25	2002 (18)	1.39
9	3	9	100	81	17	2003 (17)	1.00
10	1	10	101	100	11	2000 (20)	0.55

Fuente: Elaboración propia



Estos indicadores pueden calcularse de manera automática desde los recursos de información como Scopus, Web of Science o Scielo; también desde plataformas como *Google Scholar* o *ResearchGate*. Asimismo, pueden calcularse manualmente o mediante el uso de metadatos y aplicativos de software como Harzing-Publish or Perish o Bibliometrix®.

Organizaciones y países de afiliación.

Este tipo de análisis permite identificar las organizaciones líderes con las que se publica en conjunto, así como los países de origen de dichas instituciones. Los indicadores asociados son el número de publicaciones y las citas recibidas. La generación de conocimiento permite analizar la capacidad de interacción con universidades, centros de investigación y empresas privadas, para la creación de relaciones técnico-científicas sostenibles en el tiempo.

Publicaciones

El análisis de las publicaciones como unidad clave en la divulgación del conocimiento científico y tecnológico de una organización permite identificar la visibilidad externa de las actividades de investigación y el reconocimiento interno.

El conjunto de publicaciones de una organización en cada una de las bases de información utilizadas constituye el “corpus”, conjunto o colección de datos sujetos a análisis. Esta colección comprende:

- **Documentos principales:** publicaciones generadas por la organización e indexadas en cada una de las bases de información.
- **Referencias:** publicaciones citadas en cada uno de los documentos principales, que conforman la bibliografía de estos.
- **Documentos citados:** documentos que han recibido citas tanto en el conjunto de publicaciones del corpus como en el total de la base de datos origen.

Redes exógenas

El análisis de redes exógenas se realiza a partir de la información que las bases de datos generan en sus reportes de citas.





Cienciometría

La cienciaometría se considera una rama de la sociología de la ciencia, la cual se encarga de la gestión y análisis de datos e información relacionada con los investigadores y su productividad científica (Wani & Zainab, 2017). Contribuye a la evaluación de la ciencia a través del análisis de indicadores relacionados con las dinámicas de publicación, la difusión del conocimiento en medios especializados y la prominencia de los autores y sus grupos de trabajo (Froghi et al., 2012). En palabras de Leydesdorff (2005) y Leydesdorff & Milojević (2015), la cienciaometría permite reconocer que la ciencia es medible y se desarrolla como un proceso informacional, representable mediante mediciones cuantitativas y cualitativas, a través de: i) la medición del impacto del conocimiento generado; ii) la delimitación de conjuntos de referencias; iii) la teoría de la citación; iv) la construcción de mapas de la ciencia; y v) la contribución a la medición de indicadores alineados con la política pública.

Lo anterior le confiere a la cienciaometría las siguientes características: generar un puente entre un usuario del conocimiento y la comunidad científica que lo produce (Van Raan, 1997); ser un campo de investigación interdisciplinario que abarca casi todos los campos del conocimiento (Fortunato et al., 2018) ; constituirse en una herramienta para la gestión y toma de decisiones en I+D+i (Ismail et al., 2012); ofrecer flexibilidad en la implementación de indicadores y métodos de medición, dado que la evaluación de la ciencia es particular al contexto de cada organización, grupo de investigación e investigador (Vinkler, 2011); y propender por la selección de métricas significativas.

Lo anterior presupone que el uso de la cienciaometría en AGROSAVIA debe adaptarse a las particularidades de su accionar, su estructura para la generación y transferencia de conocimientos científicos, y las áreas de conocimiento que se integran en el desarrollo de actividades de I+D+i. Se adoptará un enfoque orientado a la institución en su conjunto y a sus principales estructuras de gestión de conocimiento: sus centros de investigación, redes de innovación y grupos de investigación. Estos niveles de análisis se desarrollarán en función de la disponibilidad, el acceso y la calidad de la información relacionada con los resultados de investigación generados. Los indicadores cienciaométricos seleccionados podrán ser generados automáticamente por las bases de información, calculados a partir de datos primarios corporativos o mediante una combinación de ambas fuentes. De igual manera, tal como lo expresan Aria & Cuccurullo (2017), la unificación de los metadatos de Scopus y Web of Science es una tarea de alta complejidad, debido a las amplias diferencias en el contenido y la estructura de la información.

Dinámica de publicaciones – Ley de Solla-Price

El análisis de la dinámica de publicaciones es la implementación del indicador de número de publicaciones de la bibliometría. Su base teórica recae en la primera ley de la cienciaometría, la Ley de De Solla Price, la cual permite establecer de manera cuantitativa el crecimiento de la ciencia (De Solla Price, 1989), específicamente la tasa de crecimiento en la productividad científica y los períodos de duplicación de la ciencia.

El análisis de la dinámica de publicaciones es la implementación del indicador de número de publicaciones de la bibliometría. Su base teórica recae en la primera ley de la cienciometría, la Ley de De Solla Price, la cual permite establecer de manera cuantitativa el crecimiento de la ciencia (De Solla Price, 1989), específicamente la tasa de crecimiento en la productividad científica y los períodos de duplicación de la ciencia.

Cada una de las líneas acumuladas presenta un comportamiento tendencial de tipo exponencial, tal como establece la Ley de De Solla Price. Para poder calcular los indicadores propuestos, se generaron, a través del software Microsoft Excel®, las ecuaciones de tendencia con la forma $y = Ae^{bX}$, siendo el parámetro b el valor clave para la medición. Las ecuaciones cienciométricas utilizadas son:

$$\text{Tasa de crecimiento} = 100(e^b - 1)$$

$$\text{Periodo de duplicidad} = \frac{\ln(2)}{b}$$

Dinámica de citasiones

Las citasiones permiten establecer el impacto de la productividad científica de un campo de investigación, una revista, un investigador, un grupo, una organización e incluso un país. Sin embargo, al igual que la dinámica de generación de conocimiento, es necesario conocer su comportamiento en el tiempo para identificar señales clave que marcan hitos, cambios de paradigma o puntos de inflexión.

El análisis temporal de las citasiones contempla tres elementos clave: i) las citasiones recibidas en cada año por los artículos publicados en esa ventana de tiempo; ii) el promedio de citasiones recibidas por artículo; y iii) el promedio de citasiones por año (basado en el número de años citables). Un análisis más detallado desde la producción integrada permite contrastar la dinámica de citasiones con el promedio de citasiones por artículo, así como la dinámica de publicaciones con el promedio de citasiones por año. Estos indicadores se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Promedio de citasiones por publicación} = \left(\frac{\text{N}^\circ \text{ de citasiones en el año } x}{\text{N}^\circ \text{ de publicaciones en el año } x} \right)$$

$$\text{Promedio de citasiones por año} = \left(\frac{\text{Promedio de citasiones por publicación en el año } x}{\text{N}^\circ \text{ de años citables desde el año } x \text{ hasta el año } n} \right)$$

El segundo indicador permite, en función del número de años durante los cuales un documento ha podido ser citado desde su publicación, medir cuántas citasiones recibe en promedio por año e identificar el potencial de citación de los artículos que tienen un menor número de años para ser citados.

Indicadores Cienciométricos



Ley de Bradford para la categorización de fuentes de consulta

La Ley de Bradford permite ordenar en orden descendente el número de artículos publicados por una organización en zonas específicas, las cuales contienen la misma cantidad de artículos pero diferentes cantidades de fuentes de consulta, organizadas en una serie geométrica sucesiva (Bartol et al., 2016). La primera zona se denomina zona nuclear y contiene las principales fuentes de consulta la segunda zona denominada zona de diversificación o difusión exploratoria que contiene fuentes de consulta con mayor enfoque en diseños metodológicos utilizados frente al núcleo de intervención, y la tercera zona de difusión emergente, revistas con enfoque multidisciplinario o de trayectoria reciente en el núcleo de investigación.. El mismo ejercicio puede realizarse para categorizar las fuentes de consulta en función de las citas recibidas.

Ley de Lotka para el análisis de autores

La Ley de Lotka permite identificar a los autores clave en función de su productividad, a través de una relación cuadrática inversa, en la que la proporción de autores que publican más de un artículo es un valor fijo con respecto a aquellos que publican un solo artículo: “[...] al incrementar el número de artículos publicados, disminuye la frecuencia de autores con esa productividad[...]” (Price, 1976).

Índices de productividad de la organización

Además de los índices de productividad por autor, estos mismos índices se pueden calcular para AGROSAVIA como organización (índice h , su índice g , su índice m , índice $h5$ e índice $i10$). A partir del corpus integrado y depurado de las tres bases de datos, se desarrolló el cálculo de los tres índices, dando como resultado la información consignada en la figura 4.

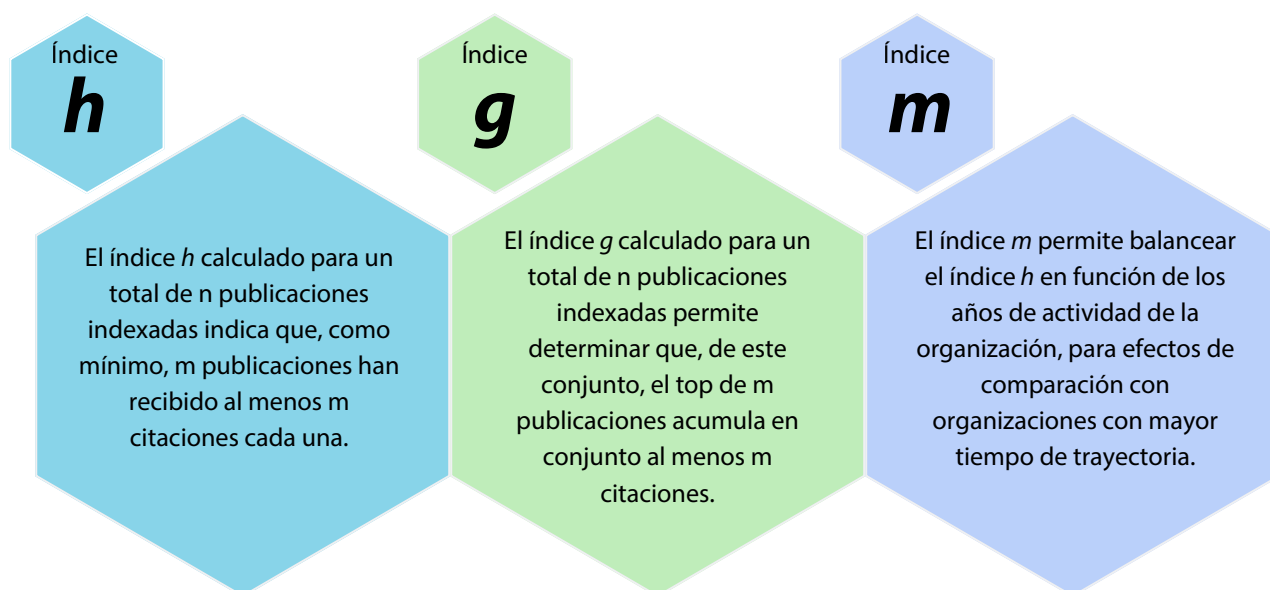


Figura 4. Significado y cálculo de los índices de productividad de una organización

Fuente: Elaboración propia

Análisis de colaboración con países e instituciones

A través del análisis de la colección unificada de las publicaciones 1993-2022 en las bases de datos consultadas, se obtiene información consolidada sobre los países y las organizaciones con las que la institución establece colaboraciones científicas. Estos análisis pueden complementarse con categorizaciones de las organizaciones aliadas, según variables geográficas o tipologías organizacionales.

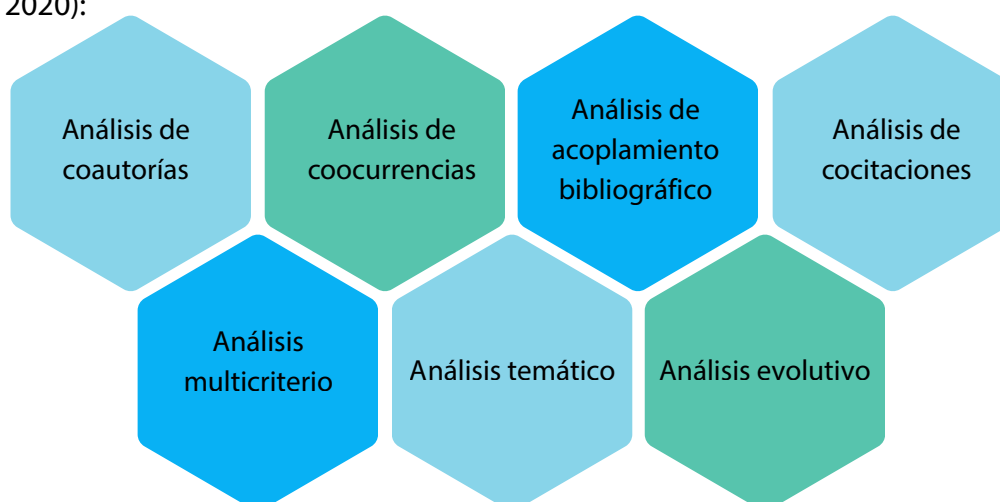
Espectrometría de referencias

El análisis conjunto de las publicaciones de un corpus, las citaciones de dichos documentos y las referencias permite identificar la participación del conocimiento generado en una temática específica dentro de su línea de base, con respecto al universo de referencias. La espectrometría anual de referencias (*Reference Publication Year Spectroscopy*, RPYS) es un método cuantitativo que permite identificar los orígenes históricos de las líneas de trabajo de un campo de estudio, un autor, un grupo de investigación, una red de innovación o una organización. Este método crea un perfil temporal de las referencias citadas por los documentos del conjunto de publicaciones, con el fin de identificar documentos clave (Marx et al., 2014).

Mapas de la ciencia

El diseño, construcción y análisis de mapas de la ciencia es un proceso genérico soportado por aplicativos de software que permiten, mediante algoritmos basados en indicadores cientiométricos y bibliométricos, representar diferentes niveles de interacción e interrelación entre los metadatos asociados a las publicaciones científicas (Chen, 2017; Moral-Muñoz et al., 2020).

Los aplicativos de software permiten realizar cuatro categorías de mapas o representaciones visuales de la ciencia (Aria & Cuccurullo, 2017; Cobo et al., 2012; Elsevier, 2020; van Eck & Waltman, 2020):





- **Análisis de coautorías:** mapas de la ciencia enfocados en el análisis e identificación de la interacción para la generación de conocimiento entre autores (investigadores), organizaciones (aliados) y países (colaboración transfronteriza) (Narin & Hamilton, 1996).
- **Análisis de coocurrencias:** mapas de la ciencia enfocados en el análisis e identificación de la interacción de textos clave como palabras clave, títulos y resúmenes de las publicaciones para la identificación de tópicos de trabajo y la estructuración de temáticas clave. (tópicos de trabajo), que permiten la estructuración de temáticas clave (Rodríguez-Salvador et al., 2017).
- **Análisis de acoplamiento bibliográfico:** mapas de la ciencia enfocados en el análisis de las referencias citadas, que permiten visualizar las líneas de base y frentes de investigación con base en la relación de referencias citadas por las publicaciones (Bartol et al., 2016; Mazov et al., 2020; García-García & Rodríguez, 2018).
- **Análisis de cocitaciones:** mapas de la ciencia enfocados en la construcción de redes de interacción entre documentos, donde la relación entre estos se determina en función del número de veces que son citados conjuntamente (línea de trabajo) (Chen, 2017).
- **Análisis multicriterio:** mapa de la ciencia que permite, a través de un análisis de proximidad (basado en el número de ocurrencias en un documento), reducir la dimensionalidad de los datos simplificando su representación. Estos mapas permiten una relación directa entre tópicos clave y documentos más citados relacionados con estos (Cuccurullo et al., 2016).
- **Análisis temático:** mapa de la ciencia que combina el análisis de coocurrencias y el análisis factorial para la identificación de áreas temáticas y su categorización en función de las dimensiones de densidad (desarrollo de la temática) y centralidad (importancia relativa en el conjunto de datos) (Aria et al., 2022; Callon, Courtial & Laville, 1991).
- **Análisis evolutivo:** mapa de la ciencia basado en el análisis temático que permite definir ventanas temporales para el análisis de cambios en temáticas y tópicos identificados.

Análisis de coautorías - autores

La construcción de mapas de la ciencia para el análisis de coautorías en el corpus integrado de AGROSAVIA se desarrolló en el software VOSviewer, para los elementos relacionales de autores, organizaciones y países. Teniendo en cuenta la calidad de los metadatos de las tres diferentes fuentes de consulta que integran el corpus, se realizó un proceso manual de sinonimización y depuración.

Análisis de coautorías – alianzas

El análisis de coautorías, a partir de los metadatos de organizaciones, nos permite analizar no solo la dinámica de generación de conocimiento a través del desarrollo de proyectos con actores externos a la organización, sino también identificar si este conocimiento se deriva de alianzas formalizadas (convenios) o de alianzas informales (redes exógenas de investigadores).





Análisis de coautorías – Países

El análisis de coautorías desde la perspectiva de países permite evidenciar el relacionamiento regional y transregional de una organización.

Análisis de coocurrencias – Palabras clave.

La red de coocurrencias de palabras clave asociadas a las publicaciones de una organización permite identificar temáticas de trabajo y tópicos principales de investigación. Este mismo análisis puede realizarse también para los títulos y resúmenes de las publicaciones.

Análisis de acoplamiento bibliográfico

El mapa de acoplamiento bibliográfico agrupa las publicaciones en función de las referencias citadas que comparten en común. Los clústeres que se conforman pueden analizarse como grupos temáticos que comparten interés sobre un objeto de estudio (problema de investigación) o un objeto de trabajo (método, metodología, modelos y herramientas de investigación).

Mapa temático de categorización

Tomando como base los algoritmos de clusterización aplicados al campo de información de metadatos “palabras clave”, es posible identificar temas específicos y representarlos en un plano cartesiano conformado por cuatro zonas, que consideran dos variables: centralidad (importancia del tópico en todo el campo de investigación o análisis) y densidad (medición del grado de desarrollo del tema). Esta distribución en cuadrantes se basa en los conceptos de centralidad, entendida como la importancia de un nodo temático dentro del campo de investigación (por ejemplo, la relevancia en la generación de conocimiento en AGROSAVIA), y densidad, que se interpreta como una medida del desarrollo y profundidad del tema (por ejemplo, la focalización y trayectoria de un tema de investigación en AGROSAVIA).

Además de la distribución en cuadrantes, cada nodo representado por una burbuja hace referencia a un clúster de interacción de tópicos. El tópico con mayor valor de ocurrencia (frecuencia) orienta el nombre del nodo temático, mientras que el tamaño de la burbuja (número total de ocurrencias de los tópicos) determina su visibilidad.

Análisis de redes externas - cocitaciones

A partir de las referencias citadas por las publicaciones de AGROSAVIA, se construye el análisis de coocurrencia de citas (cocitaciones), que permite identificar los colegios invisibles externos. Estos colegios invisibles se forman cuando dos o más documentos son citados conjuntamente en una publicación, lo que sugiere que la temática abordada y la contribución científica están relacionadas en tópicos afines.



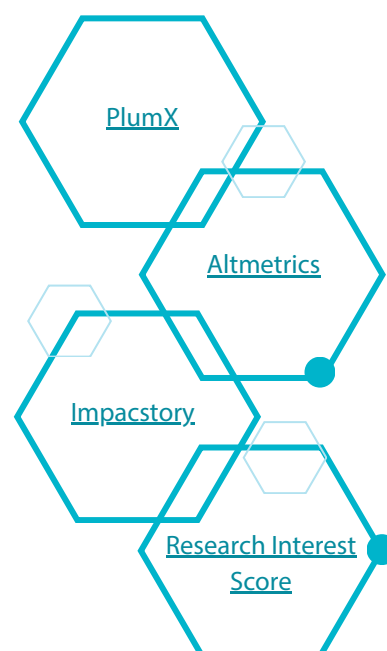
Métricas alternativas y análisis complementarios

Las métricas alternativas se consideran un movimiento complementario que busca competir y no competir con las métricas tradicionales, generando, como lo expresa su nombre, mediciones complementarias sobre el uso, consulta e impacto de las publicaciones científicas.

De acuerdo con Prime et al. (2010), estas métricas se basan en el uso de herramientas y procesos de captura de datos e interacción en la Web (2.0 y 4.0), a través de los cuales se puede evidenciar la interacción con contenidos científicos (publicaciones), más allá de la interacción con otros contenidos científicos a través de citas. Si bien, en un sentido extenso, se podría considerar que un indicador es una métrica alternativa si contribuye a la evaluación de la ciencia más allá de las métricas tradicionales, es necesario que estos indicadores efectivamente se deriven de la interacción social con los contenidos científicos. Además, se caracterizan por ser medidas en tiempo real.

Existen diferentes taxonomías o categorías de clasificación de las métricas alternativas, que han permitido generar aplicativos para su medición, como PlumX, Altmetrics e Impactstory. De las propuestas taxonómicas, la más aceptada es la planteada por Ortega (2020), la cual define tres dimensiones: i) dimensión mediática, que establece el impacto de una publicación científica en la opinión pública y se mide a través de métricas asociadas a las menciones en redes sociales, como los likes, los reposts (ej. retweets), las menciones en medios de prensa digital, las entradas en blogs que mencionen estos contenidos, entre otros; ii) impacto de uso, que se establece a través de métricas como lecturas, descargas, número de clics, y refleja el grado de “movilidad” de la publicación en la web; y iii) impacto científico, en el cual se integran las métricas tradicionales de citas en los índices de Scopus, WoS® y Google Scholar, además de incluir las menciones y etiquetas en sistemas de referenciación como Mendeley®. Adicionalmente, se incluyen en esta categoría métricas propias de redes sociales científicas como ResearchGate (Research Interest Score).

Aplicativos para la medición de métricas alternativas



Análisis de publicaciones en acceso abierto

El análisis de publicaciones en acceso abierto es un indicador de métricas alternativas asociado a los procesos de difusión y divulgación de la investigación. A partir del corpus unificado se generaron los indicadores agregados del número de publicaciones en acceso abierto (modalidades reconocidas) y del número de publicaciones en acceso por suscripción.



Visualizaciones en SciVal®

SciVal es una herramienta de analítica de datos avanzada, desarrollada por Elsevier para explotar los recursos de información de sus servicios Scopus y ScienceDirect®. Esta herramienta comprende métricas alternativas relacionadas con las visualizaciones, la colaboración en la generación de publicaciones (geográfica y por distinción académica y empresarial), menciones en prensa digital, menciones en patentes y menciones en documentos de política pública (Dresbeck, 2015).

Métricas de ResearchGate

ResearchGate es actualmente una de las redes sociales de investigación con mayor acogida por científicos y académicos de diferentes áreas del conocimiento. La red facilita la difusión, divulgación e interacción a través de las publicaciones científicas. Las métricas tradicionales que integra son el índice h y el número de citas, e introduce la métrica alternativa Research Interest Score. Esta métrica es un índice que se calcula en función de métricas como lecturas (similares a las visualizaciones), lecturas en texto completo (similares a las descargas), citas, recomendaciones y menciones.

Métricas Repositorio Digital

Las organizaciones de I+D+i, como centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico e instituciones de educación superior, cuentan con infraestructura tecnológica para el almacenamiento, codificación, transferencia y uso del conocimiento generado y adquirido. Estas infraestructuras, denominadas repositorios digitales, facilitan la obtención de métricas alternativas, como visualizaciones y descargas.

Rankings de categorización

Los rankings de categorización de instituciones de investigación son índices de clasificación que combinan métricas tradicionales (SCImago Institutions Rankings) y métricas alternativas (Webometrics), facilitando el análisis comparativo (benchmarking) entre instituciones según su ubicación geográfica, tipología organizacional y áreas de conocimiento.

Objetivos de Desarrollo sostenible - ODS

Desde el lanzamiento de la Agenda 2030 en 2015, Elsevier diseñó en su sistema de búsqueda Scopus 16 ecuaciones estructurales para la recuperación de publicaciones científicas relacionadas de manera directa o indirecta con los ODS. Estas búsquedas predeterminadas permiten analizar la contribución por áreas temáticas, países e instituciones al cumplimiento de los ODS a través de la generación de conocimiento científico.



1.5. Herramientas de **software** disponibles: **bondades y limitaciones**

En la actualidad, el desarrollo de estudios bibliométricos y cienciométricos cuenta con diferentes herramientas y recursos que permiten mejorar su trazabilidad, calidad y versatilidad. Estas herramientas y recursos se categorizan en: i) fuentes de adquisición de datos; ii) análisis de datos; y iii) visualización de datos. En las siguientes secciones se desarrolla cada una de estas categorías.

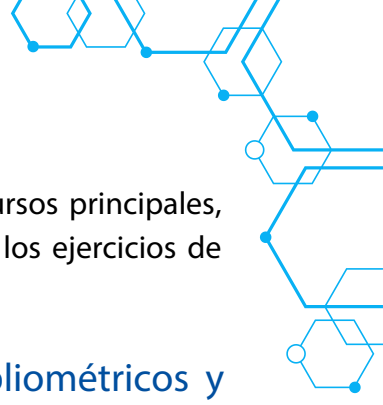
Recursos de información

El principal recurso para el desarrollo de estudios bibliométricos y cienciométricos son las fuentes de información referenciales e indexadas que se ajustan a los requerimientos y necesidades del estudio. Si bien, en la actualidad existen diferentes fuentes de datos científicos, no todas ellas proveen información para el desarrollo de este tipo de estudios. Para poder seleccionar un recurso de información, es necesario contemplar criterios específicos como: i) condiciones de acceso; ii) disponibilidad de descarga de datos; iii) límites para la descarga de datos; iv) funcionalidad de web service; v) visualización de datos propia; vi) formatos de acceso; y vii) diversidad de información. En la tabla 2 se presenta el análisis comparativo sintetizado de las principales fuentes de datos con base en estos siete criterios.

Tabla 2. Análisis comparativo de bases de datos científicas y sus funcionalidades

Base de datos	Acceso	Descarga de datos	Límites de descarga	Funcionalidad web service (APIS)	Análisis de datos nativo	visualización de datos nativa	Formatos de acceso	Diversidad de información
Scopus	Por suscripción	Si, acceso institucional	Ilimitado fichas bibliográficas y Registro completo 2.000 registros	Si	Si	Si	CSV BIB RIS ASCII	Metadatos Indicadores
Web of Science	Por suscripción	Si, acceso institucional	Lotes de 500 registros. Máximo 100.000 registros por consulta	Si	Si	Si	Texto plano y texto delimitado BIB	Metadatos Indicadores
Microsoft Academic	Libre por registro	Si, por web service/API	n/a	Si	No	No	n/a	Metadatos
Dimensions	Libre por registro o suscripción	Si	50.000 registros	Si	Si	Si	CSV Excel	Metadatos
Lens	Libre por registro	Si	50.000 registros	Si	Si	Si	CSV RIS JSON BIB	Metadatos
Google Scholar	Libre	No	n/a	No	No	No	n/a	Indicadores
Wizdom AI	Libre por registro	No	n/a	No	No	Si	n/a	Reportes predeterminados
Connected papers	Libre	No	n/a	No	No	Si	n/a	Redes de relacionamiento de publicaciones
OSF	Libre por registro	No	n/a	Si	No	Si	n/a	Colaboración

Fuente: Elaboración propia basada en Moral-Muñoz, Herrera-Viedma, Santisteban-Espejo, & Cobo (2020)



Para AGROSAVIA se recomienda utilizar Scopus y Web of Science como recursos principales, complementados con herramientas como Dimensions, Lens y WizdomAI en los ejercicios de inteligencia y vigilancia científica y tecnológica.

Herramientas de software para el desarrollo de estudios bibliométricos y cienciométricos.

Las herramientas actualmente disponibles en el mercado, tanto de acceso libre como licenciadas, facilitan el procesamiento y análisis de los datos y metadatos adquiridos de los recursos de información (core o corpus). La mayoría de estas herramientas permite el cálculo de indicadores bibliométricos y cienciométricos, así como la construcción de mapas de la ciencia. Sin embargo, frente a la nueva tendencia de métricas alternativas para la evaluación del impacto social de la CTI —que a través de métricas basadas en la Web y en redes sociales genera un panorama de la divulgación de la investigación en diferentes públicos objetivo—, actualmente las herramientas de software no incluyen este tipo de análisis.

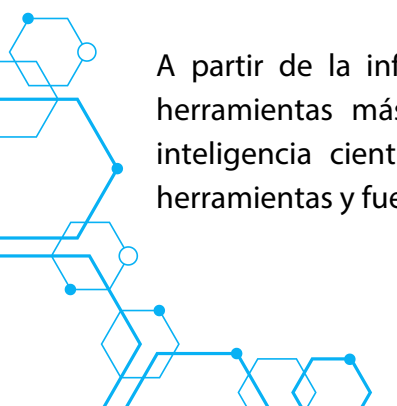
Por ello, en este análisis se presentan las herramientas actuales y vigentes enfocadas en análisis cienciométrico y bibliométrico, así como aquellas utilizadas en ejercicios de inteligencia científica y tecnológica. Los criterios para el análisis de las herramientas son los siguientes: i) versión actual y año; ii) fuentes de datos compatibles; iii) sistema operativo e interfaz de usuario; iv) tipo de análisis; v) licenciamiento; y vi) personalización. En la tabla 3 se presenta el análisis comparativo de las herramientas más utilizadas.

Librerías analíticas

Las librerías analíticas son códigos de programación que se ejecutan en aplicativos de análisis de datos como RStudio o Python. Las más conocidas son:

- [Bibliometrix](#), que cuenta con su interfaz de usuario Biblioshiny para realizar análisis cienciométricos y bibliométricos.
- [Metaknowledge](#) y [Bibliotools](#), librerías de Python que también permiten realizar este tipo de análisis.
- [Citation Analysis](#) en SQLite.
- [ScientoPy](#), que dispone de la interfaz de usuario [ScientoPy2](#).
- [ScientoText](#), otra librería para R.

1.6. Matriz integrada **elementos, indicadores y herramientas**



A partir de la información en la sección 1.5 se seleccionan las fuentes de consulta y las herramientas más adecuadas para la evaluación de la investigación y los ejercicios de inteligencia científica y tecnológica. En la tabla 4 se presenta la correspondencia entre herramientas y fuentes de consulta a partir de los tipos de análisis que se pueden realizar.

Tabla 3. Comparativo de herramientas de software para análisis bibliométrico y cuantitativo

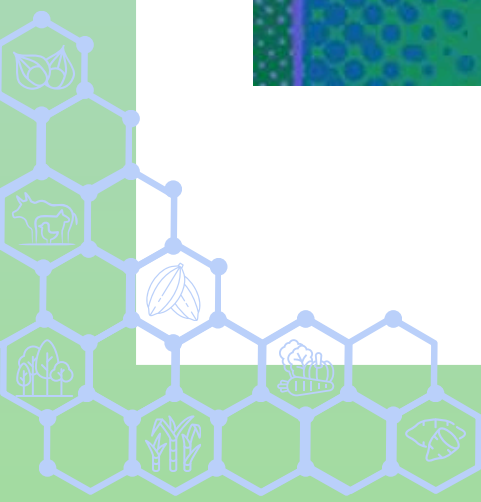
Software	Versión actual	Fuentes de datos compatibles	Sistema operativo e interfaz	Tipos de análisis	Licenciamiento	Customización
VOSviewer	1.6.16 (noviembre 2020)	Scopus, Web of Science, PubMed y Dimensions	Windows, macOS, Linux, interfaz Java	Mapas de la ciencia, redes de coautoría, redes de coocurrencia, clusterización, redes de colaboración	Libre	Manejo previo de metadatos bajo estructuras compatibles (texto en inglés).
VantagePoint	2020	Compendex, Scopus, Web of Science, EBSCO, Engineering Village, Embase, IEEE, bases de patentes	Windows 64 bits	Análisis de indicadores de actividad, análisis de correlación y coocurrencia	Licencia anual	Filtros de importación de datos de diferentes fuentes. Uso de administradores bibliográficos.
RefViz	2.1 (2009)	Scopus, Web of Science, administradores bibliográficos	Windows 32 bits	Análisis de mapas de referencias, clústeres temáticos	Licencia	N/A
Atlas.ti	Versión 9 (2020)	Documentos en texto completo y archivos de metadatos en Excel	Windows, macOS, iOS, Android	Análisis cualitativo de contenidos, análisis de coocurrencia, análisis de tweets	Licencia	N/A
Publish or Perish	Versión 7.28.3033 (dic. 2020)	Web of Science, Scopus, Crossref, PubMed, Google Scholar, Microsoft Academic	Windows, macOS	Indicadores bibliométricos	Libre	Carga desde el recurso de información o desde archivos previamente descargados.
Biblioshiny	Versión 3.0.3 (librería)	Scopus, Web of Science, Dimensions, PubMed, Crossref, Cochrane, APIs de PubMed y Dimensions	Windows, macOS, interfaz web	Análisis bibliométrico y cuantitativo completo	Libre	Requiere R y RStudio
SciMat	1.1.04 (2016)	Scopus y Web of Science	Interfaz Java	Cuantitativo, mapas de interrelación, clusterización, sinonimización	Libre	N/A
SciToolsPy	2.1.0 (2021)	Scopus y Web of Science	Windows, Java	Indicadores cuantitativos	Libre	Basado en Python
CiteSpace	5.7 R3 (2020)	Scopus, WoS, Dimensions, Crossref, Lens, PubMed	Windows, macOS, interfaz Java	Indicadores bibliométricos, mapas de coocurrencia, análisis estructural	Libre	Archivos CSV
CiteNet Explorer	1.0 (2014)	Web of Science	Windows, macOS, Linux, interfaz Java	Análisis de referencias, histogramas, relaciones de citación directa e indirecta	Libre	N/A
CitedReference Explorer	1.9 (2018)	Scopus, Web of Science, Crossref	Windows, Java	Espectroscopia de referencias	Libre	N/A

Fuente: Elaboración propia basada en Moral-Muñoz, Herrera-Viedma, Santisteban-Espejo, & Cobo (2020)

Tabla 4. Relación entre herramientas de software y fuentes de datos según tipo de análisis posible

Aplicativo de software	Scopus	Web of Science	Dimensions	Lens	Microsoft Academic	Google Scholar	Wizdom AI	Connected Papers	OSF
	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de coautorías • Análisis de coocurrencias • Análisis de citas • Análisis de cocitaciones • Análisis de acoplamiento bibliográfico • Mapas de redes, mapas de calor y mapas de atributos • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Redes de colaboración • Redes de coocurrencia • Histogramas • Análisis multicriterio • Análisis longitudinal 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VOSviewer									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Biblioshiny									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VantagePoint									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CiteSpace									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
SciMat									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CiteNet-Explorer									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Publish or Perish									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ScientoPy2									
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores bibliométricos • Indicadores cienciométricos • Matrices de coocurrencia 	Igual que Scopus	Igual que Scopus	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia





Capítulo 2.

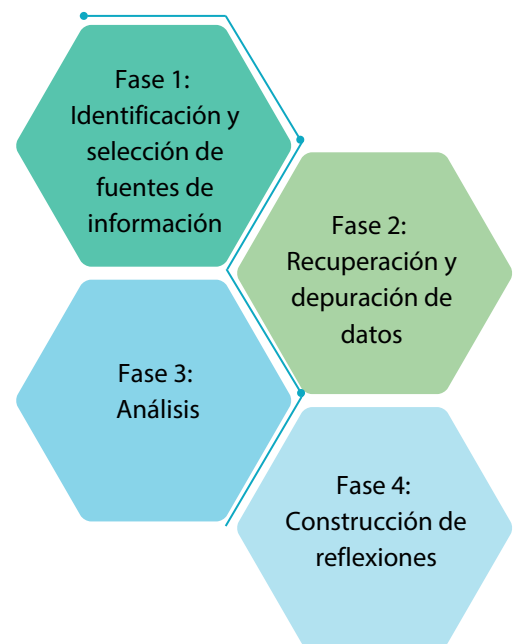
Diseño metodológico

“La ciencia es la progresiva aproximación del hombre al mundo real ”

Max Planck

El diseño metodológico para la evaluación cienciométrica de AGROSAVIA, en sus 30 años de contribución a la generación de conocimiento para el sector agropecuario colombiano, tiene como base las metodologías de gestión de la información de Sánchez-Torres y Palop Marro (2002), de inteligencia tecnológica de García et al. (2008), de análisis cienciométrico (Leydesdorff y Milojević, 2015), así como los diseños metodológicos integrales propuestos por Flórez-Martínez et al. (2021).

El diseño metodológico general comprende cuatro fases, las cuales se adoptaron para el desarrollo de los capítulos 4 a 7, incluyendo aspectos específicos acordes con las particularidades y el alcance de cada uno. En la figura 5 se presenta el diagrama de flujo implementado.



2.1. Fase 1: Identificación y selección de fuentes de información

Esta fase comprende la implementación de procesos de identificación y adquisición de datos e información clave para la evaluación cienciométrica. La primera etapa de esta fase abarca la identificación de las fuentes de información externas e internas, y su clasificación de acuerdo con la calidad y disponibilidad de los datos.



Figura 5. Diagrama



Figura 5. Diagrama



Las principales fuentes de consulta de información externa fueron las bases de datos de los sistemas de indexación de revistas Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, este último como motor especializado en la recopilación e indexación de contenidos científicos. Adicionalmente, se recuperó información institucional vinculada a la plataforma de productividad científica y tecnológica nacional Scienti®, a través de la Dirección de Gestión del Conocimiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Complementariamente, se consultaron recursos de información especializados como los rankings SCImago®, Webometrics® y la plataforma SciVal de Elsevier. En cuanto a las fuentes de información internas, se utilizaron los datos del repositorio institucional.

De manera paralela a la selección de fuentes de información, se escogieron los aplicativos de software a implementar en las fases de recuperación y depuración de datos, así como en la de análisis de información.

- **Aplicativos de recuperación y depuración:** Microsoft Excel, Harzing's Publish or Perish (PoP), Zotero®, y librerías de Python.
- **Aplicativos de análisis:** VOSviewer®, Bibliometrix y Tableau®.

2.2. Fase 2: **Recuperación y depuración de datos**

Los procesos de adquisición de conocimiento para la recuperación de datos e información en las evaluaciones científicas pueden realizarse de forma manual, semiautomatizada o automatizada, según las características y posibilidades de las fuentes de información seleccionadas.

Para este ejercicio, la recuperación de datos desde fuentes externas se efectuó mediante opciones de descarga manual desde la fuente original y a través de aplicativos de software de análisis que cuentan con funcionalidades de captura de datos.

Los procesos de depuración de datos incluyeron la eliminación de duplicados, la normalización de metadatos, la creación de estructuras de categorización homogéneas y la limpieza de caracteres.

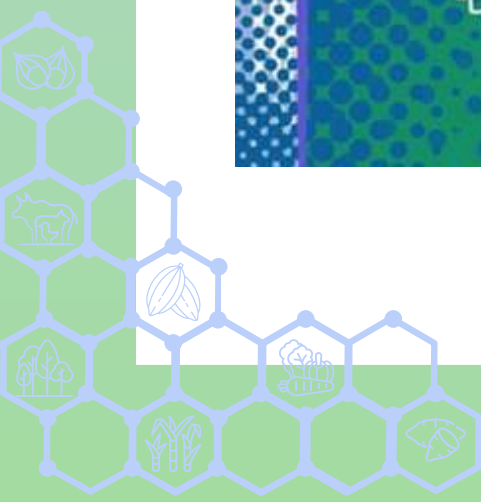
2.3. Fase 3: **Análisis**

El detalle y especificidad de los análisis realizados se detalla en cada uno de los capítulos respectivos.

2.4. Fase 4: **Construcción de reflexiones**

Análisis crítico de los resultados de la Fase 3 desde una mirada enfocada en la generación de conocimiento, la divulgación de conocimiento y el impacto de la ciencia corporativa.







Capítulo 3.

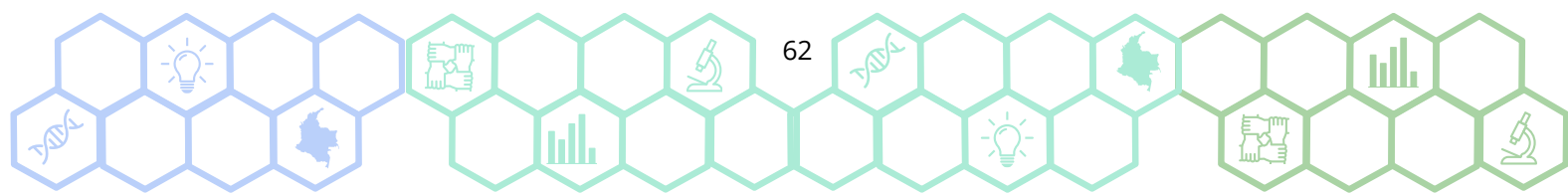
Panorama general de la investigación sectorial en América Latina y el Caribe

"La agricultura está muy cerca de la sabiduría y tiene parentesco con ella"

Columela

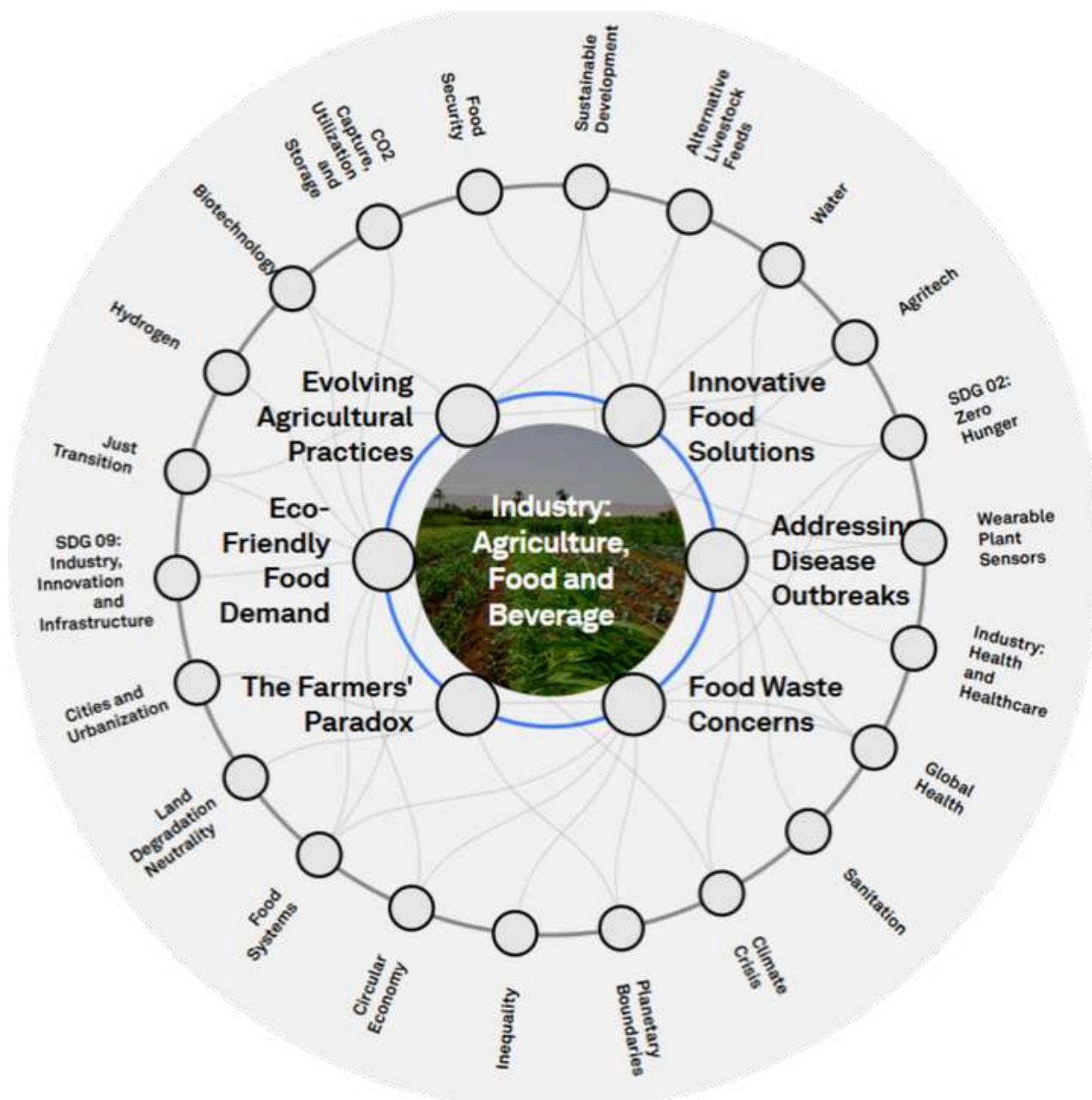
La investigación en el área de agricultura y ciencias biológicas en el mundo se considera una de las más relevantes en la generación de conocimiento científico, con alto potencial de impacto para el desarrollo humano. De acuerdo con el Foro Económico Mundial y su herramienta de inteligencia estratégica, entre los 291 temas de alto impacto, 101 se enfocan en temáticas con potencial de atención por parte de actividades de I+D+i. Entre estos tópicos se destacan tres relacionados directamente con la agricultura (figura 6): i) agricultura, alimentos y bebidas, donde la tecnología e innovación se destacan como pilares; ii) seguridad alimentaria y agricultura, donde también la tecnología e innovación son pilares, y iii) las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial para el sector agro, denominadas "Agritech", donde sobresalen los sistemas de producción agrícola innovadores. Lo anterior implica que los resultados de nuevo conocimiento, difundidos a través de las publicaciones científicas, tienen el potencial de contribuir a la transformación de estos tópicos.

En este capítulo se desarrolla un análisis contextual de la importancia de la investigación en agricultura a través de cuatro enfoques: i) datos generales sobre la generación de conocimiento en el área de agricultura y ciencias biológicas en el mundo, la región, el país y la corporación; ii) un análisis comparativo de métricas tradicionales y alternativas de AGROSAVIA desde la perspectiva de su rol como instituto nacional de investigación agropecuaria, frente a otras instituciones con dicho rol, mediante la herramienta SciVal de Scopus; iii) un análisis de la contribución del área de agricultura y ciencias biológicas a los ODS, la contribución de Colombia y la contribución de AGROSAVIA, utilizando las búsquedas predeterminadas de Scopus; y iv) un análisis de la visibilización de AGROSAVIA en los rankings mundiales de instituciones de investigación.





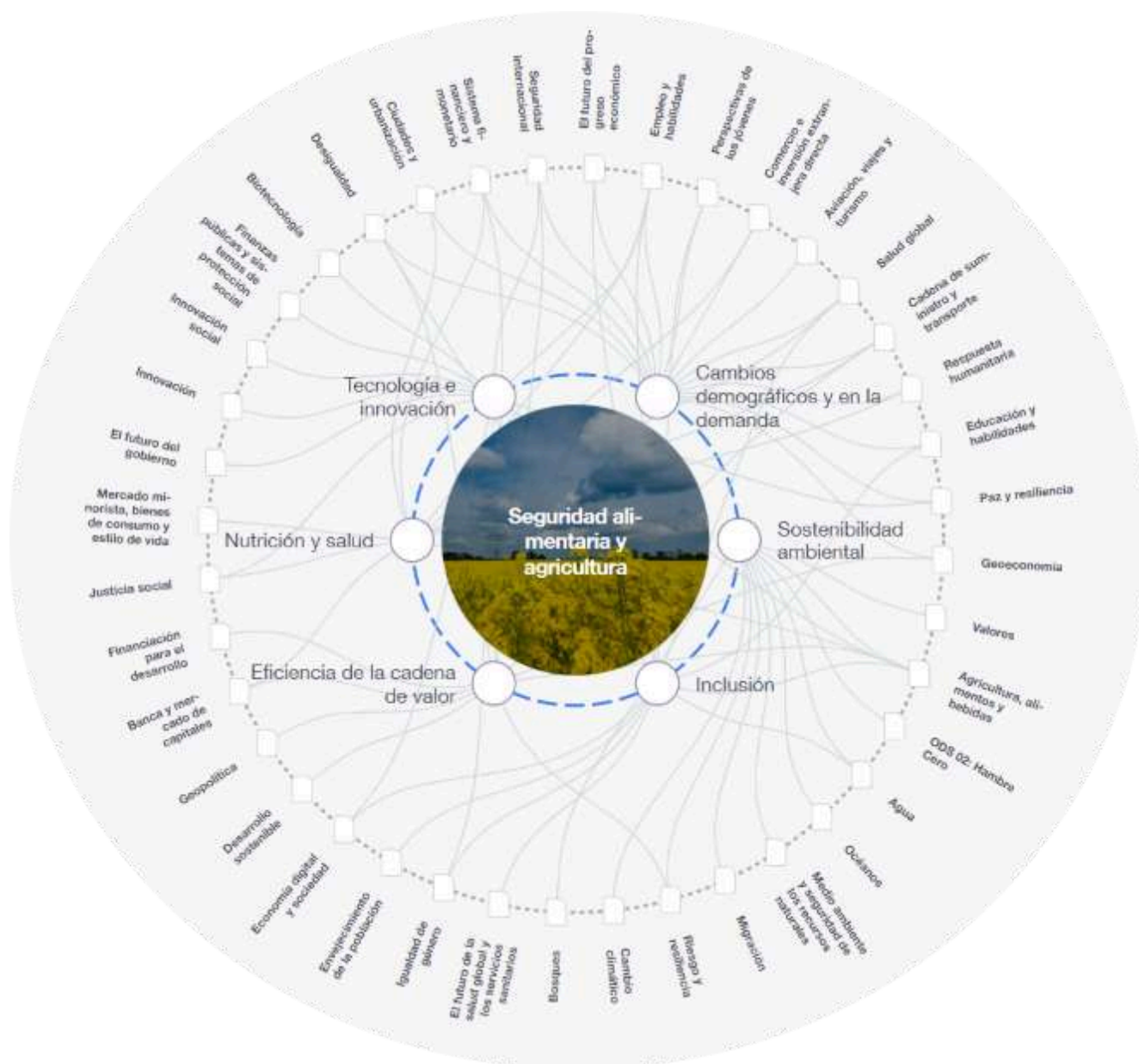
I



[Ver aquí](#)

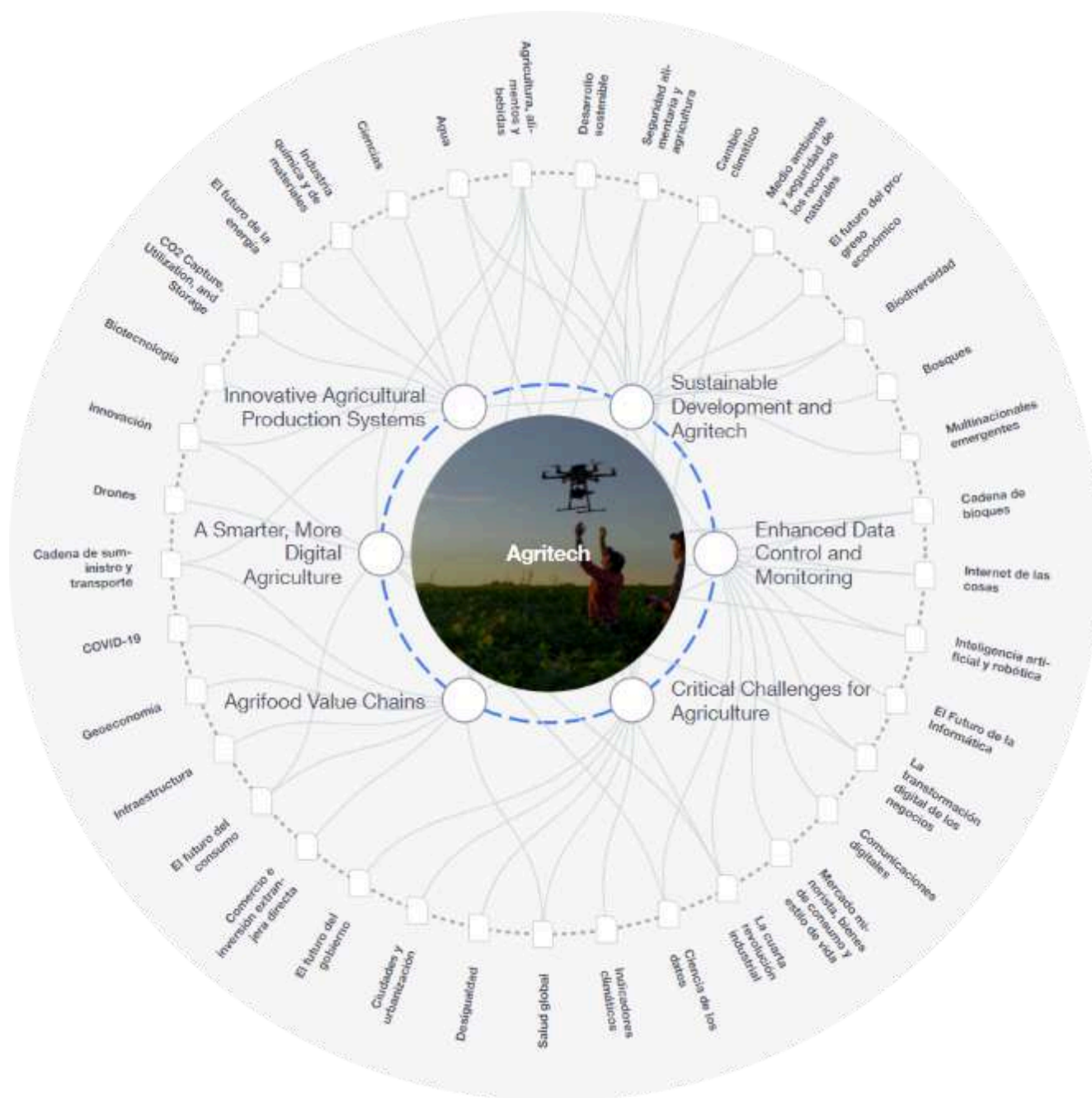


II



[Ver aquí](#)

III



[Ver aquí](#)

Figura 6. Mapas de transformación en agricultura

Fuente: Tomado del Foro Económico Mundial desde Strategic Intelligence disponibles en <https://intelligence.weforum.org/>

3.1 Generación de conocimiento en agricultura

La generación de conocimiento en agricultura, registrada a través de publicaciones científicas en las principales bases y motores de indexación de revistas, se convierte en el objeto de análisis del impacto de las actividades de I+D+i. Actualmente, las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO recuperan e indexan contenidos relevantes para el desarrollo actual y futuro de esta área del conocimiento. En la tabla 5 se presenta la cobertura actual de publicaciones y la participación porcentual de las tres áreas de conocimiento asociadas de manera directa al sector agropecuario.

Se evidencia que la contribución, desde una cobertura temática en las tres principales bases de indexación objeto de este análisis, presenta una participación promedio del área de agricultura y ciencias biológicas del 4 %, del área de ciencias ambientales del 3,5 % y del área de veterinaria del 2 %. Desde una cobertura geográfica, la región de Latinoamérica contribuye en agricultura y ciencias biológicas con un promedio del 36,74 %, en ciencias ambientales con un promedio del 29,89 % y en veterinaria con un promedio del 29,47 %. En cuanto a la cobertura geográfica de Colombia, la participación es en promedio del 1,96 % en agricultura y ciencias biológicas, del 2,41 % en ciencias ambientales y del 3,48 % en veterinaria. Finalmente, los promedios de contribución de AGROSAVIA en estas tres áreas son del 0,21 %, 0,06 % y 0,15 %, respectivamente.

Tabla 5. Análisis comparativo de generación de conocimiento en agricultura

Área del conocimiento	Mundo	América Latina	Colombia	AGROSAVIA
	Scopus**			
	89.955.313	2.832.284	175.658	1.315
	100%	3,15%	0,20%	0,0015%
	5.762.418	476.490	25.171	953
	100%	8,27%	0,44%	0,016%
	(6,4% del total)			
	4.471.872	197.019	11.938	141
	100%	4,40%	0,26%	0,0031%
	(4,97% del total)			
	734.267	65.965	2.850	112
	100%	8,98%	0,38%	0,015%
	(0,82% del total)			

Área del conocimiento	Mundo	América Latina	Colombia	AGROSAVIA
Web of Science®**				
	46.009.610	1.979.254	115.880	1.094
	100%	4,30%	0,25%	0,002%
	436.792	64.403	2.266	266
	100% (0,95% del total)	14,74%	0,52%	0,061%
	1.725.585	72.250	4.920	54
	100% (3,75% del total)	4,19%	0,25%	0,003%
	593.950	58.368	2.479	157
	100% (1,29% del total)	9,82%	4,25%	0,27%
SciELO®***				
	936.034	629.533	64.098	505
	100%	67,25%	6,85%	0,005%
	54.032	47.127	2.613	300
	100% (5,77% del total)	87,22%	4,93%	0,55%
	13.850	11.231	1.001	24
	100% (1,48% del total)	81,09%	7,22%	0,17%
	34.661	24.132	2.150	52
	100% (3,70% del total)	69,62%	6,20%	0,15%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science y SciELO; fecha de consulta: enero de 2023; procesamiento de datos realizado con Microsoft Excel

Convenciones

-  Todas las áreas del conocimiento
-  Agricultura y ciencias biológicas****
-  Ciencias ambientales*****
-  Veterinaria*****

* Datos de Scopus actualizados a diciembre de 2024.

** Datos de Web of Science actualizados a diciembre de 2024.

*** Datos de SciELO actualizados a diciembre de 2024.

**** Incluye agricultura, ciencia animal y ciencia de plantas.

***** Incluye ecología, ciencias ambientales y conservación.

***** Incluye medicina veterinaria y producción animal.

Análisis comparativo con los INIA (SciVal), 1993-2021

El desarrollo científico y tecnológico orientado a mejorar la productividad, competitividad y sostenibilidad en la agricultura mundial, y en especial en la región de América Latina y el Caribe, ha alcanzado un estadio en el cual ha sido necesario reconocer "el rol de la agricultura como pilar para el desarrollo y crecimiento económico de la región y la reducción de la pobreza". Lo anterior, teniendo en cuenta los desafíos globales en torno al uso sostenible de los recursos de la biodiversidad; la diversificación de las matrices alimentarias; la calidad e inocuidad de los alimentos; la integración de sistemas locales y globales de alimentación; y la inclusión social en el desarrollo tecnológico.

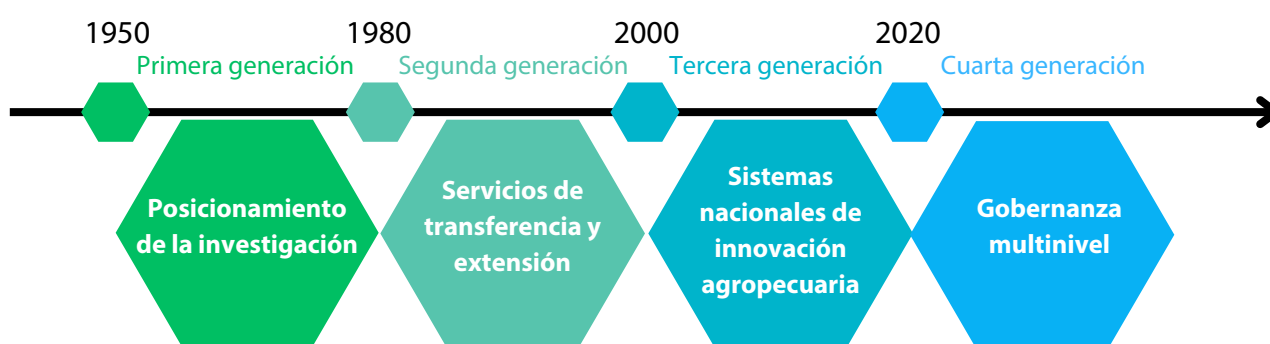
Uno de los elementos de mayor interés en el desarrollo de la ciencia y la tecnología para el sector ha sido la transición y evolución de la estrategia de los institutos nacionales de investigación agropecuaria (INIA). Esta estrategia se ha concebido como una ruta para la generación, transferencia, uso, apropiación y adopción de conocimiento y tecnologías por parte de los actores que conforman los sistemas agroalimentarios (Trigo et al., 2012). Esta ruta ha atravesado cuatro estadios, que se relacionan directamente con las denominadas generaciones de los INIA (Trigo et al., 2013; Trigo & Elverdin, 2020).

- **Primera generación (posicionamiento de la investigación) 1950-1980:** Esta primera etapa abarca la fundación en la región de los INIA (un total de 15 instituciones), así como su interacción con los centros internacionales de investigación agrícola fundados en el marco del Consorcio de Investigación para la Agricultura (CGIAR). La orientación fundamental en esta etapa fue la generación de conocimiento como respuesta a necesidades de mejorar la productividad y diseñar tecnologías para la producción primaria (*commodities*); es decir, la tecnología como factor habilitante de la conexión al mercado de los sistemas productivos: "modernización agroalimentaria". Dicha modernización se enfocó en el diseño y entrega de paquetes tecnológicos orientados al cambio técnico en los sistemas de producción. Los INIA en esta etapa tenían como rol principal generar conocimientos y tecnologías, y como rol secundario, desarrollar la transferencia de tecnología.
- **Segunda generación (servicios de transferencia y extensión) 1980-2000:** Esta segunda fase implicó la transición del modelo de extensión agropecuaria para la entrega de tecnologías hacia un enfoque de desarrollo rural (interacción de los sistemas de producción con la complejidad de las condiciones del territorio). Lo anterior derivó en que los servicios de transferencia de tecnologías y extensión se diversificaran frente a las alternativas de financiamiento, la orientación a las necesidades específicas del cliente, la descentralización de las capacidades instaladas para la prestación del servicio y la tercerización (articulaciones público-privadas) de dichos servicios. Los INIA en este escenario sumaron a sus roles de investigación y transferencia el liderazgo en el diseño e implementación de programas nacionales de desarrollo rural.

- **Tercera generación (sistemas nacionales de innovación agropecuaria) 2000-2020:**

Esta tercera fase comprende la integración sistémica de instancias y actores alrededor de la innovación como motor de cambio en el sector agropecuario y, en extensión, en la ruralidad. Este enfoque posiciona a los actores sociales como elementos clave en los procesos de identificación de necesidades, delimitación de alternativas, participación en la ejecución de actividades de investigación, facilitación de la transferencia y garantía del uso, adopción y apropiación (innovación) de los conocimientos y tecnologías. Esta interacción se realiza a través de esquemas de gobernanza denominados Sistemas Nacionales de Innovación Agropecuaria (SNIA). Dichos SNIA facilitan los procesos de gestión del conocimiento al reconocer las capacidades e interacciones frente al desarrollo de actividades de I+D, la prestación de servicios de extensión agropecuaria y la formación de capacidades para la innovación, siendo en algunos casos la organización motor del sistema.

- **Cuarta generación (gobernanza multinivel) 2020-actualidad:** Esta nueva etapa de los INIA debe contemplar esquemas de gobernanza circular en los que sus roles deben permear las tres funciones del SNIA (I+D, extensión e innovación, y formación), ya sea en roles principales, como soporte o como facilitadores. En este nuevo escenario, se debe destacar que todo INIA contribuye como una fuente constante de I+D+i, generadora de bienes públicos en escenarios de ciencia abierta (datos, capacidades en infraestructura para experimentación, servicios de laboratorio, bancos de germoplasma, bancos de semillas, entre otros); capital social único (masa crítica altamente formada y especializada); redes de colaboración locales, nacionales, regionales e internacionales; y orientación al cliente y su cliente (abarcando las cadenas agroalimentarias en sus eslabones).



Si bien su rol, relevancia y visibilidad se han transformado y evolucionado, los INIA siguen siendo un actor clave en la generación de conocimiento y tecnologías para el sector. Este rol se evidencia en su contribución a la movilización de resultados a través de publicaciones científicas. Esta generación de conocimiento se analizó mediante la herramienta SciVal de Elsevier, para recuperar métricas tradicionales y métricas alternativas que facilitarían el análisis comparativo de AGROSAVIA (en su rol como INIA) frente a sus pares en la región. En la tabla 6 se sintetizan los indicadores reportados para AGROSAVIA en la herramienta SciVal.

Tabla 6. Indicadores bibliométricos de AGROSAVIA reportados por SciVal (1996-2021)

Indicador	1996-2021	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Productividad científica	1098	32	21	38	40	38	51	62	87	99	125	164	233
Conteo de visualizaciones	42.165	1258	775	2366	1731	2161	2685	2876	4159	4268	5425	5353	4361
% de publicaciones en el top 10 % más visualizadas	26,3 %	18,8 %	19 %	44,7 %	12,5 %	34,2 %	29,4 %	22,6 %	39,1 %	30,3 %	33,6 %	28 %	19,3 %
Visualizaciones promedio por publicación	35,3	39,3	36,9	62,3	43,3	56,9	52,6	46,4	47,8	43,1	43,4	32,6	18,7
Impacto ponderado de visualizaciones	1,45	0,87	1,11	1,29	1,36	1,87	1,82	1,82	1,77	1,73	1,75	1,61	1,25
Conteo de citaciones	12.165	430	194	1026	475	534	1538	877	1159	1085	1057	648	455
Impacto ponderado de citaciones	0,74	0,52	0,47	0,71	0,56	0,63	1,52	0,78	0,80	0,89	0,86	0,56	0,67
% de publicaciones en el top 10 % más citadas	8,6 %	3,1 %	4,8 %	13,2 %	5 %	5,3 %	15,7 %	6,5 %	13,8 %	8,1 %	8,8 %	7,3 %	9,9 %
Publicaciones en revistas Q1 (SJR-Scimago)	417	7	4	15	8	9	20	17	31	27	46	49	94
% de publicaciones en el top 10 % de revistas más citadas (CiteScore)	16,2 %	9,7 %	10 %	5,3 %	5,7 %	8,6 %	19,6 %	12,5 %	23,5 %	18,3 %	17,2 %	15,6 %	16,4 %
Citaciones por publicación	10,2	13,4	9,2	27	11,9	14,1	30,2	14,1	13,3	11	8,5	4	2
% de publicaciones citadas	74,4 %	96,9 %	90,5 %	100 %	87,5 %	97,4 %	96,1 %	87,1 %	92 %	87,9 %	84,8 %	70,1 %	50,2 %
Impacto de la colaboración internacional	16,3	16,7	13,6	35,9	15,1	22,4	39,2	23,9	18,6	17,8	13,1	5,3	2,8
Número total de patentes que citan publicaciones	25	1	10	3	2	5	2	-	2	-	-	-	-
Número total de publicaciones citadas en patentes	16	1	2	3	2	2	2	0	2	0	0	0	0
Número total de citaciones por patentes	35	1	10	3	4	5	3	0	2	0	0	0	0
Citaciones promedio en patentes por publicación	29,3	31,3	476,2	78,9	100	131,6	58,8	0	23	0	0	0	0
Menciones en medios impresos	4	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1	-
Menciones en medios digitales	32	-	-	-	-	3	2	17	7	1	2	-	-
% de colaboración internacional	48,4 %	62,5 %	57,1 %	47,4 %	62,5 %	47,4 %	68,6 %	48,4 %	59,8 %	49,5 %	47,2 %	39,6 %	42,5 %
% de colaboración nacional	33,6 %	21,9 %	19 %	39,5 %	32,5 %	44,7 %	27,5 %	41,9 %	26,4 %	30,3 %	33,6 %	40,2 %	31,3 %
% de colaboración institucional	16,6 %	6,3 %	14,3 %	10,5 %	5 %	7,9 %	3,9 %	8,1 %	13,8 %	17,2 %	18,4 %	20,1 %	24,9 %
Impacto de la colaboración nacional	4,6	8,6	1,8	8,5	5,3	7,1	10	5,5	5,1	4,8	4,6	3,4	1,5
Impacto de la colaboración institucional	4,2	12	6,3	62	14,5	3,7	13	3,2	6,3	3,8	4	2,4	1
% de publicaciones con colaboración académica	75 %	84,4 %	76,2 %	78,9 %	90 %	89,5 %	84,3 %	85,5 %	82,8 %	72,7 %	72,8 %	73,8 %	64,8 %
% de publicaciones sin colaboración académica	25 %	15,6 %	23,8 %	21,1 %	10 %	10,5 %	15,7 %	14,5 %	17,2 %	27,3 %	27,2 %	26,2 %	35,2 %
Impacto de publicaciones con colaboración académica	11,8	14,6	10,6	24,4	11,8	14,9	31,5	16	13,1	12,9	10,1	4,3	2,4
Impacto de publicaciones sin colaboración académica	5,3	7,4	4,8	36,9	12,8	7	23,1	3,4	14,3	5,7	4	2,9	1

Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en SciVal. Fecha de consulta Noviembre de 2022



Desde su categorización como instituto público (por los recursos asignados para su funcionamiento), AGROSAVIA ha generado visibilidad a través de la producción de conocimiento científico para el agro colombiano. Esta visibilidad puede estimarse en función de métricas tradicionales consideradas en los procesos de evaluación científica, así como mediante la inclusión de nuevas métricas que complementan y diversifican la medición. En SciVal, los indicadores reportados se basan en la productividad científica asociada a Scopus (la cual no abarca de manera exhaustiva la totalidad del conocimiento generado), valorada por la calidad de sus metadatos y los algoritmos y rutinas para el cálculo de métricas.

Se destaca el indicador de visualizaciones, el cual permite conocer el número de lecturas de primer nivel (título y resumen) de los registros de publicaciones corporativas, que a corte de 2021 alcanzó un total de 42.165 visualizaciones, de las cuales un 26,3 % se ubica entre el 10 % de las publicaciones científicas más visualizadas en Scopus. Además, se logró un promedio de 35 visualizaciones por publicación al año. El factor de impacto de las visualizaciones es de 1,87, es decir, se reciben un 87 % más de visualizaciones de las esperadas en las áreas de conocimiento en las que genera conocimiento la corporación.

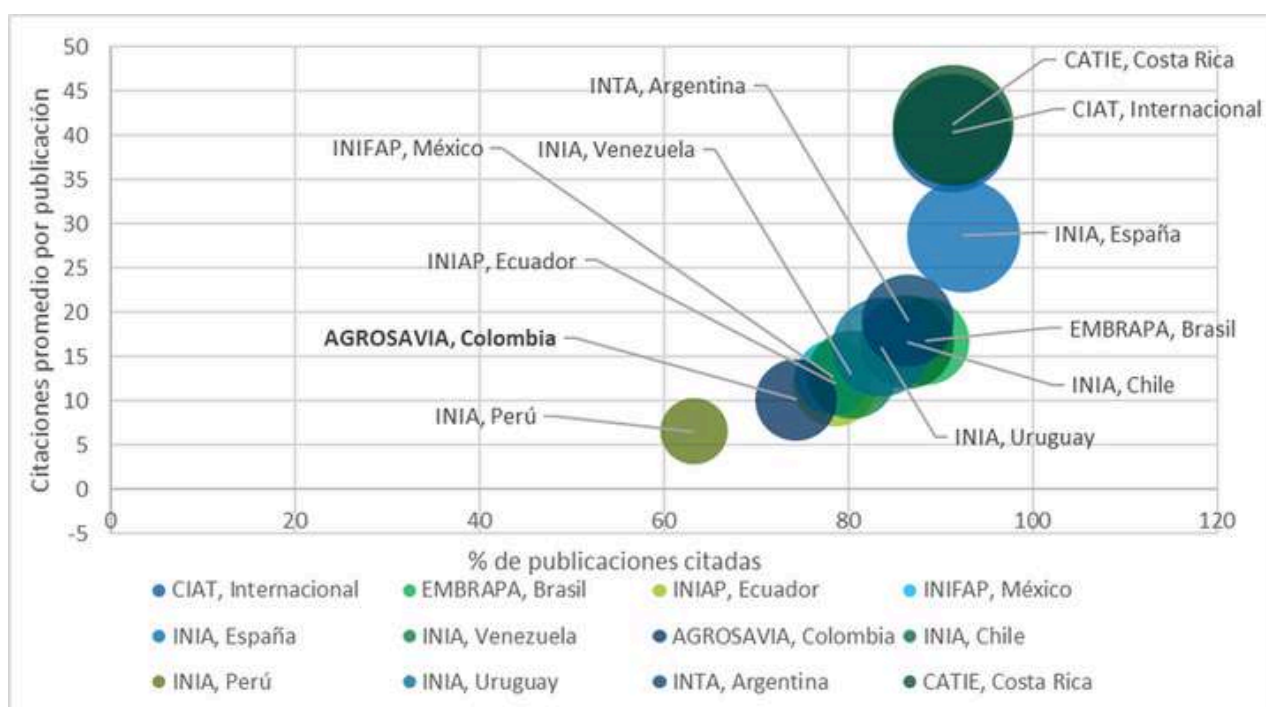
Con respecto al impacto de las publicaciones en relación con su mecanismo de difusión (revistas indexadas), 417 de las publicaciones en Scopus se encuentran en revistas del primer cuartil (Q1), acorde con el índice de categorización de revistas SJR de SCImago®. Complementariamente, el 16,2 % de las publicaciones se encuentra en el 10 % de las revistas más citadas, según CiteScore®. La representatividad de las publicaciones en la contribución a la generación de nuevo conocimiento se mide en función del porcentaje promedio de publicaciones que son citadas, que para el periodo 1996-2021 corresponde al 74,4 % (las publicaciones del año 2014 alcanzan un porcentaje de citación del 97,4 %).

El impacto del nuevo conocimiento difundido en revistas indexadas también se mide en función de la citación de las publicaciones en patentes. Veinticinco patentes registradas en los sistemas de información de las oficinas de propiedad intelectual citan 16 publicaciones de AGROSAVIA un total de 35 veces.

Otro indicador clave en el impacto de la generación de conocimiento está relacionado con la colaboración en las publicaciones. AGROSAVIA registra un 48,4 % de sus publicaciones con colaboración internacional (con un impacto de 16,3), un 33,6 % de publicaciones con colaboración nacional (impacto de 4,6) y un 16,6 % de colaboración institucional (impacto de 4,2). Lo anterior evidencia que aquellas publicaciones con coautores internacionales generan, en promedio, tres veces más impacto (citas recibidas frente a citas esperadas) que las publicaciones con solo colaboración nacional o de autores institucionales únicamente.

En cuanto al factor de impacto de las citaciones, este oscila entre 1,61 del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE (61 % más de citaciones recibidas con respecto a las esperadas) y 0,5 del INIA de Perú (50 % menos de citaciones recibidas con respecto a las esperadas). El factor de impacto de AGROSAVIA es de 0,74 % (26 % menos de las citaciones recibidas con respecto a las esperadas).





Centro de investigación especializado en ciencias agrícolas	Número de publicaciones (1996-2021)	Conteo de citaciones (1996-2021)
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)	2.384	100.629
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Colombia (AGROSAVIA)	1.098	12.165
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil (EMBRAPA)	33.140	578.341
Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Ministerio de Agricultura, Chile (INIA)	1.354	23.810
Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador (INIAP)	162	2.077
Instituto Nacional de Innovación Agraria, Perú (INIA)	193	1.442
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México (INIFAP)	3.940	53.340
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay (INIA)	1.320	23.071
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, España (INIA)	6.326	189.691
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina (INTA)	8.851	176.996
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela (INIA)	916	13.049
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica (CATIE)	1.062	45.247

Figura 7. Generación de conocimiento científico en centros especializados en ciencias agrícolas: productividad y citaciones (1996-2021)

Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en SciVal; fecha de consulta: noviembre de 2022

La figura 8 presenta, bajo un esquema de tres dimensiones, el comportamiento de la generación de conocimiento en función del impacto: de la colaboración institucional (eje X), de la colaboración nacional (eje Y) y de la colaboración internacional (eje Z, representado por el diámetro de la burbuja). El INIA de España muestra la mejor práctica entre las organizaciones comparadas, al presentar un equilibrio entre los impactos en citaciones de sus publicaciones con autorías exclusivamente institucionales (17,5), autorías con organizaciones españolas (23,9) y autorías con organizaciones transfronterizas (33,8). Se destaca que, en organizaciones como EMBRAPA, CATIE y Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, el impacto de la colaboración internacional es mayor que el de la colaboración institucional, con una relación de 6:1. En el caso de AGROSAVIA, el impacto institucional es similar al impacto nacional, pero el impacto internacional es tres veces mayor.

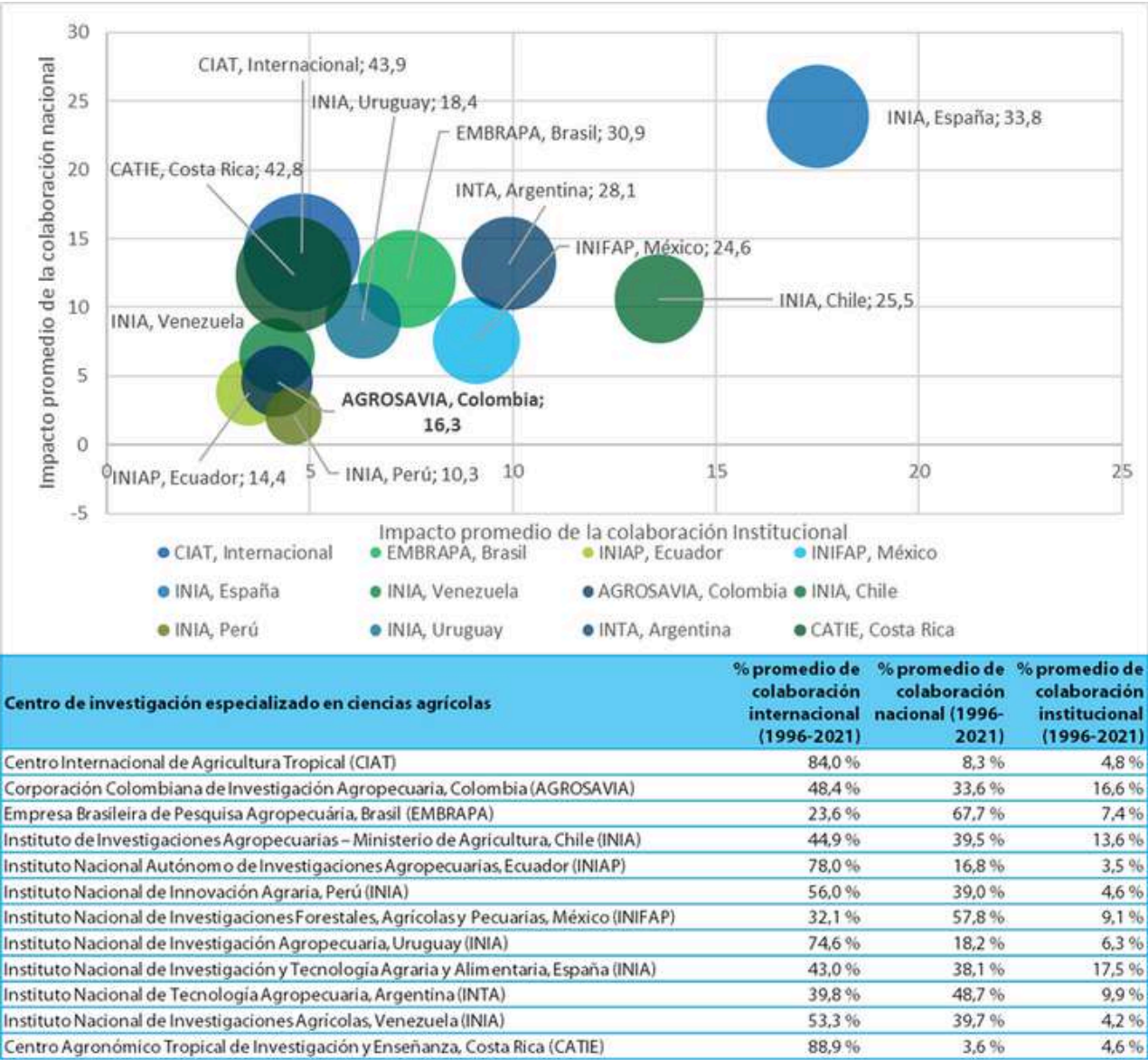


Figura 8. Análisis comparativo de la internacionalización del conocimiento en centros especializados en investigación agrícola (1996-2021)

Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en SciVal; fecha de consulta: noviembre de 2022

Otra métrica comparativa en la colaboración para la generación de conocimiento está relacionada con la tipología de las instituciones colaboradoras. SciVal las clasifica en instituciones académicas e instituciones no académicas. En la figura 9 se representa el porcentaje de colaboración por cada tipología (eje Y primario, izquierda) y el impacto promedio por tipo de colaboración (eje Y secundario, derecha). Con excepción de AGROSAVIA (75 %), los INIA comparados tienen un porcentaje de colaboración con la industria inferior al 5,4 %. En contraste, la colaboración entre entidades de investigación en los INIA supera el 90 % (AGROSAVIA: 25 %). En cuanto al impacto medido en citas promedio por publicación, este es mayor en la colaboración con la industria. Un ejemplo de ello es el INIA de España, en el cual el impacto de sus publicaciones con la industria es de 90 citas por publicación, mientras que el de sus otras colaboraciones es de 26,6 citas por publicación.

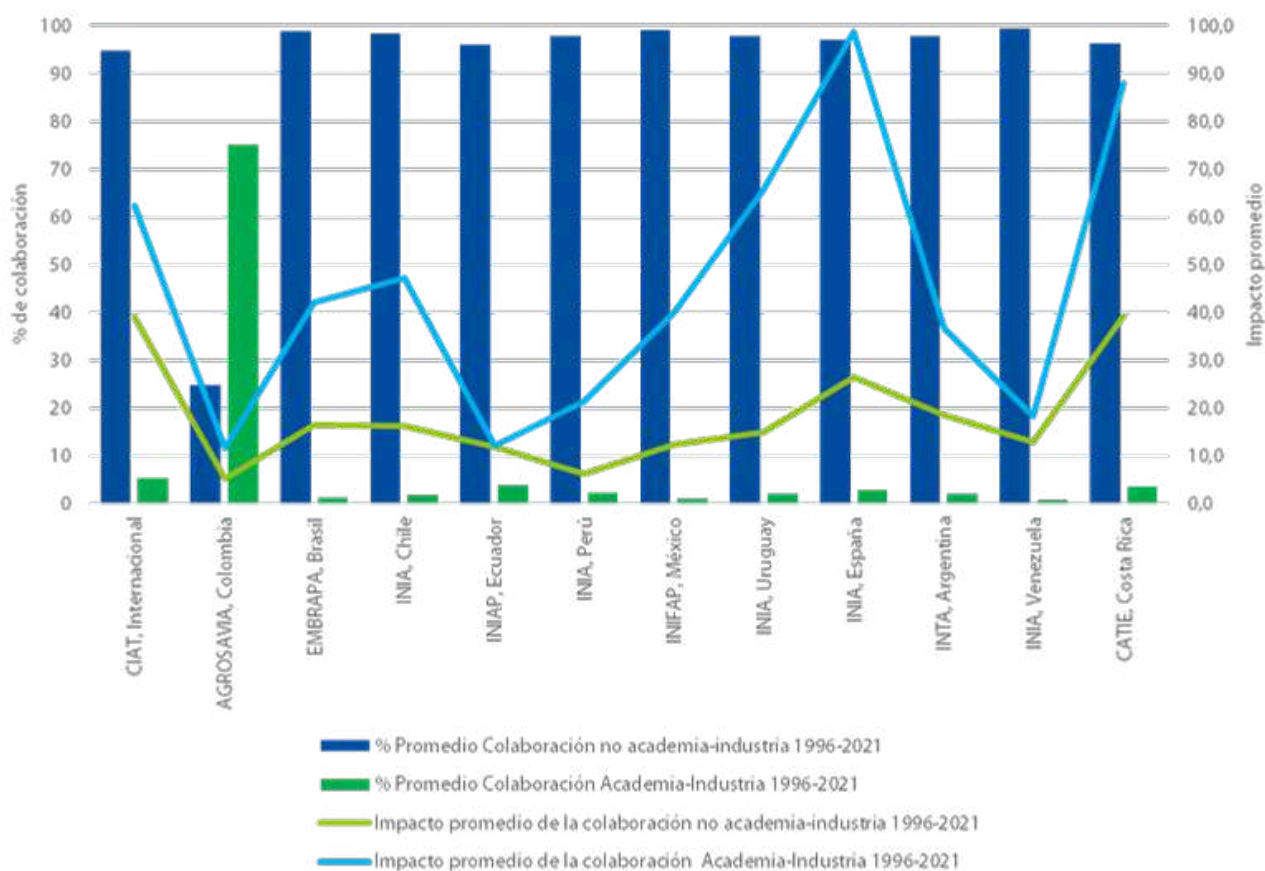


Figura 9. Análisis comparativo de la colaboración académica y no académica con centros especializados en investigación agrícola

Fuente: Elaboración propia a partir de información disponible en SciVal; fecha de consulta: noviembre de 2022



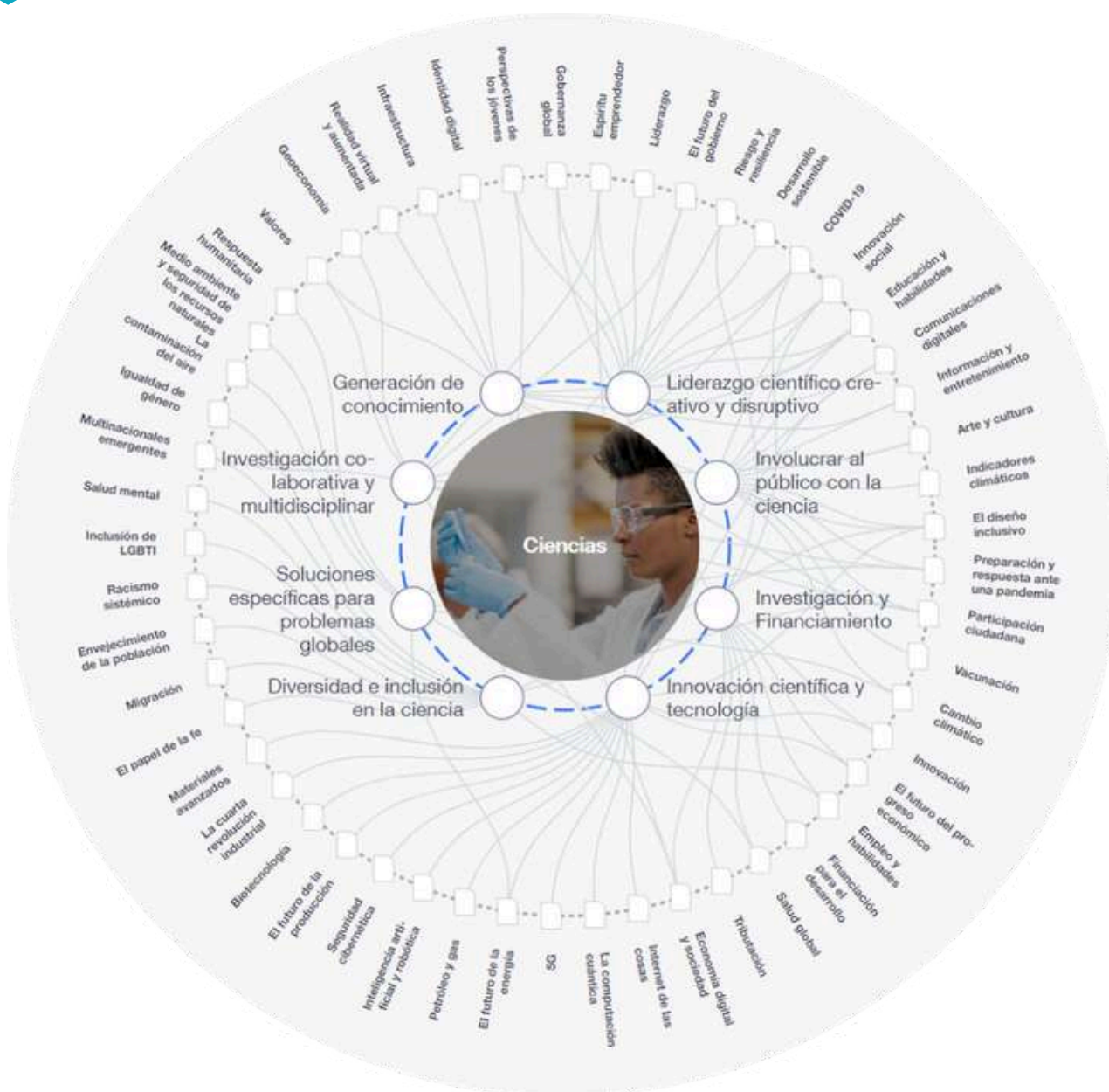
Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): mundo, Latinoamérica, Colombia y AGROSAVIA

La Agenda 2030 se ha convertido en la hoja de ruta para la generación de impactos positivos desde las políticas públicas regionales, nacionales e institucionales, lo que ha facilitado los procesos de seguimiento y evaluación del cumplimiento de las metas trazadas en los 17 objetivos propuestos. Para el caso específico de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (figura 10), el impacto orientado a los ODS tiene como pilares transformacionales:

- **La investigación colaborativa y multidisciplinaria**, en la que convergen diferentes conocimientos científicos para ofrecer una mirada holística a las problemáticas globales.
- **La sinergia de capacidades nacionales e institucionales** para abordar, con soluciones específicas y altamente adaptables, los retos globales.
- **La promoción de principios de diversidad e inclusión** en los procesos científicos, tecnológicos y de innovación, para garantizar la ética, la participación y el acceso equitativo a la ciencia.
- **La innovación científica y tecnológica** como motor de cambio en los distintos sectores de la economía, promoviendo competitividad y sostenibilidad.
- **La diversificación de las fuentes de financiación de la investigación**, que comprende no solo recursos públicos y privados, sino también mecanismos de asignación presupuestal mediante la captación de fondos desde otros sectores.
- **El involucramiento de conocimientos no tradicionales y no científicos** en los ciclos de vida de los proyectos de investigación, lo cual ha facilitado la consolidación de nuevas rutas, como la ciencia comunitaria (la comunidad establece el problema y los científicos proponen alternativas para que esta escoja cuál ejecutar) y la ciencia ciudadana (los científicos involucran a la comunidad en el desarrollo de las soluciones).
- **El liderazgo científico creativo y disruptivo**, que debe trascender los escenarios científicos y académicos para incidir en espacios estratégicos de diseño y evaluación de políticas públicas, así como en la internacionalización de la ciencia (principalmente a través de la diplomacia científica).
- **La generación de conocimiento** como principal producto de la ciencia, la tecnología y la innovación, el cual se convierte en un activo intangible clave para el logro de las metas de los ODS.

En función de este mapa de transformación de la ciencia y su rol en el cumplimiento de los ODS, a través de la base de datos de Scopus de Elsevier —quien desde 2020 desarrolló, para 16 de los 17 objetivos, ecuaciones estructurales de búsquedas predeterminadas que asocian las publicaciones registradas en la plataforma a los ODS—, se observa que, de las cerca de 90 millones de publicaciones en este motor de indexación, 21,79 millones están alineadas a los ODS de la Agenda 2030. De estas, 8,69 millones se han generado desde 2015, fecha en la cual se estableció dicha agenda por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas.





[Ver aquí](#)

Figura 10. Mapa de transformación de la ciencia

Fuente: Tomado del Foro Económico Mundial desde *Strategic Intelligence*. Disponible en <https://intelligence.weforum.org/>

A través de una búsqueda y depuración sistemática de estos conjuntos de datos, se construyó el compendio de publicaciones de AGROSAVIA que, en función de las ecuaciones estructurales de Scopus, contribuyen a los ODS. De las 1.322 publicaciones indexadas, 282 están alineadas con los ODS (21,3 %) y 242 se han generado desde 2015. En la figura 11, a través del método de análisis de coocurrencia de texto clave, se genera el mapa temático de los tópicos en los que AGROSAVIA investiga con relación a los ODS.

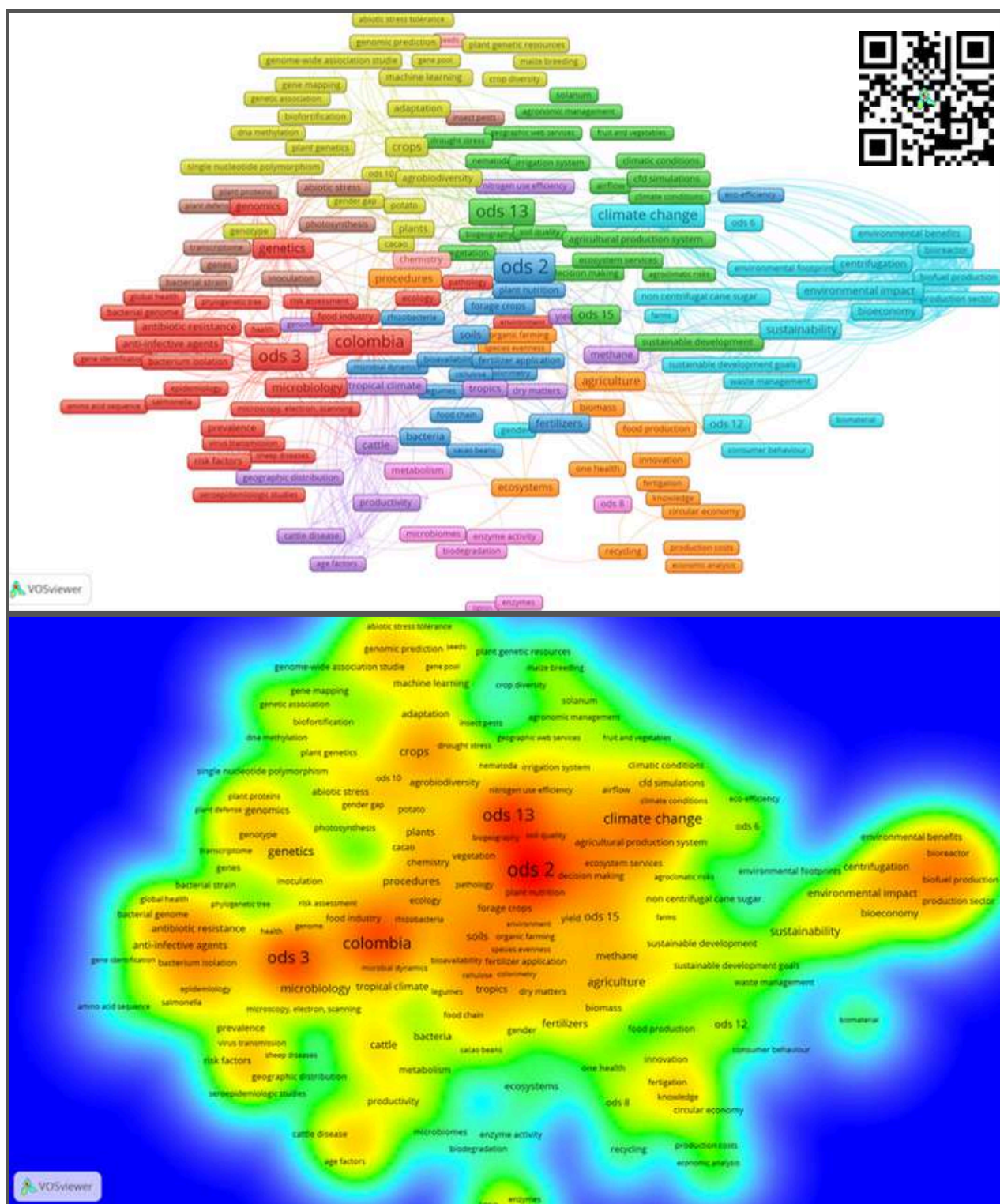


Figura 11. Mapa y red de coocurrencia de tópicos asociados a la contribución científica de AGROSAVIA a los ODS

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SciVal. Fecha de consulta: enero de 2023. Software de análisis VOSviewer v 1.6.19.



Clúster rojo y violeta – ODS 3: en este conjunto de tópicos se evidencia la contribución de AGROSAVIA a la solución de los problemas y retos frente a la salud y el bienestar. Se destacan las investigaciones en resistencia antimicrobiana, secuenciación de genomas bacterianos y análisis de microorganismos que impactan la salud a través del consumo de alimentos, desde una perspectiva de calidad e inocuidad (*Salmonella spp.* y *Campylobacter spp.*). También se evidencia la contribución a la tendencia global de One Health (una sola salud), la investigación en salud pública, los factores ambientales de riesgo para la salud, el análisis de calidad de alimentos y materias primas alimenticias, y la aplicación de las ciencias ómicas al estudio de microorganismos. Además, se analiza la interacción epidemiológica entre microorganismos, sistemas de producción pecuaria y seres humanos.

Clúster verde – ODS 13 y ODS 15: la investigación corporativa enfocada en la acción por el clima ha desarrollado modelos productivos para sistemas agrícolas y pecuarios bajo condiciones de cambio y variabilidad climática; simulación de sistemas productivos protegidos en diferentes zonas agroecológicas; y sistemas de irrigación para un uso eficiente del agua y el desarrollo de servicios ecosistémicos. Complementariamente, se incorporan tecnologías y análisis orientados a la agricultura climáticamente inteligente en los ecosistemas agropecuarios.

Clúster cian – ODS 6, ODS 7 y ODS 12: las investigaciones y resultados de conocimiento en este clúster se enfocan en el cambio climático y sus efectos en el acceso y disponibilidad del recurso hídrico para los sistemas de producción pecuarios, agrícolas y forestales, así como en la alineación con la tendencia de la bioeconomía para incluir tecnologías eficientes en el uso de energía y en el aprovechamiento de excedentes y subproductos de las actividades primarias y de transformación (uso sostenible de residuos agroindustriales).

Clúster naranja – ODS 11: en relación con las ciudades y comunidades sostenibles, la contribución se centra en el análisis de los sistemas de producción agrícola desde una perspectiva de economía circular y su interacción con ecosistemas rurales, periurbanos y urbanos (agricultura urbana).

Clúster amarillo – ODS 10: la reducción de las desigualdades desde un enfoque agrícola se relaciona con el acceso y la disponibilidad de recursos genéticos para la alimentación y la producción agrícola y pecuaria. Así, la gestión de bancos de germoplasma (in situ y ex situ), de semillas nacionales y locales, así como el desarrollo de capacidades para la selección de variedades y el mejoramiento genético, contribuyen a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad.

El mapa de calor o huella cienciométrica de la figura 8 permite evidenciar la orientación de la investigación corporativa hacia los ODS 2, ODS 3, ODS 13 y ODS 12.



3.2 Evaluación institucional en rankings internacionales de ciencia e investigación

En el contexto mundial de la medición de la ciencia y de las entidades generadoras de conocimiento, se ha avanzado en su evaluación mediante los denominados rankings de categorización. Estos sistemas de clasificación se enfocan en unidades específicas de comparación, tales como revistas científicas, instituciones de investigación y universidades.

Para el caso particular de centros e instituciones de investigación, se reconocen a nivel mundial dos rankings clave. El primero es el ranking SCImago®, desarrollado por la editorial Elsevier, el cual construye un indicador compuesto para categorizar las instituciones de investigación y académicas desde una perspectiva basada en indicadores de actividad científica (SCImago, 2016). El segundo es el Ranking Webometrics, una iniciativa del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC), cuyo objetivo es promover la visibilidad digital de las actividades investigativas de universidades y centros de investigación. Este ranking evalúa diversos aspectos: la presencia institucional en la web mediante el análisis de sus sitios oficiales; la visibilidad a través de la interconexión con otros sitios web; la transparencia en la difusión del conocimiento científico generado, mediante la indexación de contenidos y el número de citas en Google Scholar; y, finalmente, la excelencia investigativa, medida a partir del número de publicaciones ubicadas en el percentil del 10 % más citado en las 26 disciplinas reconocidas por Elsevier, a través de la interacción con el sistema SCImago® (Sarwar et al., 2021).

Desempeño institucional en SCImago

AGROSAVIA ha sido incluida desde el año 2021 en el *Ranking SCImago Institutions*, lo que ha permitido incorporar esta medición como una métrica complementaria en los reportes anuales de gestión del conocimiento. En la tabla 7 se presenta la clasificación de AGROSAVIA en los años 2022 y 2021 dentro de este ranking, en la categoría general, así como en las tres principales áreas de conocimiento asociadas a su participación en publicaciones científicas. También se muestran los resultados según las coberturas geográficas: mundial, Latinoamérica y Colombia. Se destaca que, en el contexto latinoamericano, AGROSAVIA se posiciona dentro del top 100 de instituciones de investigación en agricultura y ciencias biológicas, y dentro del top 10 a nivel nacional.

En la figura 12 se presenta el ranking correspondiente al año 2022, desagregado según los enfoques de investigación, innovación e impacto social. Se destaca que, por su naturaleza misional, AGROSAVIA ocupa la posición 11 en impacto social en Colombia. Este indicador compuesto se mide a partir de métricas alternativas recolectadas con PlumX®, la interconexión de enlaces y la visibilidad institucional a través del sitio web, en un enfoque metodológico análogo al utilizado por Webometrics.

Tabla 7. Ranking SCImago de AGROSAVIA por áreas de conocimiento

Área del conocimiento	Mundo		Latinoamérica		Iberoamérica		Colombia	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
General	732	650 ▲	90	84 ▲	211	195 ▲	10	10 =
Agricultura y ciencias biológicas	746	581 ▲	133	94 ▲	235	185 ▲	13	9 ▲
Ciencias ambientales	-	529	-	71	-	146	-	6
Medicina veterinaria	565	612 ▼	102	122 ▼	135	158 ▼	4	6 ▼

Fuente: Elaboración propia a partir de datos disponibles en <https://www.scimagoir.com/institution.php?idp=25768>

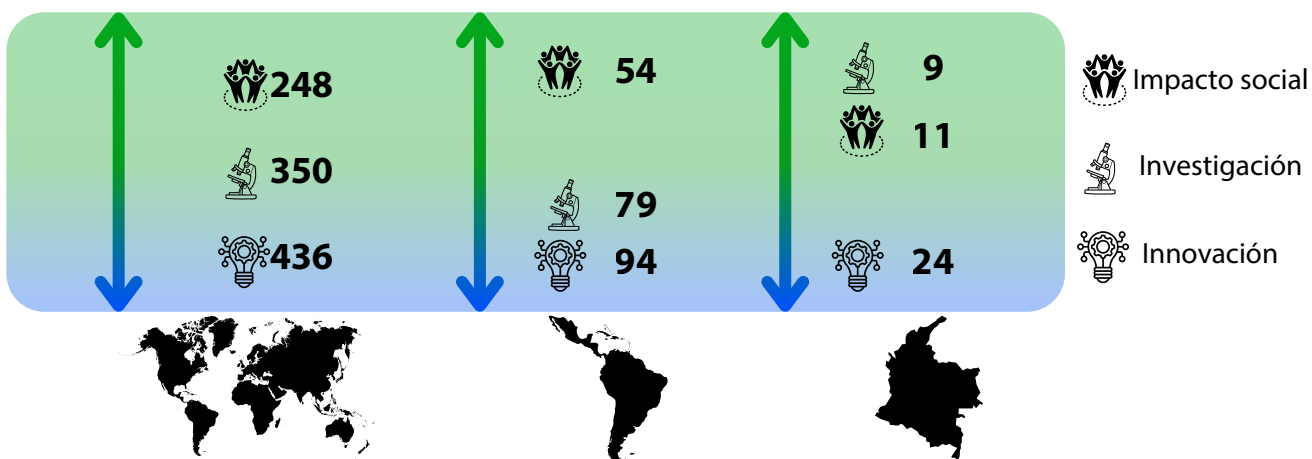


Figura 12. Ranking SCImago 2022: evaluación de AGROSAVIA por enfoque temático

Fuente: Elaboración propia a partir de datos disponibles en <https://www.scimagoir.com/institution.php?idp=25768>

Desempeño institucional en Webometrics

La última versión de este ranking fue lanzada oficialmente en julio de 2019, en la cual AGROSAVIA se posicionó como la tercera entidad de investigación con mayor visibilidad en Colombia, y ocupó el puesto 61 en Latinoamérica. En la figura 13 se describe el puntaje en los criterios de evaluación y el ranking en los niveles mundial, América, América Latina y Colombia.

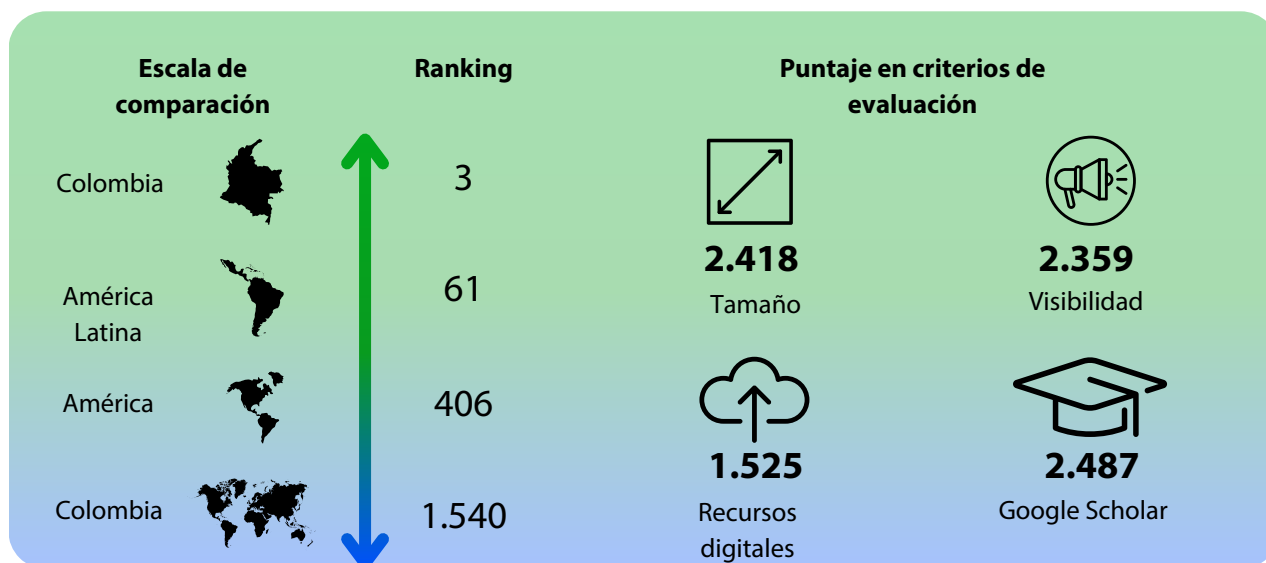


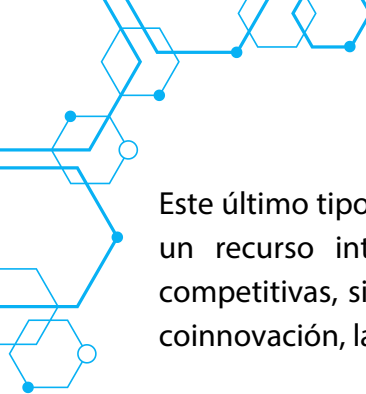
Figura 13. Ranking Webometrics 2019: evaluación de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos disponibles en <https://research.webometrics.info>

3.3 Conclusiones y reflexiones

Las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, desarrolladas en sectores estratégicos para el desarrollo social y económico de las naciones —como es el caso del agropecuario (que comprende los sistemas de producción agrícolas, pecuarios, forestales, acuícolas, pesqueros y la agroindustria)—, se convierten en un insumo fundamental para la provisión de conocimientos, tecnologías y servicios que respondan a problemáticas multivariable y multiactor.

En este sentido, el impacto potencial o promesa de valor de los resultados de investigación, sujetos de ser transferidos, adoptados y adaptados por los diferentes beneficiarios directos a lo largo de las cadenas de valor agroalimentarias, debe ser medido —principalmente a través de estrategias de monitoreo y evaluación continuas— en lo social, lo económico, lo ambiental, lo político-normativo y lo científico-tecnológico.

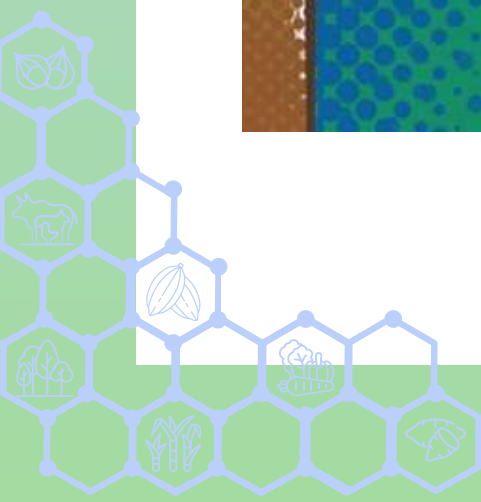


Este último tipo de impacto se relaciona principalmente con la gestión del conocimiento como un recurso intangible, el cual contribuye no solo a generar ventajas comparativas o competitivas, sino también a promover ventajas competitivas, que impulsen la cocreación, la coinnovación, la inter y transdisciplinariedad, y el diálogo de saberes.

Es así como los ejercicios de autoevaluación y evaluación de la generación de conocimiento científico —ya sea de investigadores, grupos de investigación, instituciones o países— se convierten en prácticas orientadas no solo a generar rankings de categorización o establecer categorías como requisito para acceder a recursos de financiación, o para generar reconocimiento e incentivos sujetos a carreras docentes o de investigación, sino también en instrumentos que permiten construir una mirada reflexiva sobre la contribución a comunidades de práctica científica, líneas de investigación, áreas de conocimiento y fronteras de la ciencia.

Para el caso específico de AGROSAVIA, desarrollar su evaluación cienciométrica histórica en el marco de los 30 años de su creación permite generar un análisis de reflexión y divulgación sobre cómo ha evolucionado la generación de conocimiento científico, en función de métricas e indicadores tradicionales y alternativos. Además, se considera no solo la publicación científica per se, sino también los espacios de divulgación científica y la diversidad de lecturas de los indicadores desde estructuras de conocimiento como grupos de investigación, centros de investigación y redes de innovación, generando miradas holísticas al impacto científico.

Finalmente, la importancia de estas evaluaciones radica en que permiten contar con insumos que facilitan el análisis contributivo de la institución a la investigación sectorial en el mundo, la región y el país, así como el análisis comparativo con instituciones que desarrollan un rol homólogo.





Capítulo 4.

Productividad científica y tecnológica integrada en AGROSAVIA, 1993–2022

"La ciencia es la estética de la inteligencia"

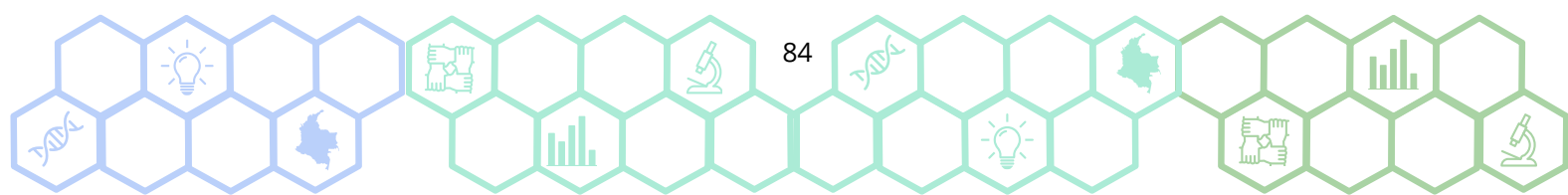
Leonardo Da Vinci

La productividad científica y tecnológica de AGROSAVIA constituye un reflejo del compromiso institucional con la investigación agropecuaria y la difusión del conocimiento en Colombia y América Latina. Durante las últimas tres décadas, la corporación ha consolidado un acervo de publicaciones que no solo fortalece su visibilidad, sino que también promueve el intercambio con redes académicas nacionales e internacionales. En este contexto, Google Académico (Google Scholar) se configura como una herramienta clave para el análisis de dicha producción, al tratarse de un motor de búsqueda especializado en contenido científico que indexa editoriales, bibliotecas, repositorios y bases de datos bibliográficas, permitiendo recuperar artículos, libros, comunicaciones en congresos, informes científico-técnicos y tesis.

El Capítulo 4 de este libro presenta un análisis integral de esta productividad, considerando tanto la información recuperada en Google Académico como en bases de datos internacionales, junto con aspectos relacionados con el licenciamiento, el acceso abierto, los indicadores cienciométricos y la participación en eventos científicos. Esta mirada amplia permite comprender cómo las prácticas editoriales, la colaboración institucional y el relacionamiento internacional inciden en la construcción de agendas de investigación pertinentes y en la capacidad de la institución para responder a los desafíos estratégicos del sector agropecuario.

4.1. Productividad agregada en Google Scholar

Desde su lanzamiento en 2004, Google Scholar se ha consolidado como el mayor indexador de información científica y académica a nivel mundial. Además, constituye la fuente de información más consultada, dado que ofrece una amplia diversidad de contenidos y no presenta las barreras de acceso y consulta propias de otras plataformas, como *Scopus* y *Web of Science* (WOS) (Martín-Martín et al., 2021; Thelwall & Kousha, 2015; Yang & Meho, 2006). Dentro de las fuentes de información que indexa GS se encuentran principalmente repositorios institucionales y revistas gestionadas con Open Journal Sistem - OJS. Con el tiempo, también ha suscrito acuerdos con editoriales e incorporado contenidos de patentes, lo que le permite recuperar información proveniente de libros, tesis, videos, infografías, patentes, cartillas, manuales, leyes, entre otros (Google, 2023).



No obstante, cantidad no es sinónimo de calidad, y la información indexada en GS presenta metadatos que conllevan retos y dificultades metodológicas para la elaboración de estudios cuantitativos. En consecuencia, este apartado analiza 573 registros de la producción científica, tecnológica y de innovación de AGROSAVIA indexada en Google Scholar entre 2012 y 2022, tras más de 35.000 consultas verificadas individualmente para garantizar la procedencia, calidad y conservación de los datos.

Metodología de medición

El estudio adoptó un enfoque observacional y se enmarcó dentro de un análisis cuantitativo. El objeto de estudio correspondió a las publicaciones indexadas en Google Scholar (GS), generadas por autores afiliados a AGROSAVIA y publicadas a través de editoriales externas. La recopilación de los datos se llevó a cabo mediante el software Harzing's *Publish or Perish* (PoP), versión 8.1.36.83.8011, reconocido por su capacidad para extraer y organizar indicadores bibliométricos a partir de múltiples bases de datos académicas. El periodo de búsqueda se extendió entre los meses de marzo y julio de 2021. Los resultados específicos del proceso de búsqueda y depuración se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Ficha técnica de parámetros de búsqueda en Google Scholar mediante Harzing's Publish or Perish (POP)



Fuente: Búsqueda

Opción: Google Scholar search /Keywords

Periodo de búsqueda: Marzo-julio de 2021

Ecuación de búsqueda:

AGROSAVIA OR "Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria" OR Corpoica OR "Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA" OR "Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA" OR "Colombian Corporation For Agricultural Research" OR "Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria AGROSAVIA" OR "Colombian Corporation Of Agricultural Research" OR "Centro de Investigación Caribia" OR "Centro de Investigación Carimagua" OR "Centro de Investigación El Mira" OR "Centro de Investigación El Nus" OR "Centro de Investigación La Libertad" OR "Centro de Investigación La Selva" OR "Centro de Investigación La Suiza" OR "Centro de Investigación Motilonia" OR "Centro de Investigación Nataima" OR "Centro de Investigación Obonuco" OR "Centro de Investigación Palmira" OR "Centro de Investigación Tibaitatá" OR "Centro de Investigación Turipaná" OR "Centro de Investigación Cimpa" OR "Ctr Invest Caribia" OR "Ctr Invest Carimagua" OR "Ctr Invest El Mira" OR "Ctr Invest El Nus" OR "Ctr Invest La Libertad" OR "Ctr Invest La Selva" OR "Ctr Invest La Suiza" OR "Ctr Invest Motilonia" OR "Ctr Invest Nataima" OR "Ctr Invest Obonuco" OR "Ctr Invest Palmira" OR "Ctr Invest Tibaitatá" OR "Ctr Invest Turipaná" OR "Ctr Invest Cimpa"

Criterios de inclusión:

Se consideraron publicaciones donde la filiación de autor era explícita o donde en su contenido fue posible determinar con claridad la vinculación con AGROSAVIA.

Criterios de exclusión:

No se consideraron los productos de desarrollo tecnológico dado que estas se abordan en el apartado 4.4.

Herramientas de análisis: Zotero (6.0.20); VOSViewer (1.6.19)

Fuente: Google académico usando Harzing's Publish or Perish (POP)

- Título
- Autor(es)
- Año
- Editorial
- Resumen
- Publicación
- Palabras claves
- Licencia Creative Commons
- Centro de investigación (AGROSAVIA)

Indicadores bibliométricos:

- | | |
|-----------------|------------|
| • Citations | • hc_index |
| • Years | • hl_index |
| • Cites_Year | • hl_norm |
| • Cites_Paper | • AWCR |
| • Cites_Author | • AW_index |
| • Papers_Author | • AWCRpA |
| • Authors_Paper | • e_index |
| • h_index | • hm_index |
| • g_index | |

Fuente: Elaboración propia

Tras una revisión minuciosa y de cada registro, se evidencia la urgente necesidad de contar, en Colombia y en América Latina, con sistemas propios, comprensivos y robustos de indexación y resumen que permitan el cosechamiento automatizado de datos científicos. Esta necesidad se fundamenta en la actual dependencia de plataformas hegemónicas como *Scopus* y *Web of Science* (WoS), las cuales, si bien tienen un alto reconocimiento internacional, no reflejan de manera integral la producción científica de la región latinoamericana (Vommaro & Rovelli, 2022).

Ante este panorama, cobran especial relevancia las iniciativas que operan bajo infraestructuras abiertas y estándares interoperables, tales como XML, XML-JATS u OpenAIRE 4.0. Plataformas como Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), AmeliCA (Infraestructura de Comunicación para la Publicación Académica y la Ciencia Abierta) y La Referencia (Red Federada de Repositorios Institucionales de Publicaciones Científicas) han consolidado ecosistemas regionales que permiten el aprovechamiento de los metadatos provenientes de cada uno de los nodos nacionales.

En el contexto colombiano, la Red Colombiana de Información Científica (RedCol) cumple esta función mediante la recolección de contenidos desde repositorios institucionales que cumplen con criterios técnicos de calidad en la estructuración de metadatos. Esta red representa un esfuerzo clave para fortalecer la soberanía científica y la visibilidad del conocimiento producido en el país.

Reflexiones y análisis

Tipos de publicaciones

En total, se registran 573 publicaciones indexadas, de las cuales el 77 % corresponde a artículos científicos. Además, el periodo con mayor número de publicaciones es el de 2020-2022 (58 %). En este sentido, es importante resaltar que, desde 2020, han aumentado las publicaciones de los investigadores en AGROSAVIA en formato preprint, respondiendo a las tendencias mundiales de la comunicación científica para acelerar la divulgación de resultados de investigación, como se evidenció durante la pandemia de la COVID-19 (Callaway & Powell, 2016; Fraser et al., 2021; Guterman & Braunstein, 2020) (ver figura 14).

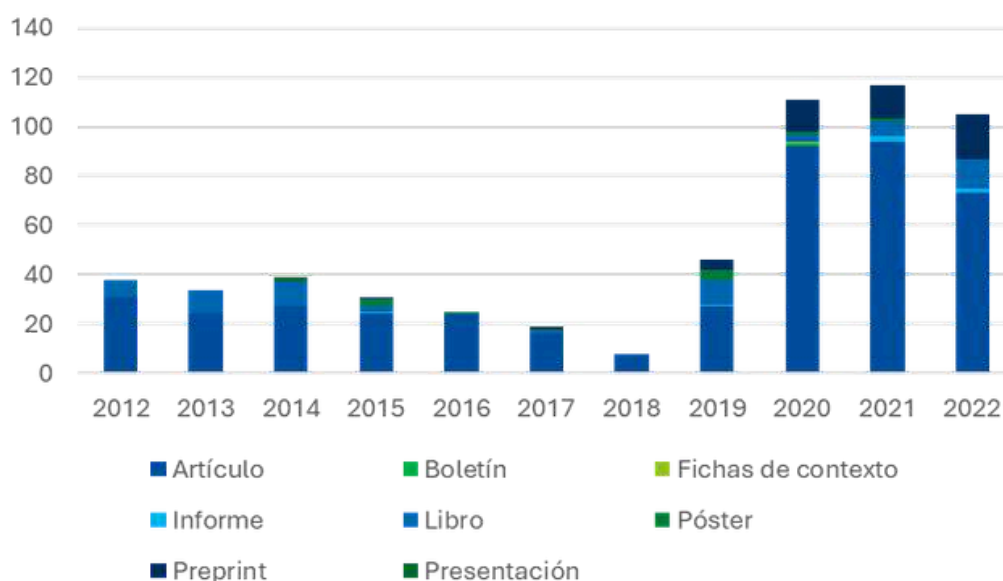


Figura 14. Publicaciones indexadas en Google Scholar por año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Scholar. Fecha de consulta marzo 2023. Software de análisis Microsoft Excel 365®

Acceso abierto (OA) de las publicaciones

Con la masificación de internet a principios de la década de 2000 se transformaron de manera significativa los procesos de publicación y acceso a los contenidos científicos y académicos. No obstante, este escenario también propició debates globales sobre la protección y gestión de los derechos de autor. Como respuesta a estas discusiones, en 2002 se lanzaron las licencias Creative Commons (CC), concebidas para ofrecer a los autores herramientas estandarizadas que les permitieran definir de forma clara los términos de uso, reproducción y distribución de sus obras, y para facilitar que los usuarios identificaran con precisión dichas condiciones.

Tabla 9. Sigla y significado de licencias Creative Commons de las publicaciones indexadas en Google Scholar

Sigla	Nombre completo	Significado
CC BY	Creative Commons Atribución	Cualquiera puede copiar, distribuir, remezclar, adaptar y crear a partir de la obra, incluso con fines comerciales, siempre que dé crédito al autor original.
CC BY NC	Creative Commons Atribución – No Comercial	Permite copiar, distribuir, remezclar y adaptar, pero no con fines comerciales. Debe darse crédito al autor.
CC BY NC ND	Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada	Se permite copiar y distribuir la obra tal cual, sin modificaciones y sin fines comerciales, siempre con atribución.
CC BY NC SA	Creative Commons Atribución – No Comercial – Compartir Igual	Se puede remezclar y adaptar sin fines comerciales, pero las obras derivadas deben publicarse con la misma licencia. Atribución obligatoria.
CC BY ND	Creative Commons Atribución – Sin Obra Derivada	Se puede distribuir la obra, incluso con fines comerciales, pero sin modificarla y dando crédito al autor.
CC BY SA	Creative Commons Atribución – Compartir Igual	Permite remezclar y adaptar, incluso con fines comerciales, pero las obras derivadas deben publicarse con la misma licencia. Atribución obligatoria.

Fuente: Elaboración propia

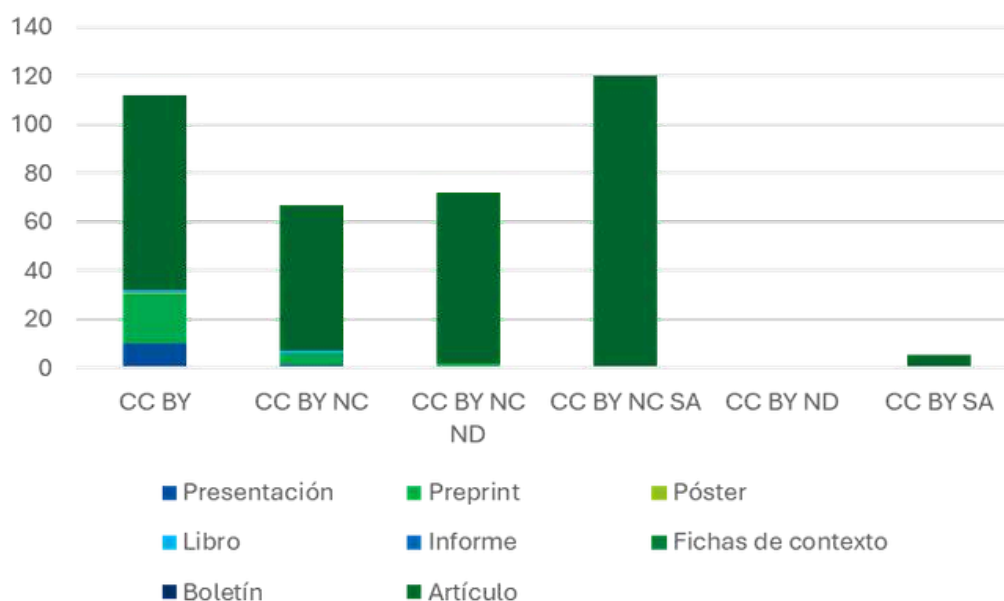


Figura 15. Licencias Creative Commons de las publicaciones indexadas en Google Scholar

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Google Scholar. Fecha de consulta marzo 2023. Software de análisis Microsoft Excel 365®

En el caso analizado, se observa que la mayoría de las publicaciones (27,7 %) utilizan la licencia CC BY (Atribución), la cual promueve la máxima difusión y reutilización del contenido siempre que se reconozca la autoría (Apfelbaum & Stadler, 2021; Robinson, 2021). Sin embargo, un 25 % (143 publicaciones) carece de licencias explícitas, lo que puede limitar su circulación, reutilización y potencial impacto, al generar incertidumbre jurídica sobre su uso.

No obstante, en las publicaciones científicas, además del licenciamiento de Creative Commons (CC), el acceso abierto (Open Access, OA) es un factor determinante para establecer las condiciones de acceso al conocimiento. Bajo el modelo de publicación de Latinoamérica y el Caribe, se ha priorizado el acceso sin barreras para publicar o consultar información (Aguado-López et al., 2019).

En este sentido, se han definido diversas modalidades de acceso abierto:

- **Diamante:** revistas sin cobro para publicar y/o acceder a sus contenidos.
- **Verde:** revistas con o sin cobro para publicar, que permiten el depósito de una versión del artículo en un repositorio de acceso abierto.
- **Dorado:** revistas con cobro por publicar, denominado *Article Processing Charges* (APC).
- **Híbrida:** revistas en las que el costo por publicar (APC) es cubierto por el autor, mientras que el acceso a los contenidos requiere pago por parte del usuario o mediante bases de datos especializadas.
- **Bronce:** artículos de libre lectura directamente en las páginas de los editores.

En paralelo, las editoriales han incorporado la asignación de cuartiles (Q1, Q2, Q3 y Q4) mediante el factor de impacto para determinar la “calidad” de las revistas. Este sistema, sin embargo, ha favorecido la mercantilización del conocimiento, imponiendo cobros elevados en las publicaciones bajo las vías dorada e híbrida, lo que ha permeado los sistemas de evaluación, escalafón y reconocimiento en países como Colombia (Corchuelo-Rodríguez, 2022).

En este contexto, en las publicaciones de AGROSAVIA indexadas se observa que la vía de acceso abierto prioritaria es la modalidad diamante (83 %). No obstante, 77 artículos fueron publicados en revistas de las vías dorada o híbrida, donde se exige el pago de APC. Para AGROSAVIA, el costo promedio por publicación en estas modalidades fue de USD 3.054,50, con un gasto total estimado de USD 77.361,58. Estos costos fueron cubiertos con recursos provenientes de proyectos de investigación corporativos, financiadores y autores, entre otros (Angell, 1986; Vélez Cuartas et al., 2019).

El cálculo se realizó teniendo en cuenta el valor promedio del dólar según la Tasa Representativa del Mercado (TRM) del Banco de la República de Colombia entre 2013 y 2022

Para estimar el costo del pago de APC se tomó la información reportada por la revista, en su página web o en [DOAJ](#). Para cobros en otras monedas se realizó la conversión al dólar y se calculó con el valor promedio.

Tabla 10. Top 10 de las revistas con mayor costo de APC* de las publicaciones indexadas en Google Scholar

Revista	ISSN	APC **(pesos colombianos)
Trends in Food Science & Technology	0924-2244	\$ 15.027.905,72
Current Protocols	2691-1299	\$ 14.936.272,14
Journal of Animal Science	1525-3163	\$ 12.217.809,52
Industrial Biotechnology	1550-9087	\$ 10.996.028,57
Phytopathology*	0031-949X	\$ 9.621.525,00
Annals of Botany	0305-7364	\$ 9.239.932,26
Frontiers in Plant Science	1664-462X	\$ 9.010.634,52
Frontiers in Microbiology	1664-302X	\$ 9.010.634,52
Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene	0035-9203	\$ 8.548.068,26
Molecules	1420-3049	\$ 7.455.887,72

Fuente: Elaboración propia

* Lista completa de publicaciones con costo de APC en el Anexo 2

** El cálculo se realizó teniendo en cuenta el valor promedio del dólar (\$ 3,054,5) según la Tasa Representativa del Mercado (TRM) del Banco de la República de Colombia entre 2013-2022

Revistas predatoras. En el marco del modelo de publicación mediante pago de APC, han surgido revistas con procesos editoriales no fiables que priorizan el pago, ofreciendo la promesa de publicar con rapidez los artículos. Este tipo de publicaciones, conocidas como *revistas predatoras*, ha puesto en evidencia la necesidad de reflexionar sobre el papel de los sistemas de medición y sobre la implementación de nuevas métricas responsables para evaluar, de manera holística, los procesos de la ciencia más allá de la mera publicación indexada (Angell, 1986; Björk & Catani, 2016; Machovec, 2020).

En este sentido, iniciativas como la de Jeffrey Beall, orientadas a documentar editoriales o revistas que no realizan procesos de revisión por pares ni evaluación editorial rigurosa, han contribuido a identificar este tipo de prácticas. Como resultado, al analizar las 82 revistas en las que se realizaron publicaciones de AGROSAVIA, se identificaron dos artículos publicados en la revista *Genetics and Molecular Research*, la cual está incluida en la lista negra de Beall's (Beallist, 2018).

Listas, directorios y sistemas de indexación y resumen (SIREs). El ecosistema de publicaciones científicas exige el cumplimiento de condiciones editoriales y técnicas establecidas por plataformas como Open Journal Systems (OJS) para la inclusión de revistas en listas, directorios, sistemas de indexación y resumen (SIREs) o indexadores, entre otros. Asimismo, existen sistemas de evaluación que definen estándares de calidad para el reconocimiento de revistas, como *Redalyc* y el *Directory of Open Access Journals* (DOAJ).

En este contexto, fuentes de consulta como MIAR han consolidado una base de datos para la identificación y caracterización de publicaciones periódicas, considerando aspectos de indexación, evaluación y métricas. El uso de esta herramienta permitió detallar el impacto de las revistas en las que publican los autores de AGROSAVIA.

En cuanto a la distribución geográfica, la mayor concentración de publicaciones corresponde a revistas editadas en Colombia (30,9 %). El mapa de la figura 16 ilustra el número de publicaciones por país indexadas en Google Scholar.

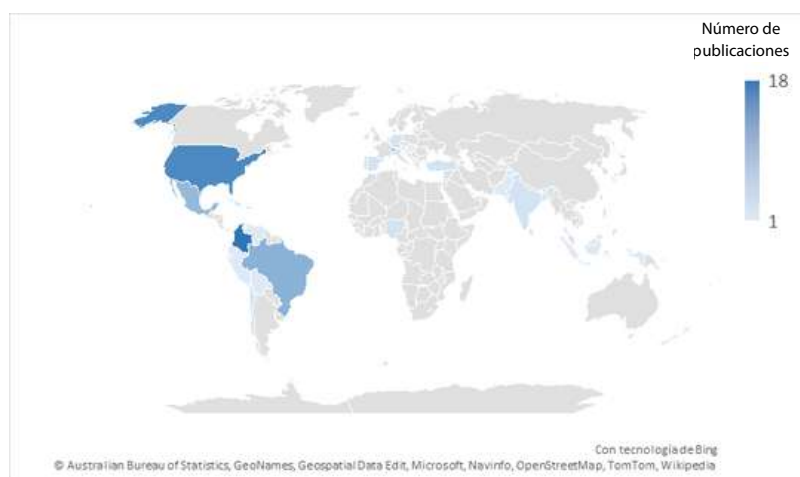


Figura 16. Publicaciones en revistas según país de publicación indexadas en Google Scholar

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Google Scholar. Fecha de consulta marzo 2023. Software de análisis Microsoft Excel 365°.

Respecto a los sistemas de indexación y evaluación, la mayoría se encuentra en DOAJ (50 %) y CAB Abstracts (5,6 %). Además, destaca la participación en sistemas de evaluación regional como Redalyc (29 revistas) y AmeliCA (tres revistas). Finalmente, por áreas de conocimiento, la mayor proporción corresponde a revistas especializadas en agronomía (26 %). La tabla 11 ilustra las diez principales fuentes, sistemas, áreas de trabajo e instituciones de las publicaciones indexadas.

Tabla 11. Principales fuentes, sistemas, áreas e instituciones de las publicaciones indexadas en Google Scholar (Top 10 por categoría)

Categoría	Ranking	Fuente	Número de Documentos
Recursos más relevantes de las publicaciones indexadas en Google Scholar	1	BioRxiv	25
	2	Ciencia y Agricultura	22
	3	Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas	16
	4	Insecta Mundi	13
	5	Avances en Investigación Agropecuaria	12
	6	Pastos y Forrajes	12
	7	Research Square	11
	8	Agronomía Colombiana	8
	9	Agronomía Costarricense	8
	10	Archivos Latinoamericanos de Producción Animal	8
Sistemas de indexación de las publicaciones indexadas en Google Scholar	1	DOAJ	90
	2	CAB Abstracts	83
	3	Veterinary Science Database	62
	4	DIALNET	57
	5	Scopus	57
	6	Academic Search Premier	43
	7	Fuente Académica Plus	42
	8	Agricultural & Environmental...	27
	9	BIOSIS	23
	10	Science Citation Index Expanded	20
Áreas de conocimiento de las revistas indexadas en Google Scholar	1	Agronomía	48
	2	Biología	37
	3	Agricultura	17
	4	Ciencias Naturales	17
	5	Veterinaria	9
	6	Química	8
	7	Ciencias Médicas y de la Salud	8
	8	Humanidades y Ciencias Sociales en Agricultura	7
	9	Experimentales y Tecnología en Agricultura	7
Instituciones editoras de las publicaciones indexadas en Google Scholar	1	Universidad de Costa Rica	21
	2	Universidad Nacional de Colombia	16
	3	Florida Entomological Society	10
	4	SAGE Publications	8
	5	The American Phytopathological Society	8
	6	Wiley	8
	7	Universidade Estadual de Maringá (Eduem)	8
	8	Universidad de Pamplona	8
	9	Rockefeller University Press	8
	10	Instituto Nacional de Investigaciones...	8
	11	Universidad de Córdoba	8
	12	Universidad Autónoma Chapingo	8

Fuente: Elaboración propia

Publicaciones por Centros de Investigación de AGROSAVIA. Los centros de investigación muestran un comportamiento diverso en cuanto a sus publicaciones. Por ejemplo, los artículos constituyen el principal tipo de producción en todos ellos. La mayor cantidad de libros publicados corresponde a los centros de investigación La Selva y Tibaitatá, mientras que el año con menor producción fue 2018.

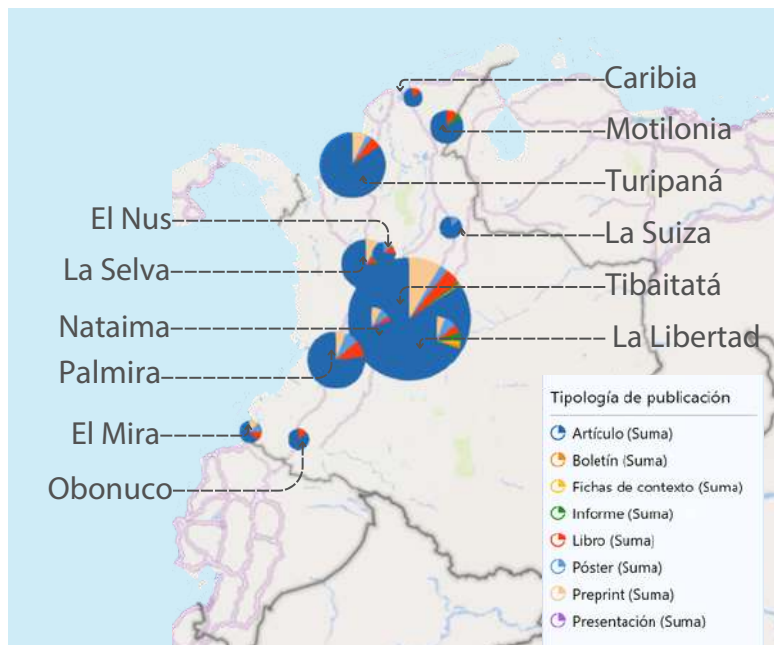


Figura 17. Publicaciones por centro de investigación indexadas en Google Scholar

Fuente: Elaboración propia

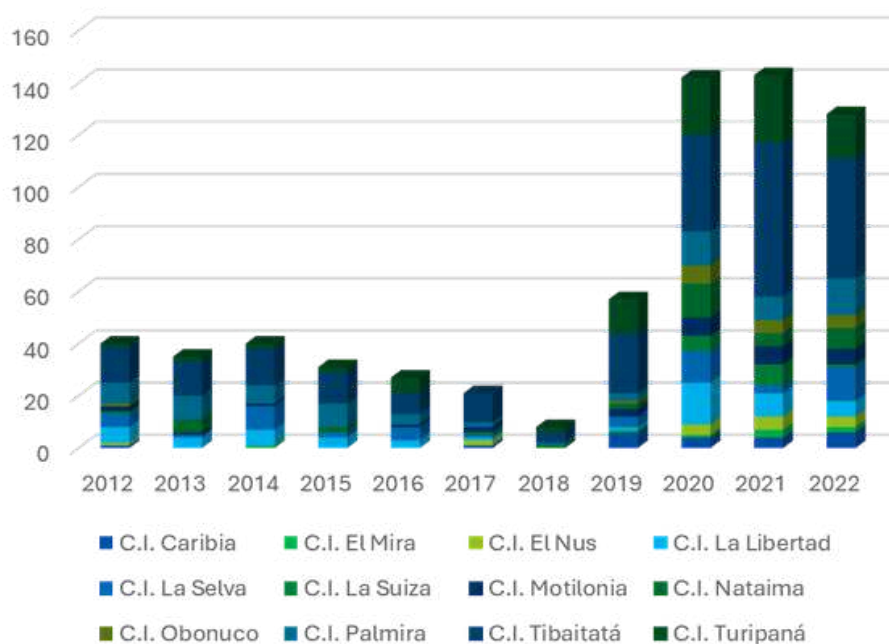


Figura 18. Publicaciones por Centro de Investigación, por año, indexadas en Google Scholar

Fuente: Elaboración propia

Indicadores bibliométricos

Los indicadores bibliométricos constituyen una herramienta fundamental para evaluar el impacto de la producción científica en la comunidad académica. Estos se basan en indicadores cuantitativos y cualitativos que permiten caracterizar temas, áreas de conocimiento, patrones y tendencias, entre otros. No obstante, aunque la bibliometría tiene un papel importante, es necesario resaltar que constituye solo uno de los elementos a considerar en la medición y el impacto de la ciencia, ya que esta debe contar con un conjunto amplio de indicadores que evalúen de forma responsable y coherente los resultados de las investigaciones en la sociedad (Glänzel & Moed, 2002; Wilsdon, 2017).

En el caso de las publicaciones de AGROSAVIA, se registran en total 2.005 citas correspondientes a todas las publicaciones indexadas en Google Scholar, con un promedio anual de 182,2. Sin embargo, al analizar el comportamiento de las citas por tipología, los informes se ubican en primer lugar, con un promedio de 29,5 citas por unidad. El promedio general de citas por año de la producción es de 15,55, y el documento con el mayor número de citaciones corresponde a un informe de 2015, que registra 177 citas como se muestra en la figura 19.

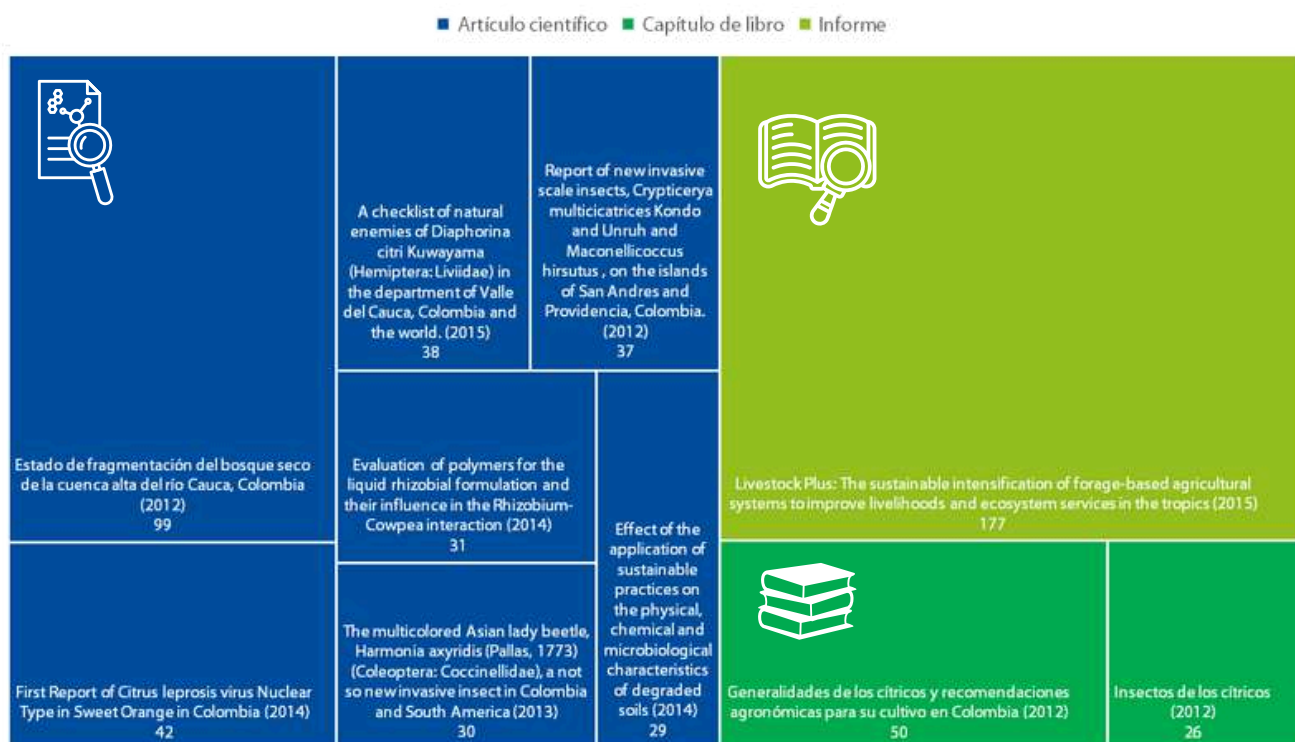


Figura 19. Top 10 de las publicaciones indexadas en Google Scholar más citadas

Fuente: Elaboración propia

En los últimos años, el indicador bibliométrico más utilizado para evaluar el impacto científico ha sido el índice h, por su facilidad de aplicación en publicaciones, investigadores e instituciones. No obstante, este presenta dificultades, ya que no tiene en cuenta la calidad de las fuentes y prioriza la cantidad sobre la calidad, entre otros aspectos. En este contexto, se han creado nuevos indicadores que buscan corregir y mejorar las falencias del índice h (Egghe, 2006; Perc, 2010).

El cálculo de los indicadores antes mencionados permite identificar el impacto promedio de las publicaciones indexadas. Considerando las publicaciones indexadas en Google Scholar con más citaciones, se cuenta con los índices promedio indicados en la figura 20.



Figura 20. Indicadores bibliométricos de las publicaciones indexadas en Google Scholar más citadas

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Continuidad en publicaciones indexadas en Google Scholar por autor. Top 9. Periodo 2012-2022

Fuente: Elaboración propia con datos rescatados desde Bibliometrix

El análisis textual de las publicaciones permite identificar el término “Colombia” como el más recurrente entre las palabras clave. Asimismo, las palabras más utilizadas en los resúmenes son “especies”, “producción” y “Colombia”. Finalmente, al examinar la frecuencia temporal de los términos, se observa que desde 2019 ha habido un crecimiento exponencial en el uso de la palabra “Colombia” en los títulos de las publicaciones de los autores.

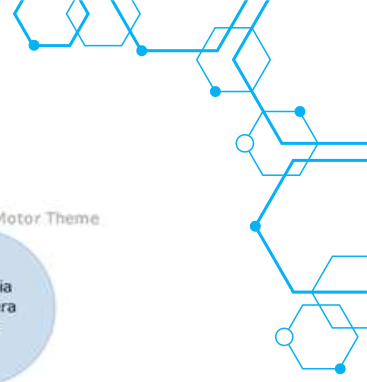


Figura 22. Nube de palabras claves con mayor coocurrencia en las publicaciones indexadas en Google Scholar

Fuente: Elaboración propia usando Bibliometrics

Los conceptos y temáticas identificadas en esta fase del análisis se correlacionan entre sí y se caracterizan según su contenido y relevancia según los criterios a continuación y se pueden visualizar en la figura 23.

- **Tópicos Motor:** cuadrante superior derecho, caracterizados alta importancia (centralidad) y alto desarrollo (densidad). Se identifican 4 grupos relacionados con tópicos como cítricos, coleóptera, tuberosum y plantas.
- **Tópicos Base o transversales:** cuadrante inferior derecho, caracterizados por tener importancia media y alto desarrollo. Se identifican 2 grupos, uno con drying y un segundo con crop, fruit y system.
- **Tópicos emergentes o decadentes:** cuadrante inferior izquierdo con importancia y desarrollo bajo. En estos se encuentran los tópicos Corpoica y SPP.
- **Tópicos altamente desarrollados:** cuadrante superior izquierdo tienen alto desarrollo pero una importancia global baja. Se identifican tópicos diversidad, forrajera y ganadera zonas.



Fuente: elaboración propia usando Bibliometrics.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia mediante el software VOSViewer

Datos curiosos sobre la producción científica indexada en Google Scholar

Además de los indicadores de citación y visibilidad, el análisis de la producción indexada en Google Scholar permite identificar características complementarias relacionadas con la autoría, los medios de publicación y la extensión de los documentos. Estos datos aportan una visión más integral sobre las dinámicas de colaboración, la diversidad de canales de difusión y las particularidades editoriales de los diferentes tipos de publicaciones.



Figura 25. Datos curiosos sobre la producción indexada en Google Scholar

Fuente: Elaboración propia

4.2 Productividad indexada en Scopus, Web of Science y SciELO

El análisis de la productividad científica de la Corporación comprende la recuperación de las publicaciones en los sistemas de indexación de revistas de Elsevier (Scopus), Clarivate Analytics (Web of Science) y SciELO (SciELO Citation Index®). En esta sección se presenta el análisis detallado de la productividad de AGROSAVIA en el periodo 1993-2022.

Dinámica de publicaciones durante el periodo 1993-2022

AGROSAVIA fue creada en el año 1993; sin embargo, la primera publicación indexada registrada se dio en el año 1995 y, a partir de esa fecha hasta diciembre de 2022, se registra un total de 1.876 publicaciones en todos sus centros de investigación. En la figura 28 se presenta la dinámica de publicaciones por año, la acumulada y la estimación de la tasa de crecimiento de la productividad científica, así como los periodos de duplicación de la ciencia.

Durante el periodo analizado se identificaron un total de 5.386 autores diferentes, que publicaron en 584 revistas, con un promedio de citas por artículo de 8,2; el 38,7 % (726) de las publicaciones tiene participación de autores internacionales y el 75,7 % (1.421) tiene participación de autores externos a la Corporación.

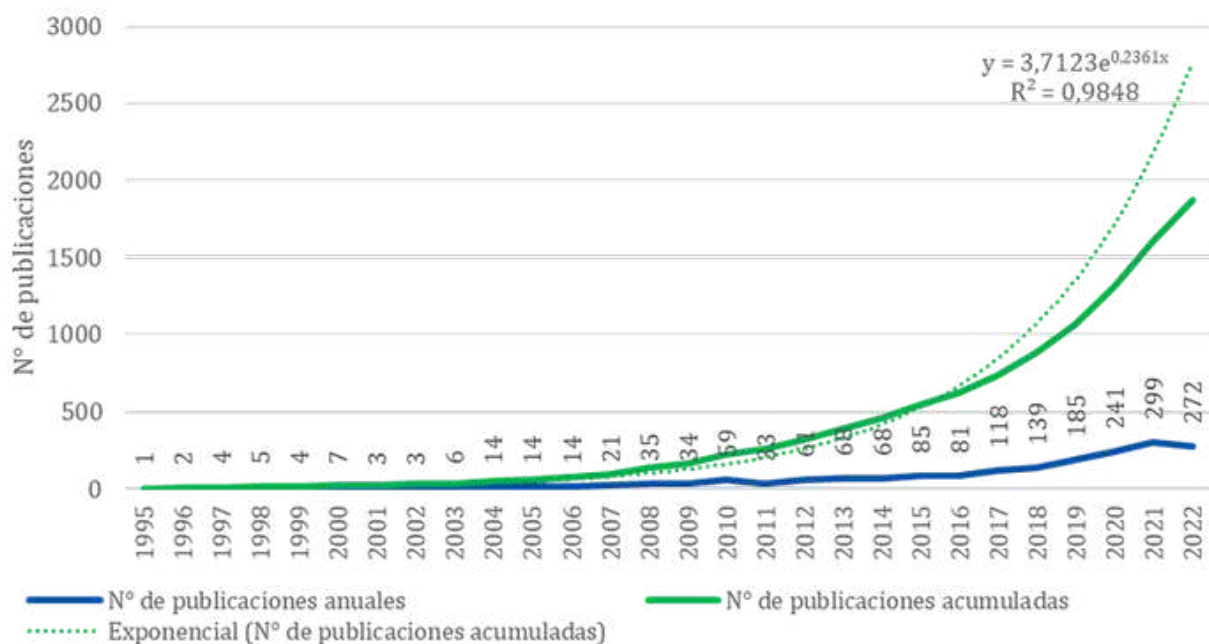


Figura 26. Dinámica de publicaciones de AGROSAVIA por año, 1995-2022

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: enero 2024; software de análisis: Microsoft Excel 365®

La Corporación registra un incremento sostenido de sus publicaciones hasta el año 2021, llegando a 299 registros indexados, con una tasa de crecimiento anual del 26,63 % y un periodo anualizado de duplicación de 2,94. Durante el periodo 2018-2022 se registra una tasa anual de crecimiento del 19 %, siendo el periodo 2019-2020 el de mayor tasa, con el 33 %; sin embargo, para el periodo 2021-2022 se registra una disminución del 9 %, justificada principalmente por el pico presentado en 2021, después del periodo de la pandemia por COVID-19.

En la figura 27 se observa la distribución por tipología de las publicaciones en el periodo de análisis, en donde el 90 % corresponde a artículos científicos, el 3 % a review, el 2 % a memorias de conferencia y el 2 % a abstracts.



Figura 27. Publicaciones de AGROSAVIA 1993-2022 por tipología

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta enero 2024; software de análisis: Microsoft Excel 365®

Dinámica de citaciones

La figura muestra las citaciones acumuladas a febrero de 2023, siendo las publicaciones del año 2019 las que más citaciones reportan, con 1.819, seguidas de las de 2015 con 1.745 (figura 28). Las publicaciones con más citaciones a la fecha del análisis son "*Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range*", del año 2015, con 757 citaciones; seguida de "*Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage*", de 2019, con 356; y "*Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition*", de 2018, con 334.

Por otro lado, durante los últimos 30 años, la producción científica ha experimentado un impulso significativo, con un promedio de citación por documento de 8,255, motivado por diversos factores, entre los cuales se destaca el creciente interés en temas relacionados con la agricultura y su alineación con los ODS.

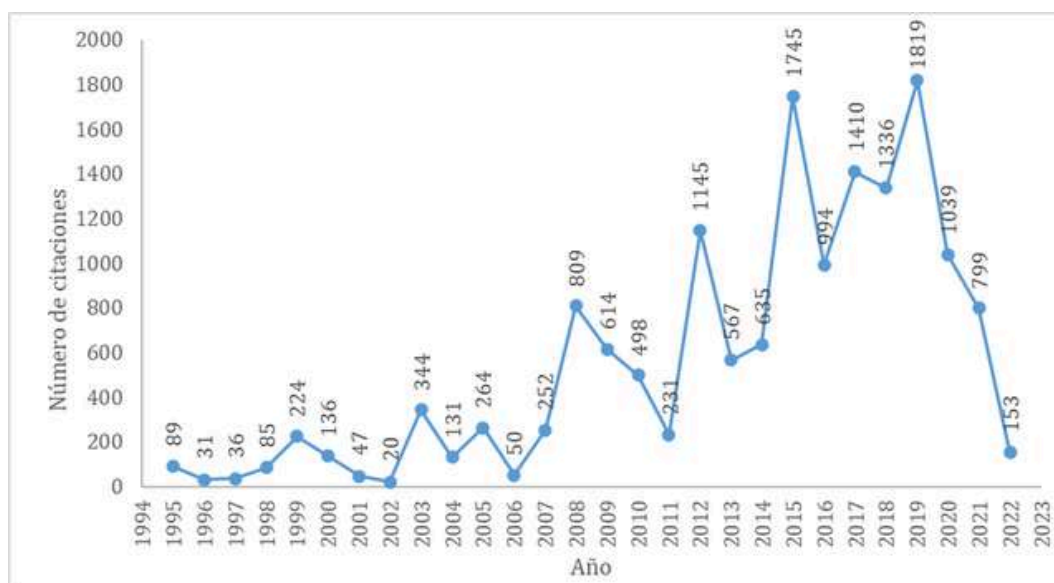


Figura 28. Citaciones por año de publicación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365

Principales fuentes de difusión de conocimiento

Con el propósito de identificar las principales fuentes bibliográficas donde la Corporación ha realizado sus publicaciones, se llevó a cabo un análisis de las revistas de difusión más utilizadas por los investigadores. En la figura 29 se presenta el ranking de las revistas principales, según el número de documentos publicados, considerando únicamente aquellas con al menos 10 publicaciones.

Este análisis revela que las revistas más recurrentes en las publicaciones de la Corporación están relacionadas con el campo de la Agronomía. En primer lugar, destaca la revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria, la cual es editada y financiada por AGROSAVIA desde 1996. Esta revista participa regularmente en procesos de indexación en bases de importancia mundial, encontrándose actualmente en el cuartil Q3 de Scopus y en el Emerging Science Citation Index (ESCI) de Web of Science (WoS). Además, cabe destacar que la revista no aplica ningún cargo por la postulación, evaluación, corrección de estilo, traducción, diagramación o publicación de los artículos sometidos, lo que posiblemente explique por qué es la preferida por los investigadores para la difusión de sus conocimientos. El alcance temático de esta revista abarca una amplia variedad de temas, como alimentación y nutrición animal, ciencias forestales, economía y desarrollo rural, fisiología animal y vegetal, genética y biodiversidad, manejo de sistemas productivos, recursos biofísicos, sanidad vegetal y protección de cultivos, agricultura de precisión, poscosecha y agroindustria, así como cambio climático y sostenibilidad ambiental.

En segundo lugar, se encuentra la revista *Agronomía Mesoamericana*, una publicación continua con ediciones en enero, mayo y septiembre, editada por la Universidad de Costa Rica. Esta revista publica artículos que abordan temas relacionados con la ciencia e ingeniería de alimentos, la producción agroindustrial primaria, así como las ciencias agrícolas y veterinarias. Al igual que la revista anteriormente mencionada, *Agronomía Mesoamericana* no cobra tarifas por envío, edición o publicación de los artículos.

A continuación, se encuentra la revista *Agronomía Colombiana*, editada por la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia. Esta publicación se dedica a la difusión de artículos de investigación originales, reseñas y notas breves que abordan temas diversos en el campo de la agronomía. Entre los temas tratados se incluyen la producción y fisiología de cultivos, enfermedades y protección de cultivos, ciencia del suelo, tecnología agrícola, agroclimatología, economía agrícola y otras áreas relacionadas. *Agronomía Colombiana* es una revista de periodicidad trianual que ofrece acceso abierto inmediato a todo su contenido, permitiendo así que la investigación esté disponible de manera gratuita para el público en general. Esta política de acceso abierto contribuye al intercambio global de conocimientos. Además, al igual que las revistas mencionadas anteriormente, no cobra tarifas por el envío o la publicación de los artículos.

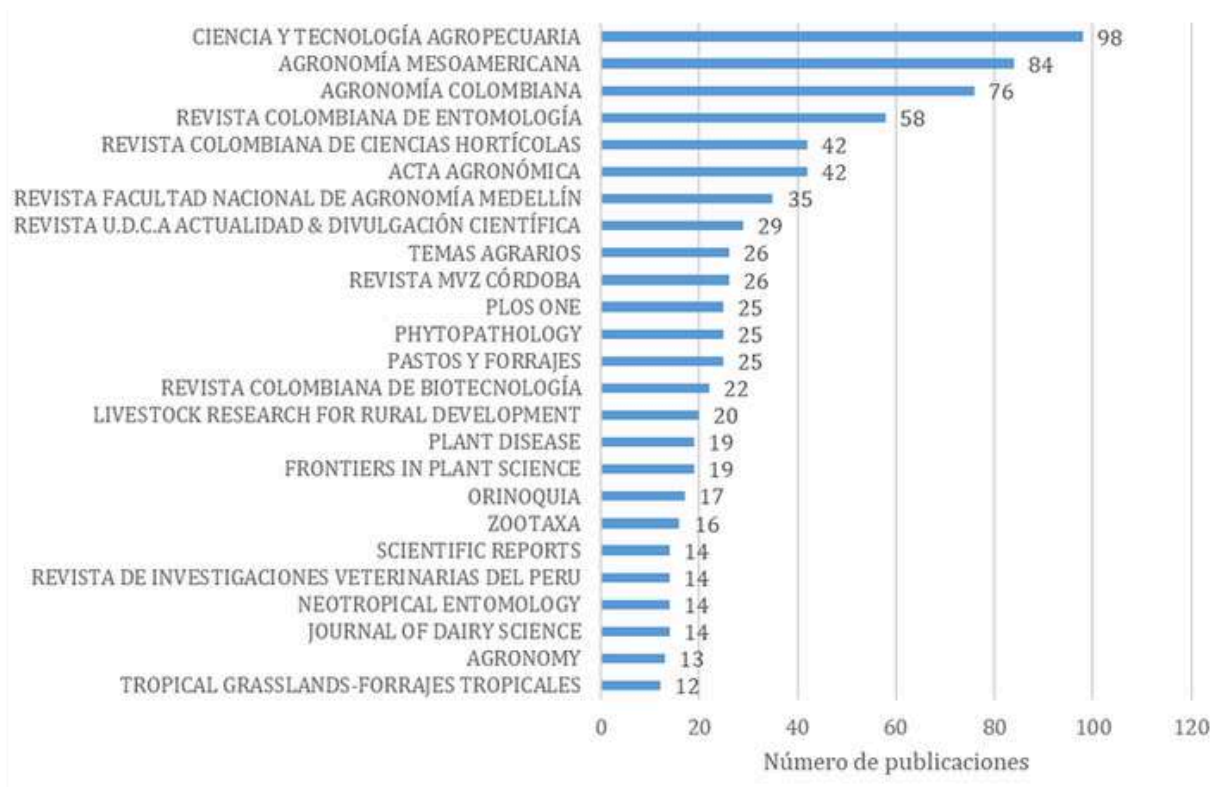


Figura 29. Principales revistas en las que se publican investigaciones de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: enero 2024; software de análisis: Microsoft Excel 365®

Principales fuentes de consulta de conocimiento

En la figura 30 se presentan las principales revistas citadas por las publicaciones de AGROSAVIA, siendo PLOS ONE la que más citas recibe, con 370, seguida de Nature con 324 y Phytopathology con 250. No se identifican citaciones de revistas regionales. Sin embargo, esto se da por la calidad de la indexación de las citas en las plataformas latinoamericanas, lo cual hace difícil el rastreo de esta información.

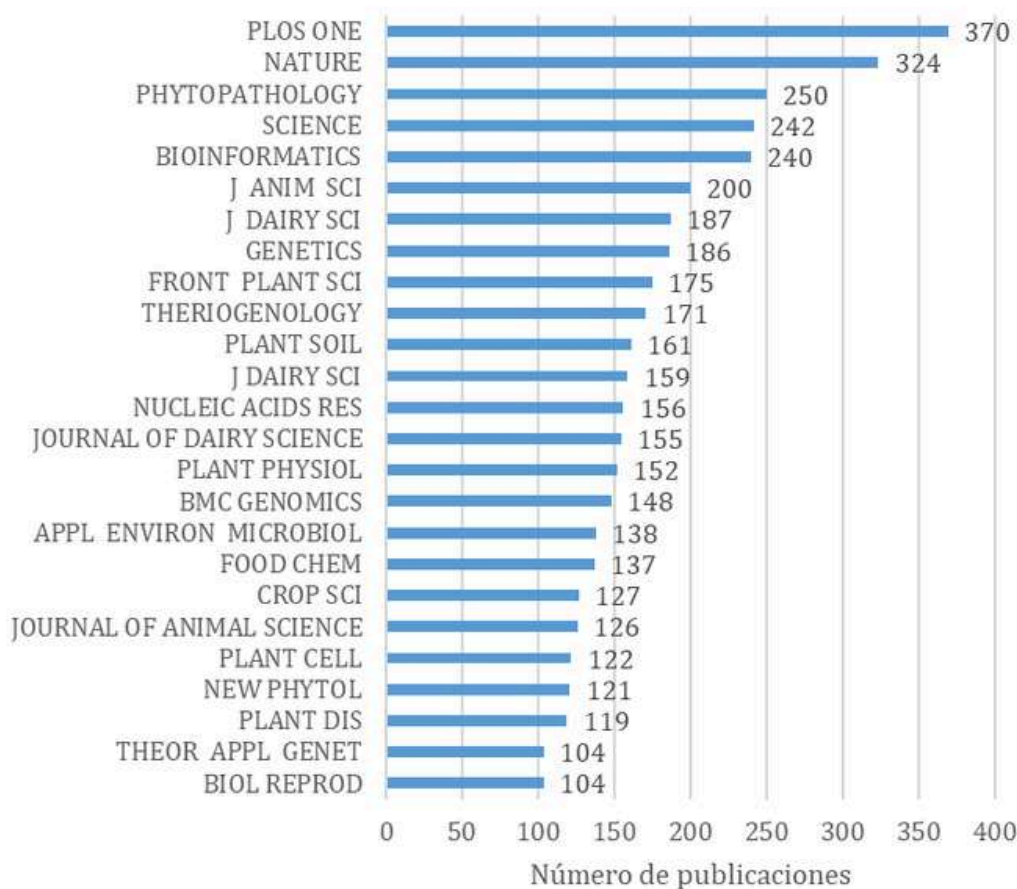


Figura 30. Principales revistas citadas en las publicaciones de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science y SciELO; fecha de consulta: enero de 2024; software de análisis: Bibliometrix

Principales autores corporativos

La *Ley de Lotka*, también conocida como *Ley de Potencia de Lotka*, es un principio en el campo de la bibliometría y la cienciometría que describe la distribución de la productividad de los autores científicos. Según esta ley, la productividad de los autores sigue una distribución de potencia inversa. Esto significa que hay pocos autores muy productivos que generan una gran cantidad de trabajos científicos, mientras que la mayoría de los autores son poco productivos, generando solo uno o unos pocos trabajos.

En este sentido, en la Corporación se identifican 932 investigadores con actividad productiva científica. Sin embargo, la figura 31 muestra los autores con al menos 30 publicaciones acumuladas en la ventana de tiempo, lo que muestra que, en la Corporación, menos del 5 % de los investigadores tienen un alto nivel de productividad, y la mayoría de los investigadores pertenecen al grupo de productividad moderada.

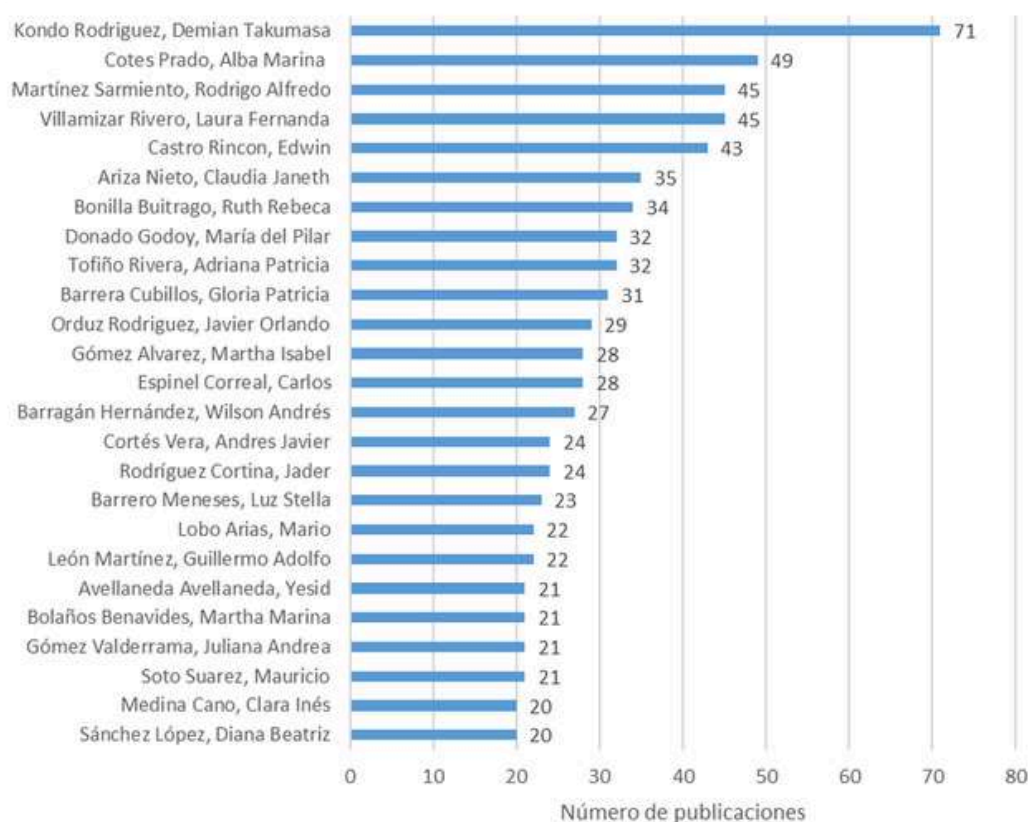


Figura 31. Principales autores corporativos

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science y SciELO; fecha de consulta: enero de 2024; software de análisis: Bibliometrix.

Según se observa, el ingeniero agrónomo Demian Takumasa Kondo Rodríguez destaca como el investigador con la mayor cantidad de publicaciones. Su trabajo se centra en el manejo integrado de plagas de frutales tropicales, con especialización en la taxonomía de los insectos escama. Además, desempeña roles destacados como editor en jefe de la *Revista Colombiana de Entomología* (desde 2021) y de la revista corporativa *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2016–octubre de 2021). Kondo también es editor temático de varias revistas científicas de renombre, como *Neotropical Entomology* (desde 2007), *Revista Brasileira de Entomologia* (desde 2018), *Journal of Insect Science* (2010–2019), *ZooKeys* (desde 2021) y *Phytoparasitica* (desde 2022). Además, forma parte del Comité Editorial de publicaciones como *Entomologia Experimentalis et Applicata* (desde 2020), *Fronteras de la Ciencia* (desde 2018) e *International Journal of Insect Science* (2008–2019).

Es miembro de sociedades científicas destacadas, incluyendo la Entomological Society of America, la Sociedad Colombiana de Entomología y la International Organization for Biological Control (IOBC), Sección Regional Neotropical (NTRS). Con una producción académica significativa, ha contribuido con más de 195 artículos científicos en revistas indexadas, libros, capítulos de libros y otras publicaciones, de los cuales 71 documentos tienen afiliación a la Corporación. Su obra más reciente, Encyclopedia of Scale Insect Pests [Enciclopedia de Insectos Escama Plaga], publicada por CABI con el apoyo inicial de la Editorial AGROSAVIA, ofrece información exhaustiva sobre 230 especies de insectos escama plaga pertenecientes a 26 familias en todo el mundo.

Principales países con los que se relaciona AGROSAVIA en publicaciones

La figura 32 muestra los países con los que se tienen coautorías en las publicaciones, donde se identifica que Estados Unidos, con 234 publicaciones, es el país con mayor presencia, seguido de Brasil con 147 y España con 66.

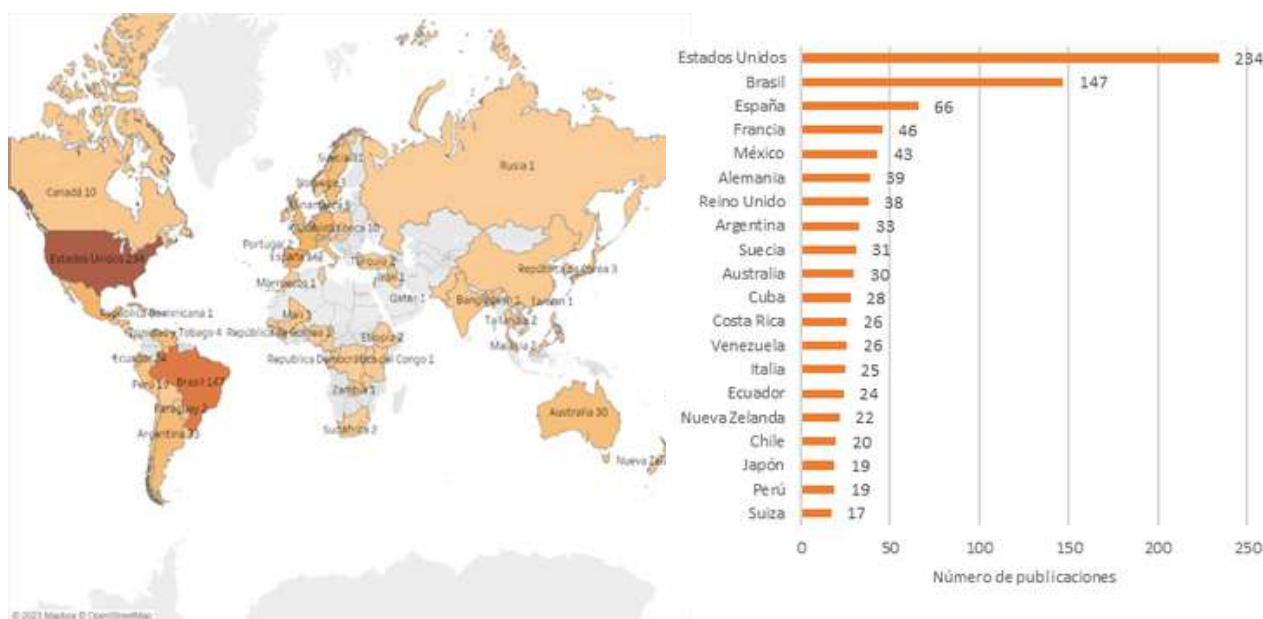


Figura 32. Principales países en coautoría con AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: enero de 2024; software de análisis: Microsoft Excel 365®

En la figura 33 se muestra la visualización mediante una red de coautorías entre países. Cada círculo representa un país y su tamaño refleja la cantidad de documentos publicados con colaboración extranjera en los sistemas de indexación de revistas de Elsevier (Scopus), Clarivate Analytics (Web of Science) y SciELO (SciELO Citation Index). La cercanía o lejanía entre países refleja la fuerza de coautoría que ejerce cada uno; es decir, cuanto más cerca se encuentra un país de otro, mayor será la fuerza de coautoría entre ellos. Mientras que, si los países se ubican lejos entre sí, menor será la relación de coautoría. Los colores indican clústeres de países que están relativamente relacionados entre sí.

Estados Unidos es el país con más documentos en coautoría internacional, con 233 documentos, y colaboró con 39 países diferentes. Le sigue Brasil, con 145 documentos y 29 colaboraciones. Por otra parte, España (65 documentos y 23 colaboraciones), Francia (45 documentos y 26 colaboraciones) y México (42 documentos y 23 colaboraciones) son los países más productivos con los cuales trabajan los investigadores de la Corporación.

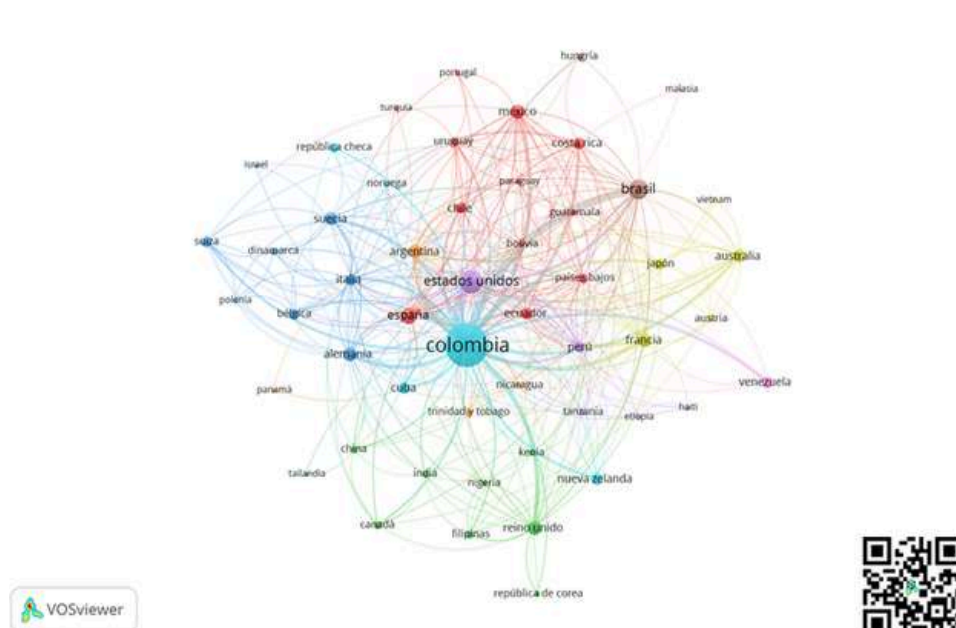


Figura 33. Red de colaboración entre países

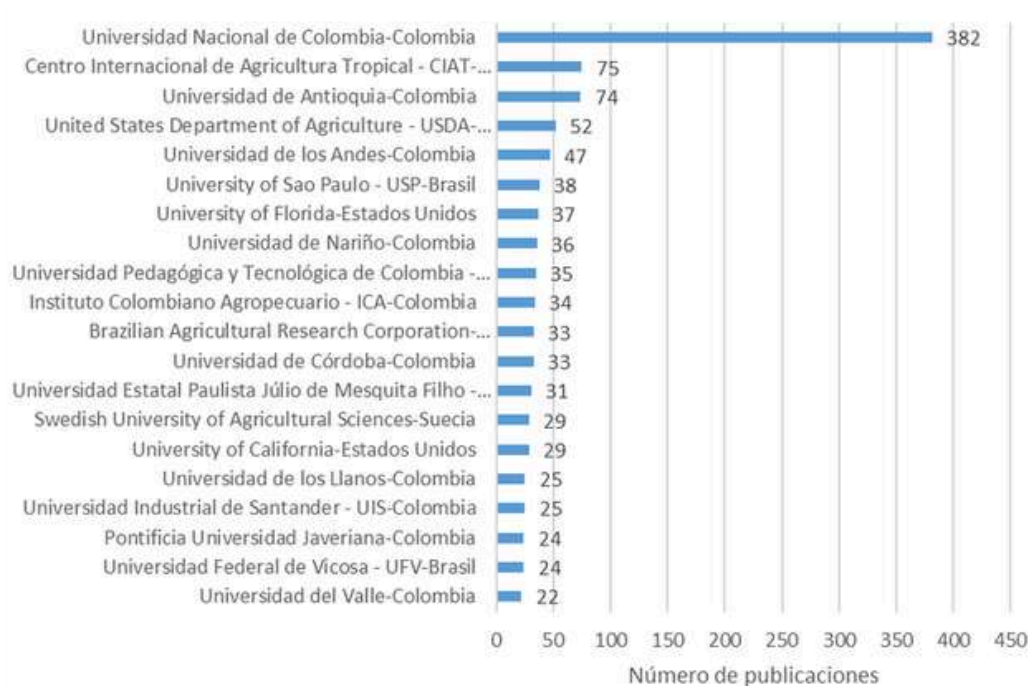
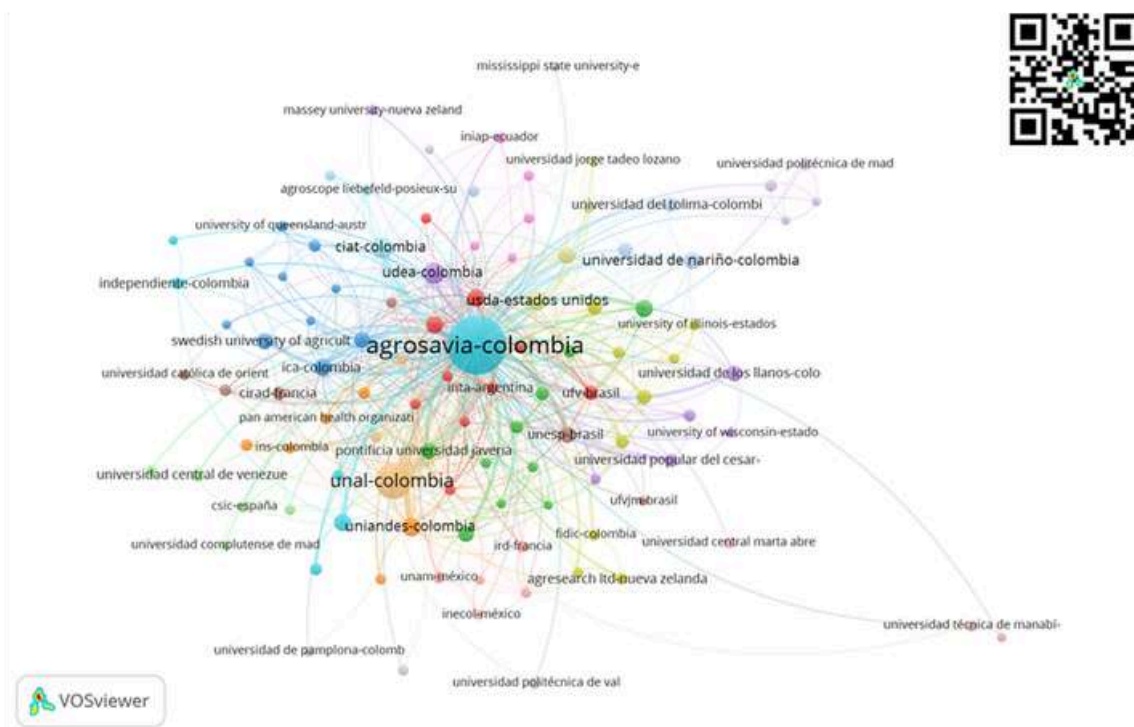
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: enero de 2024; software de análisis VOSviewer v 1.6.19

Principales instituciones aliadas

En la figura 34 se presenta el listado de las instituciones con las que los investigadores de la Corporación han colaborado a lo largo del tiempo. La Universidad Nacional de Colombia es la institución con mayor presencia con 382 artículos publicados en colaboración con la Corporación, seguido del CIAT con 75, Universidad de Antioquia con 74 y USDA con 52.

En la figura 35 se muestra la red de colaboración, en la que se destaca un alto grado de intermediación por parte de las universidades y el CIAT. Estos actores juegan un papel fundamental en el desarrollo de procesos colaborativos dentro de la red, actuando como puentes de conexión con instituciones nacionales e internacionales, y facilitando así la expansión de las colaboraciones de la Corporación.

En cuanto a la procedencia de las instituciones, se observa tanto una predominancia de la colaboración entre instituciones nacionales, como una notable presencia de instituciones extranjeras (identificadas por nodos de color rojo). El Departamento de Agricultura (USDA) de Estados Unidos es la institución extranjera con el mayor número de vínculos con instituciones nacionales (26), lo que refleja un elevado grado de internacionalización, en línea con los hallazgos obtenidos en el análisis de países.





Redes de coocurrencia de palabras clave

A continuación, en la figura 36, se presenta la red de coocurrencias de 423 palabras clave, seleccionadas a partir de un conjunto de datos de 9.938 elementos, refinado con tesauros y bajo el criterio de aparición en al menos cinco publicaciones del corpus. El objetivo de esta red es identificar la estructura conceptual y temática durante los 30 años de funcionamiento de la Corporación. Para normalizar los valores de la red, se aplicó el índice de similitud “Fuerza de Asociación” (FA), propuesto por Van Eck y Waltman en 2007. Este índice se basa en la normalización de los valores de asociación de las parejas de palabras clave, lo que permite obtener el peso correspondiente para cada una. Este mapa bibliométrico bidimensional fue creado utilizando el software VOSviewer. En este mapa, los términos se representan como nodos y se posicionan en un espacio bidimensional según su índice de similitud FA, mientras que su tamaño refleja la cantidad de publicaciones en las que aparece cada término. Los clústeres, por su parte, tienen un tamaño proporcional a la cantidad de publicaciones que incluyen (Waltman et al., 2010).

La distancia entre los grupos o clústeres indica aproximadamente la relación en términos de citas. Los grupos cercanos tienden a estar más relacionados, mientras que los grupos más distantes tienden a estar menos relacionados. Las líneas entre los grupos también reflejan esta relación, siendo el grosor de la línea proporcional al número de citas entre dos grupos. Es importante señalar que los ejes horizontal y vertical no tienen un significado especial (van Eck & Waltman, 2017).

Para la construcción de esta red, se realizaron varias pruebas ajustando los valores de los parámetros de visualización. Finalmente, se optó por un valor de 2 para la atracción y 0 para la repulsión.

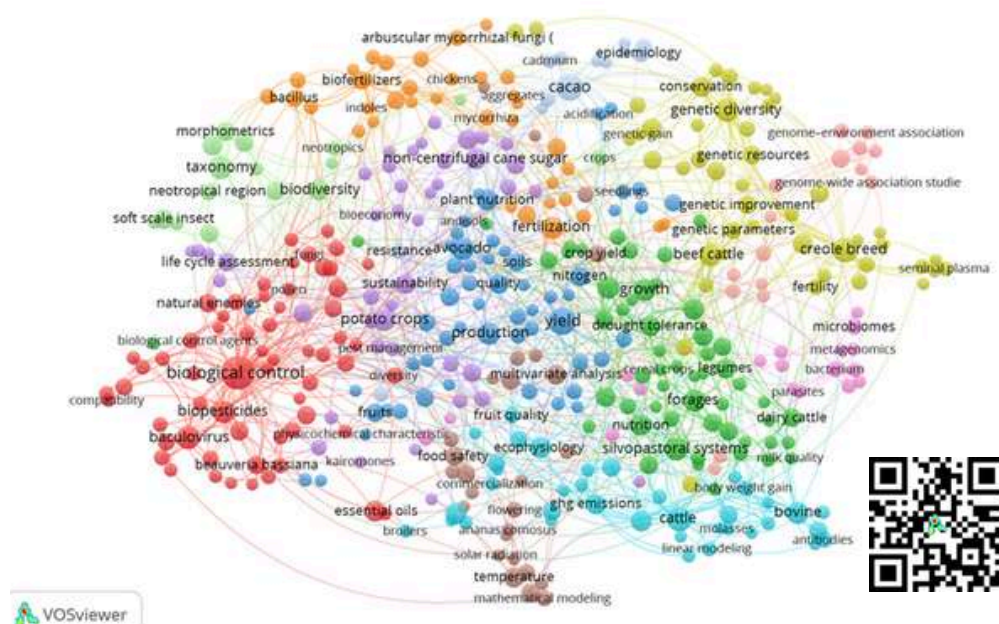
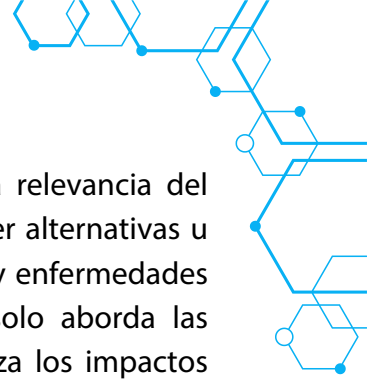


Figura 36. Mapa de coocurrencia palabras clave publicaciones AGROSAVIA 1993-2022

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; método de conteo: full counting; método de normalización: association strength y Weights = Occurrences; fecha de consulta: enero de 2024; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19; enlace de consulta: <http://tinyurl.com/2arxzt3>

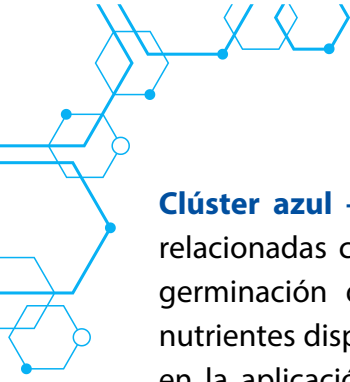




Clúster rojo – Control biológico (61 nodos): este clúster muestra la relevancia del tópico “control biológico” por su papel crucial en la agricultura al ofrecer alternativas u opciones tecnológicas sostenibles y efectivas para el manejo de plagas y enfermedades en los cultivos. A diferencia del control químico, este enfoque no solo aborda las preocupaciones de resistencia de las plagas, sino que también minimiza los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Este clúster abarca una amplia gama de temas de investigación relacionados con el control biológico de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas. Esto incluye el estudio y la aplicación de hongos entomopatógenos como *Metarhizium*, así como el desarrollo de biopesticidas y bioplaguicidas formulados. Además, se investiga el uso de agentes biocontroladores para el control de plagas, con un enfoque específico en diferentes grupos de insectos como hexápodos y hemípteros. Dentro de este clúster, también se examina la distribución geográfica y espacial de insectos plaga, como *Bemisia tabaci*, *Spodoptera* y *Formicidae*, así como otras especies invasivas. Se realiza un análisis exhaustivo de diferentes organismos biológicos, como hongos, nemátodos y otros agentes biocontroladores, con el fin de comprender mejor su taxonomía y su potencial para el control de plagas.

Clúster verde – Agrosilvicultura y producción sostenible de alimentos (55 nodos):

este clúster aborda una variedad de temas cruciales para asegurar la producción sostenible de alimentos, en un contexto en el que esta producción demanda cada vez más recursos y se requiere intensificar las áreas de producción sin sobreexplotar los recursos naturales. Este enfoque implica cambios en los procesos productivos para garantizar una producción eficiente y sostenible. Dentro de este clúster, se incluyen investigaciones sobre sistemas silvopastoriles, sistemas de pastizales, plantas forrajeras y ganadería agroecológica, todos ellos contribuyendo a los desafíos que enfrentan las actividades agropecuarias. Los sistemas silvopastoriles, en particular, se destacan como una alternativa importante que puede incrementar la producción animal, mejorar la fertilidad del suelo, la calidad del forraje y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se exploran investigaciones sobre los agroecosistemas e intensificación ecológica, que busca diseñar y gestionar sistemas agrícolas para fomentar los servicios ecosistémicos, incluyendo el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, el control de enfermedades humanas y la purificación del agua, con el objetivo de minimizar la degradación ambiental y conciliar los aumentos proyectados en la demanda de biomasa para alimentos y energía, minimizando al mismo tiempo la demanda de tierra para la agricultura y los impactos ambientales negativos de la agricultura convencional. En resumen, este clúster se enfoca en desarrollar estrategias que promuevan la producción sostenible de alimentos, teniendo en cuenta la eficiencia en el uso de recursos naturales y la adaptación al cambio climático y a las presiones socioeconómicas.



Clúster azul – Desarrollo vegetal (55 nodos): Este clúster integra investigaciones relacionadas con el crecimiento vegetal, el equilibrio y la microbiología del suelo, la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas influenciados por los nutrientes disponibles en el suelo, los biofertilizantes y las prácticas agrícolas centradas en la aplicación de nutrientes para fomentar el desarrollo óptimo de las plantas. El objetivo principal es garantizar una producción vegetal que contribuya a la seguridad alimentaria de manera sostenible. Dentro de este clúster, se exploran y desarrollan estrategias innovadoras para mejorar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, teniendo en cuenta la salud del suelo y la biodiversidad microbiana. Se investiga sobre la interacción entre las plantas y los microorganismos del suelo, así como el papel de la biomasa, los bioproductos y los biofertilizantes en la mejora de la salud del suelo y la nutrición de las plantas. Además, se estudian las prácticas agrícolas relacionadas con la aplicación de nutrientes, con el fin de optimizar su uso y minimizar los impactos ambientales. Esto incluye el desarrollo de sistemas de manejo de nutrientes eficientes, como la irrigación y la agricultura de precisión, que permiten una aplicación precisa y controlada de los nutrientes, reduciendo el desperdicio y la contaminación. En resumen, este clúster se centra en investigar y promover prácticas agrícolas que garanticen una producción vegetal sostenible.



Clúster cian – Metabolismo y nutrición animal (37 nodos): este clúster aborda una amplia gama de temas de investigación relacionados con la alimentación y la salud de los animales. Se centra en comprender los procesos metabólicos y nutricionales que afectan la salud y el rendimiento de los animales, con un enfoque particular en rumiantes debido a su sistema digestivo altamente especializado. Entre los tópicos de investigación incluidos en este clúster se encuentran:

- Alimentación animal: investigación sobre los componentes proteicos y la calidad de los alimentos suministrados en la dieta al ganado, así como estrategias de alimentación para optimizar el crecimiento, la producción de leche y la salud de los animales.
- Análisis inmunológico y epidemiológico: estudio de la respuesta inmune de los animales a diferentes enfermedades y condiciones ambientales, así como el análisis epidemiológico de enfermedades que afectan al ganado bovino.
- Análisis reproductivo: investigación sobre la fisiología reproductiva de los animales, incluyendo la fertilidad, el ciclo estral y la inseminación artificial.
- Digestibilidad: estudio de la capacidad de los animales para digerir y absorber nutrientes de los alimentos, así como la influencia de factores dietéticos y ambientales en la digestibilidad.
- Regulación de la expresión genética y asimilación de nutrientes: investigación sobre los mecanismos moleculares y genéticos que regulan la asimilación de nutrientes en el cuerpo animal, especialmente en rumiantes.



El clúster también aborda la importancia de la nutrición en la producción láctea y los desafíos asociados con el déficit energético en animales lactantes. Se estudian las alteraciones metabólicas que ocurren durante períodos de déficit energético y se investigan estrategias para mitigar estos efectos negativos. En resumen, los temas de investigación de este clúster tienen como objetivo mejorar la salud, el bienestar y el rendimiento de los animales a través del estudio integral de su alimentación, metabolismo y respuesta fisiológica a diferentes condiciones ambientales y nutricionales.

Clúster naranja – Productividad de los cultivos (36 nodos): Este clúster está estrechamente relacionado con el clúster verde, abordando temas de investigación relacionados con el crecimiento y rendimiento de los cultivos, considerando tanto factores genéticos como variables ambientales. En este clúster se integran los tópicos sobre métodos de mejoramiento genético y transformación genética que se emplean para transferir genes deseables de variedades de cultivos, ya sea mediante hibridación sexual o inserción artificial, con el fin de desarrollar nuevos cultivares con características específicas, como alto rendimiento y adaptación a condiciones ambientales adversas. También se abordan tópicos relacionados con bacterias y hongos benéficos para las plantas, los cuales pueden encontrarse en el suelo como organismos libres o como endófitos. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en el estímulo del crecimiento de las plantas y en su protección contra enfermedades y factores abióticos. Entre los géneros de bacterias identificados como promotores del crecimiento vegetal (PGPB) se encuentran *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* y *Serratia*. Algunas especies, como *Pseudomonas* y *Bacillus*, han sido identificadas como las más predominantes entre las PGPB (por sus siglas en inglés).

Clúster amarillo – Genética y genómica vegetal y animal (46 nodos): este clúster integra los tópicos de investigación en genética y genómica animal y vegetal relacionados con el mejoramiento genético a través de métodos y tecnologías. Esto incluye el uso de marcadores SNP (polimorfismo de nucleótido único), análisis de cromosomas, mapeo genético QTL (Locus de Rasgo Cuantitativo), cruzamiento genético de plantas, marcadores genéticos microsatélite y polimorfismos genéticos. El objetivo principal de estas investigaciones es mejorar la resistencia a enfermedades, aumentar la diversidad genética local, mejorar el rendimiento productivo y promover la conservación de la riqueza genética de especies vegetales y animales. Específicamente, se exploran técnicas como el uso de información genealógica para estimar coeficientes de endogamia, tamaño efectivo de la población e integridad del pedigrí en razas criollas como el Romosinuano, una raza bovina importante en Colombia por sus características adaptativas y eficiencia reproductiva. En resumen, este clúster busca avanzar en el conocimiento y la aplicación de la genética y la genómica para mejorar la salud, la productividad y la diversidad genética tanto de plantas como de animales, con un enfoque especial en la conservación y el aprovechamiento sostenible de recursos genéticos locales.

Para el periodo
temas de ga
aumentos e
productivid
raíces y tubé

Se observa un incremento importante en trabajos relacionados con el cacao, desde manejos del sistema productivo hasta mejoras en los procesos de poscosecha, en la mejora de la calidad del producto. También se destacan trabajos en poscosecha para la mejora en la producción de panela.



Figura 39. Red de coocurrencia de palabras clave publicaciones AGROSAVIA 2013-2022

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: enero de 2024; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19



4.3. Participación en **eventos científicos**

La participación en eventos científicos constituye un componente esencial en la dinámica de generación, transferencia y validación del conocimiento. Estos espacios no solo favorecen la actualización y el intercambio académico, sino que también fortalecen las redes de colaboración entre investigadores, instituciones y comunidades científicas nacionales e internacionales. En este contexto, el análisis de la asistencia del personal de investigación de AGROSAVIA a eventos realizados entre 2015 y 2022 permite identificar patrones de participación, áreas de mayor interés y oportunidades de articulación estratégica que contribuyen a potenciar el impacto institucional en el ecosistema científico y tecnológico.

La información analizada fue obtenida de una base de datos suministrada por la Coordinación de Formación y Desarrollo de AGROSAVIA, en la cual se registraron datos de asistencia a eventos científicos nacionales e internacionales por parte del personal de investigación de la entidad en el periodo comprendido entre 2015 y 2022. Esta base contenía datos relevantes para el análisis tales como nombres y apellidos de los asistentes, identificación, cargo, red de innovación, fecha de realización del evento, tipo de participación, nombre y tipo de evento, país y ciudad de realización, énfasis de investigación, área temática y contactos establecidos por los participantes.

Para trabajar con esta información, se depuró y corrigieron errores tipográficos, además se realizó la unificación de términos equivalentes en campos como nombre del evento, institución organizadora, énfasis de investigación, cargo y tipo de participación, con el fin de evitar duplicidades. Adicionalmente, se completaron datos faltantes en los campos correspondientes a Red de Innovación, Grupo de Investigación y Área Temática.

Una vez ajustada, corregida y complementada la información, se procedió a generar indicadores y representaciones visuales de los distintos desempeños relacionados con el número de eventos, de acuerdo con los campos disponibles, los cuales se presentan en la figura 40.

El análisis de la participación en eventos científicos mediante indicadores clave de rendimiento constituye una herramienta estratégica para evaluar la dinámica de interacción académica y la visibilidad institucional.

En primer lugar, los indicadores de dinámica temporal y tipológica —como el número de participaciones en eventos por año, por categoría, por propósito, por tipo de participación y por tipo de evento— permiten identificar tendencias en el tiempo, caracterizar la diversidad de espacios académicos a los que asisten los investigadores y reconocer la finalidad de dichas interacciones (formación, divulgación o colaboración).

En segundo lugar, los indicadores de perfil y liderazgo investigador —entre los que destacan los investigadores líderes con mayor número de asistencias, la participación según tipo de cargo y la relación entre número de participaciones e investigadores participantes— aportan información sobre el grado de involucramiento del talento humano en la proyección científica, lo que ayuda a visibilizar tanto el compromiso individual como la representatividad de las distintas categorías de investigadores.

Una tercera categoría corresponde a la articulación institucional y temática, que incluye las participaciones por red de innovación, centro de investigación, área temática, énfasis y grupo de investigación. Estos indicadores permiten mapear la contribución de las distintas unidades organizativas, identificar fortalezas temáticas y orientar la planeación estratégica hacia los focos de mayor impacto.

Finalmente, los indicadores de relacionamiento externo —como el número de principales instituciones organizadoras de eventos y los registros por nombre de evento— facilitan comprender el alcance de las alianzas y la recurrencia en la interacción con actores clave del ecosistema científico y tecnológico, consolidando así la posición de la institución en redes de conocimiento globales.



Figura 40. Indicadores clave de desempeño para eventos de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia

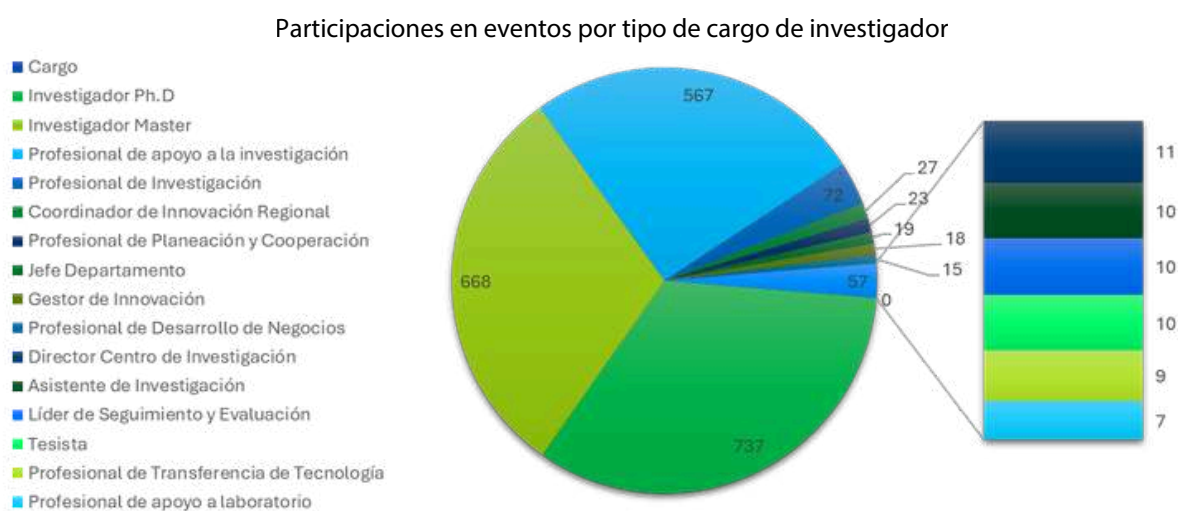
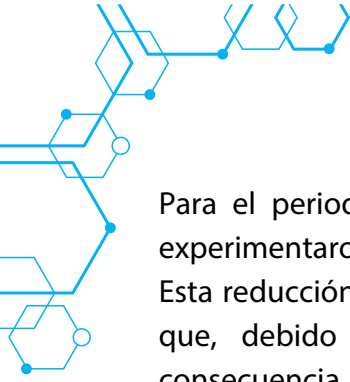


Figura 41. Indicadores clave de desempeño de dinámica cronológica y tipología para eventos de AGROSAVIA. Periodo de observación 2015-2022

Fuente: Elaboración propia



Para el periodo analizado se registraron 2.420 participaciones en eventos científicos, que experimentaron un decrecimiento entre 2015 y 2022 con una tasa promedio anual de -4,8 %. Esta reducción se explica principalmente por el bajo nivel de participación en 2020, año en el que, debido a la pandemia por COVID-19, muchos eventos fueron cancelados. En consecuencia, se presentó una disminución muy marcada del 84 %, ocasionada por las restricciones que impidieron la asistencia presencial a actividades científicas.

De acuerdo con esta medición, el 38% de los eventos corresponde al tipología congreso, seguido por los talleres con 15 %, los cursos con 13 % y los simposios con 7,5 %. Con respecto a la participación por cargos, la mayoría de los asistentes a eventos científicos son Investigadores Máster (29 %), seguidos por Profesionales de Apoyo a la Investigación (26 %), Investigadores PhD (26 %) e Investigadores PhD Asociados (6 %). Esta información se puede visualizar en la figura 41.

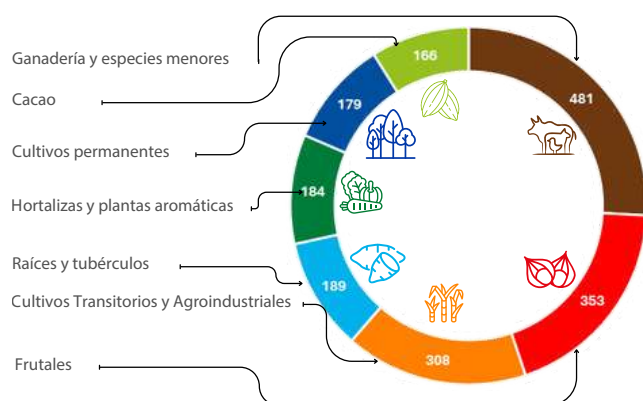
Por otra parte, la figura 42 muestra los indicadores clave de desempeño de articulación institucional para eventos de AGROSAVIA. La Red de Innovación en Ganadería es la que registra el mayor número de asistencias a eventos, con 481 participaciones, seguida de la Red de Frutales con 353 y, en tercer lugar, la Red de Transitorios con 308 participaciones. En conjunto, estas tres redes concentran el 48 % de las participaciones en eventos, con un promedio de cinco asistencias por integrante. Cabe destacar que la Red de Ganadería presenta el mayor índice de participación, con un promedio de 5,8 asistencias por integrante.

Desde una perspectiva regional, también en la figura 42 se puede observar que el C. I. Tibaitatá es el que posee el mayor número de participaciones en eventos por número de participantes, con un valor de 3,2 y un total de 767 participaciones, seguido de la Sede Central con 429 participaciones y un promedio de 2,1 participaciones por persona. En tercer lugar se ubica el Centro de Investigación La Libertad, con 189 participaciones y una relación de 2,8 participaciones por persona. Continúan en la lista Nataima (160 participaciones), Turipaná (148), Palmira (138), La Selva (129) y Obonuco (113), con un promedio de 2,4 participaciones por asistente entre estos centros.

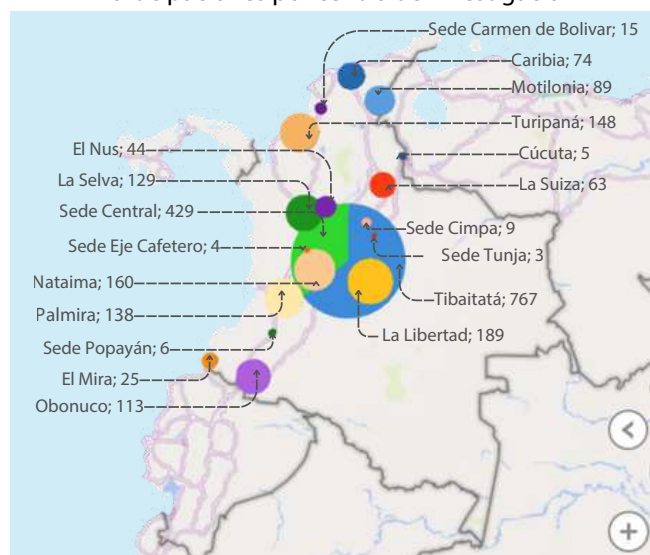
En lo que refiere a grupos de investigación, el de *Mejoramiento Genético Vegetal, Uso y Aprovechamiento de la Agrobiodiversidad* (MGVA) registra 258 participaciones en eventos, seguido por *Microbiología y Nutrición Animal del Trópico* con 212, *Sistemas Agrícolas del Trópico* (SAT) con 190, *Control Biológico de Plagas Agrícolas* con 188 y *Raíces del Futuro – Manejo de Suelo, Agua y Planta*, con 181 participaciones. Cabe resaltar que los grupos mencionados, que concentran el mayor número de registros de participación en eventos, se encuentran clasificados en la categoría A1 según la medición de Minciencias.

Con relación a las áreas temáticas, *Manejo Sanitario y Fitosanitario* concentra el mayor número de asistencias registradas a eventos, con 445 participaciones, seguido por *Material de Siembra y Mejoramiento Genético* con 298 y, en tercer lugar, *Manejo del Sistema Productivo* con 291 participaciones. En menor proporción se encuentran *Manejo de Cosecha, Poscosecha y Transformación* (49 participaciones), *Calidad e Inocuidad de Insumos y Productos* (48) y *Alimentación y Nutrición Animal* (25).

Participaciones por red de innovación



Participaciones por centro de investigación



Participaciones por área temática



Participaciones por énfasis temático de investigación



Figura 42. Indicadores clave de desempeño de articulación institucional para eventos de AGROSAVIA. Periodo de observación 2015-2022

Fuente: Elaboración propia



Esta distribución por áreas temáticas concuerda con el número de eventos por énfasis de investigación, donde Manejo integrado del sistema productivo animal o vegetal y Entomología registran el mayor número de participaciones, con 252 y 202, respectivamente. A continuación, se destacan Suelos - Recurso hídrico con 179, Fitomejoramiento (154) y Fitopatología (129). Por último, los énfasis menos abordados en eventos corresponden a Economía, Ciencias sociales y humanas, Agroecología, Desarrollo rural y Poscosecha y transformación.

En lo que refiere a indicadores de relacionamiento externo, el número de registros de participación por nombre de evento evidenció una alta participación en el Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN (150 participaciones), seguido del Encuentro Nacional / Internacional de Investigadores de las Ciencias Pecuarias – ENICIP (77), el Congreso Colombiano de Fitopatología – ASCOLFI (49), el Curso Internacional de Conservación y Manejo de Colecciones Microbianas (41) y el Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo (38).

En cuanto a las principales instituciones organizadoras de eventos, se destacan, en el siguiente orden: EMBRAPA – Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria, AGROSAVIA, Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN, Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Antioquia. Por otra parte, los países organizadores de eventos diferentes a Colombia con mayor número de participaciones fueron: Brasil (112), Estados Unidos (93), México (69), Costa Rica (61) y España (55). Finalmente, en Colombia se registraron 1.420 participaciones, lo que representa el 72 % del total.



Figura 43. Indicadores clave de desempeño de relacionamiento externo para eventos de AGROSAVIA. Periodo de observación 2015-2022

Fuente: Elaboración propia



4.4. Productos de desarrollo tecnológico: patentes, variedades y oferta tecnológica

La Corporación Colombiana de Investigación tiene a disposición de los productores y demás actores un conjunto de tecnologías, productos y servicios generados a partir de los resultados de I+D+i validados, las cuales se denominan Ofertas Tecnológicas. A corte de marzo de 2023, la Corporación cuenta con 200 OT a disposición de diversos sistemas productivos de importancia socioeconómica para el país, de los cuales el 44 % corresponde a tecnologías, el 40 % a productos y el 16 % a servicios (figura 44).

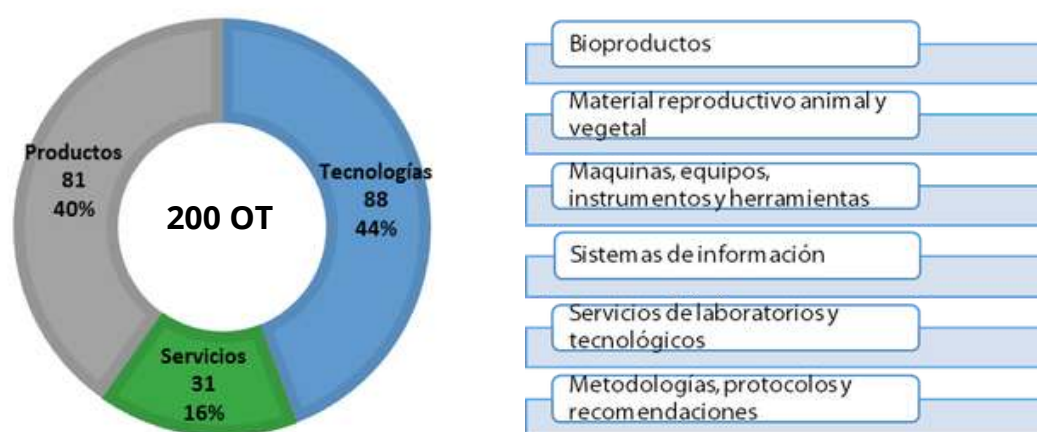


figura 44. Ofertas tecnológicas por tipología

Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por la Coordinación de Portafolio de Oferta Tecnológica de AGROSAVIA; fecha de corte: marzo de 2023: <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios>

En lo referente a cultivos registrados por la Corporación, en la figura 45 se muestra un total de 142 materiales durante el periodo 1992-2023. Los primeros materiales se registraron con el nombre ICA, ya que fueron resultados de trabajos iniciados antes de la separación Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)–Corpoica en el año 1993; posteriormente, se usó el nombre de Corpoica para la identificación de los cultivos y, a partir de 2019, se utiliza AGROSAVIA.

Las especies con mayor cantidad de cultivos registrados son yuca, con 18; soya, con 14; algodón, con 13; maíz, con 9; frijol, con 9; yuca forrajera, con 7; y papa criolla, con 5.

En lo que respecta a patentes, en la tabla 12 se presentan las 10 patentes concedidas, con fecha de corte a diciembre de 2023, las cuales corresponden a seis productos, de los cuales tres son bioproductos (*Rumitec*, *Lecabiol* y *Spobiol*), dos modelos de utilidad (*Fiqueña* y *Flash explosión*) y una invención en proceso (producción de granos de cacao con atributos). Estas patentes han sido concedidas en Colombia, Brasil y Estados Unidos.

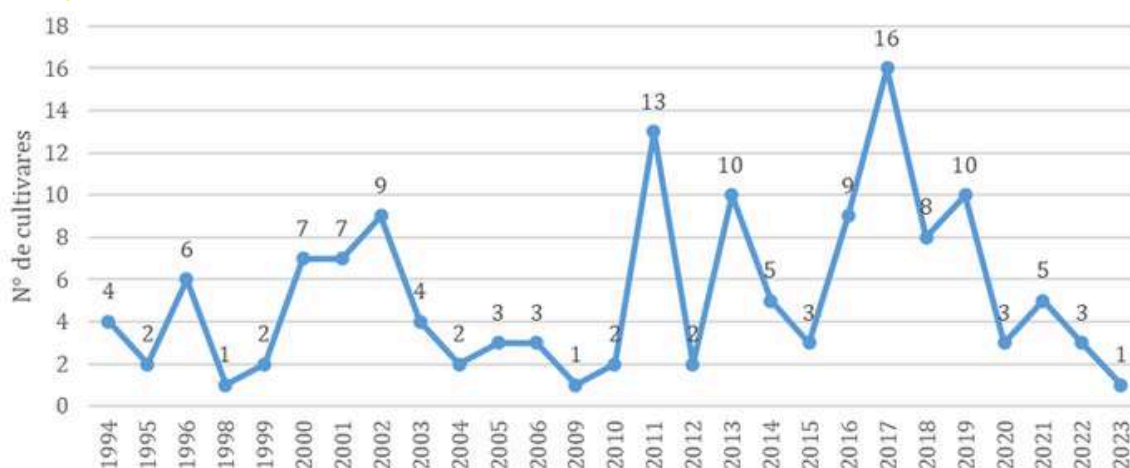


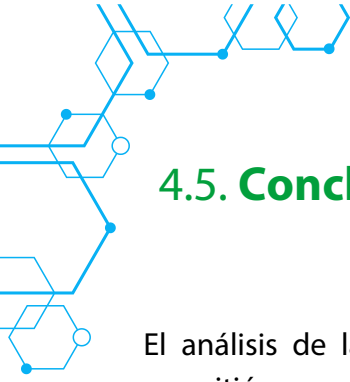
Figura 45. Cultivares AGROSAVIA registrados ante el ICA por año

Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por la Departamento de Propiedad Intelectual de AGROSAVIA; fecha de corte: diciembre de 2023

Tabla 12. Patentes generadas por AGROSAVIA

Título de Patente	Clase de patente	Producto	País	Fecha de Concesión	Vigencia
Máquina de extracción de fique	Modelo de Utilidad	Fiqueña	Colombia	4/7/2019	31/3/2027
Composición Microbiana	Invención	Rumitec	Brasil	11/10/2022	7/8/2035
Composición probiótica de microorganismos para el tratamiento de la diarrea en bovinos	Invención	Rumitec	Colombia	27/1/2020	7/8/2035
Composición pesticida de microorganismos entopatógenicos	Invención	Lecabiol	Brasil	16/8/2022	27/11/2035
Composición pesticida de microorganismos entopatógenicos	Invención	Lecabiol	Colombia	6/2/2018	28/11/2034
Bioplaguicida a base de virus	Invención	Spobiol	Brasil	12/7/2022	18/11/2036
Bioplaguicida a base de virus	Invención	Spobiol	Estados Unidos	15/10/2019	21/12/2036
Bioplaguicida a base de virus de <i>Spodoptera Frugiperda</i>	Invención	Spobiol	Colombia	3/2/2021	18/11/2036
Dispositivo para la producción de purés, pulpas, néctares o extractos de material vegetal	Modelo de utilidad	Flash explosión	Colombia	30/6/2022	10/12/2031
Proceso de producción de granos de cacao con atributos finos y de aroma	Invención		Colombia	28/9/2023	18/8/2040

Fuente: Elaboración propia a partir de datos suministrados por la Departamento de Propiedad Intelectual de AGROSAVIA; fecha de corte: diciembre de 2023



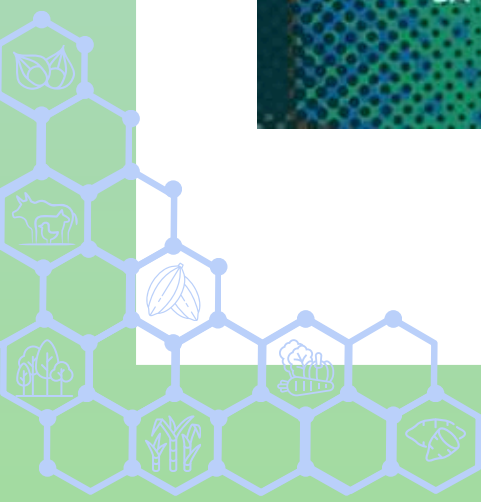
4.5. Conclusiones y reflexiones

El análisis de la productividad científica de los 30 años de funcionamiento de AGROSAVIA permitió consolidar la información histórica e identificar los retos para continuar con este análisis de forma periódica. En primera medida, la calidad de los datos en Google Scholar sigue siendo una de las dificultades, dada la diversidad de fuentes de donde se cosecha la información. Por otra parte, los SIRES más consolidados siguen siendo la fuente con mejor calidad de los datos, pero con la limitante de que muchas de las revistas latinoamericanas aún no se encuentran indexadas, por lo que un importante porcentaje de publicaciones de nuestros investigadores no se reflejan en los análisis consolidados.

La dinámica de publicaciones ha sufrido un cambio en los últimos años debido a las directrices de ciencia abierta, las cuales han propendido por mejorar el acceso a la información científica; sin embargo, ha traído consigo un fenómeno de incremento en el valor de los APC por parte de las grandes casas editoriales. Adicionalmente, cada año se identifican nuevas revistas consideradas depredadoras, las cuales afectan la calidad y reputación de los trabajos que se publican allí, por lo que desde la Corporación se ha desarrollado un proceso de acompañamiento a los investigadores para identificar este tipo de revistas.

Otra de las conclusiones del análisis es la diferencia en los resultados consolidados de los dos enfoques, que, a pesar de la implementación de procesos de homogenización y consolidación detallados, no fueron suficientes para consolidar un único dato. Una de las principales diferencias está dada por otros tipos de documentos, como informes y boletines, entre otros, que se recuperan desde Google Scholar y que no están en los principales SIRES.

Finalmente, al analizar los resultados finales, se evidencia un importante incremento en la productividad científica de AGROSAVIA en los últimos años, jalonada por las estrategias corporativas para el posicionamiento en el campo científico, una estabilidad en la financiación para las actividades de investigación y una diversidad de especies y sistemas productivos en los que se investiga. Asimismo, se evidencia un aumento en publicaciones en revistas en inglés, lo que ha mejorado indicadores como el impacto de las publicaciones.





Capítulo 5.

Productividad científica: análisis desde los centros de investigación

“Las ideas no duran mucho. Hay que hacer algo con ellas”

Santiago Ramón y Cajal

Con el fin de comprender el rendimiento, la calidad y la dirección de la investigación científica de cada centro de investigación de AGROSAVIA, y de facilitar la toma de decisiones informadas y la mejora continua, este apartado analiza los registros de producción científica de AGROSAVIA para cada centro de investigación entre 1995 y 2022, según los datos recuperados de consultas verificadas en bases de datos científicas. Estos análisis permiten evaluar la la contribución de cada centro a la productividad institucional y entender su rendimiento científico a lo largo del tiempo. Además, se analiza, con base en los índices de citación, la calidad de la investigación según las citas recibidas por los artículos y otros indicadores de impacto.

Posteriormente, se examinan las revistas, autores, países e instituciones, lo cual puede ser útil para identificar tendencias, establecer metas y mejorar la posición global de la sede, y por extensión, de la institución. Finalmente, se analizan las palabras clave a través de redes de coocurrencia, con el fin de identificar las áreas o tópicos en los que un Centro se destaca y aquellas en las que puede requerir mejoras. Esto es crucial para la toma de decisiones estratégicas y la asignación eficiente de recursos.

Este proceso implica la creación y evaluación de redes de coocurrencia con el objetivo de identificar temas de investigación, redes de coautoría y colaboraciones con otras instituciones. Se utiliza la herramienta de software VOSviewer®, que analiza la coocurrencia de palabras clave en las publicaciones y las representa visualmente como una red de nodos y conexiones. Esta representación gráfica permite identificar clústeres de nodos del mismo color, que indican agrupaciones temáticas afines.

5.1. Dinámica de publicaciones y citaciones por Centro de Investigación

En general, la producción científica de los distintos Centros de Investigación experimentó un crecimiento constante, con una tasa de crecimiento promedio superior al 40 % en el periodo 1995-2022 para cada uno de ellos (tabla 13).

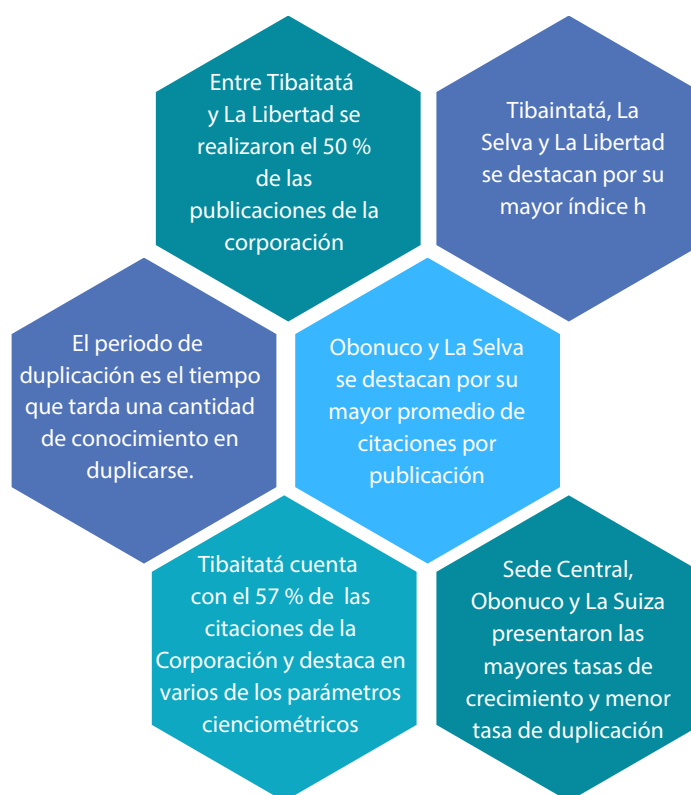
Tabla 13. Indicadores bibliométricos por centro de investigación AGROSAVIA

Centro de Investigación	Total citaciones 1993-2022	Total publicaciones 1993-2022	Promedio citaciones por publicación	Índice h	Tasa de crecimiento (%)	Tasa de duplicidad (años)
Caribia	374	63	5,94	11	44,7	3,6
Sede Central	138	99	1,39	6	56,4	1,6
La Libertad	1563	244	6,41	22	45,5	3,3
El Mira	14	12	1,17	2	41,9	5,3
Motilonia	307	88	3,49	8	47,5	2,7
Nataima	232	95	2,44	8	45,5	3,3
El Nus	243	77	3,16	9	46,9	2,8
Obonuco	1089	112	9,72	9	51,8	2,0
Palmira	713	180	3,96	12	45,8	3,2
La Selva	1675	188	8,91	22	44,5	3,7
La Suiza	347	69	5,03	10	49,2	2,4
Tibaitatá	9979	933	10,70	43	46,3	3,0
Turipaná	803	199	4,04	15	45,2	3,4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®

Uno de los índices relevantes de la tabla anterior es el índice h (índice de Hirsch), el cual es una medida cuantitativa utilizada para evaluar la productividad y el impacto de la investigación científica de una institución o de un investigador individual. Este índice fue propuesto por el físico y profesor Jorge Hirsch en 2005 y se basa en la cantidad de artículos y en la cantidad de citas que estos han recibido. La definición formal del índice h es la siguiente: un investigador tiene un índice h si ha publicado h artículos que han sido citados al menos h veces cada uno. En otras palabras, un índice h de 10 significa que un autor ha publicado al menos 10 artículos que han sido citados al menos 10 veces cada uno.

Curiosidades cientiométricas



Este índice se emplea para abordar las limitaciones de otras métricas de productividad e impacto, como el número total de citas o el factor de impacto de una revista. Mientras que estas métricas pueden verse sesgadas por algunos artículos muy citados, el índice proporciona una medida más equilibrada al considerar tanto la cantidad de artículos como el impacto que han tenido en la comunidad científica.

Es así que los Centros Tibaitatá, La Selva y La Libertad son los tres centros cuyas investigaciones presentan un impacto significativo en las áreas de la ciencia en las cuales son especialistas y que, a su vez, son también los Centros con mayor número de publicaciones (figura 46. Número de publicaciones por centro de investigación).

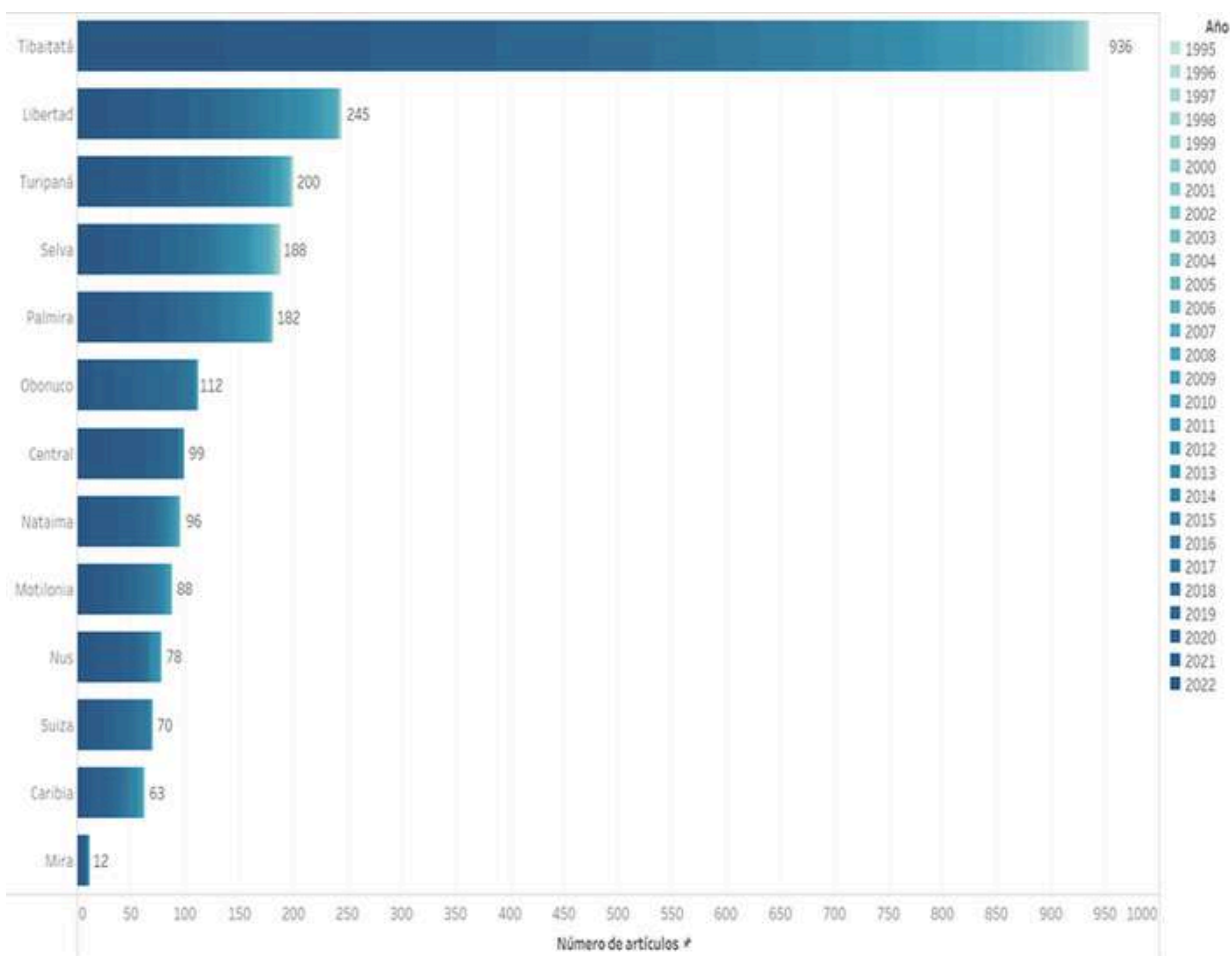


Figura 46. Número de publicaciones por centro de investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis, Tableau®

El análisis de la dinámica de publicaciones corresponde a la implementación del indicador de número de publicaciones en bibliometría. Su base teórica recae en la primera ley de la cienciometría, la Ley de Solla Price, la cual permite establecer de manera cuantitativa el crecimiento de la ciencia (De Solla Price, 1989), específicamente la tasa de crecimiento en la productividad científica y los periodos de duplicación de la ciencia (figura 47).

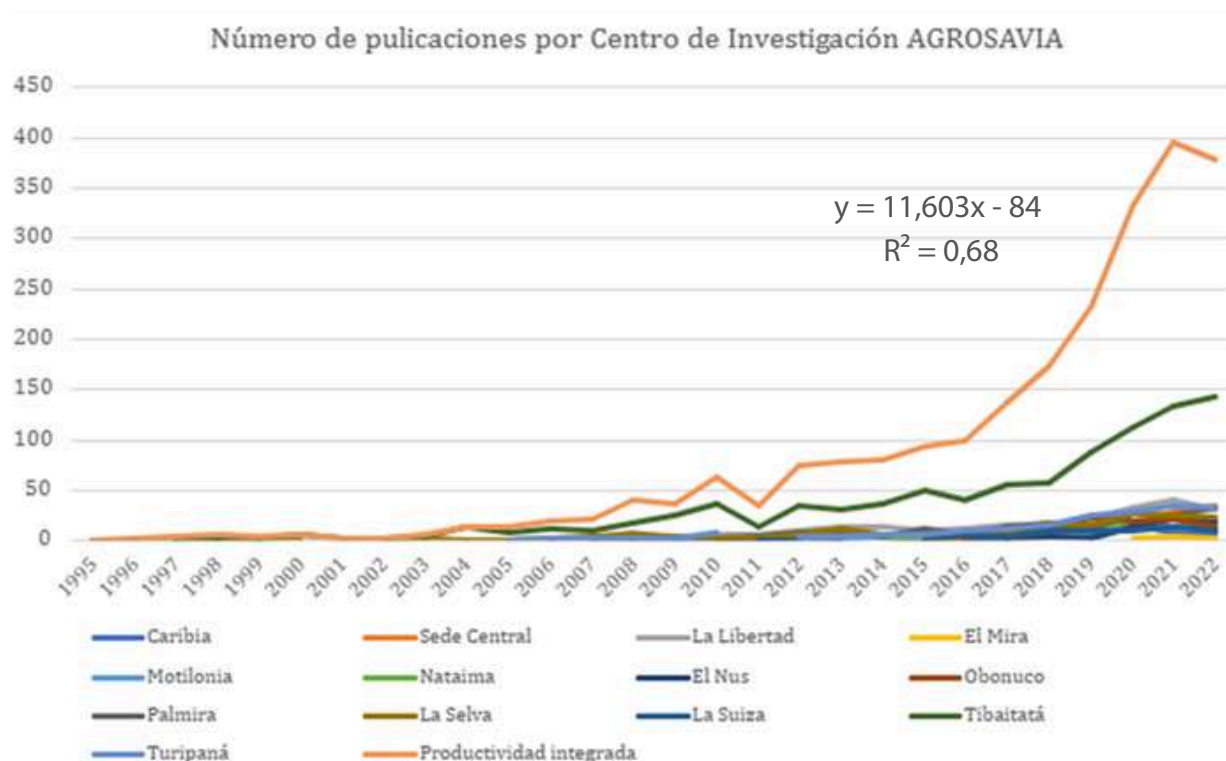


Figura 47. Dinámica de publicaciones desde la Ley de Solla-Price

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®

Se puede observar que el crecimiento de la ciencia desarrollada por AGROSAVIA presenta un comportamiento creciente de tipo exponencial. Se destaca que el análisis conjunto de las tres bases de datos, al integrar cada centro de investigación a partir de la sinonimización de los títulos de las publicaciones indexadas, genera una línea de base 1995-2022 compuesta por 2.359 publicaciones.

Si bien la figura presenta el comportamiento analizado por cada centro de investigación, es necesario conocer la tasa de generación de conocimiento y el periodo de duplicación de la ciencia, indicadores que miden el porcentaje anual de generación de artículos y el número de años que tarda en duplicarse la producción científica. Para esto, en la figura 48 se presenta la productividad acumulada con base en los datos de la figura 47.

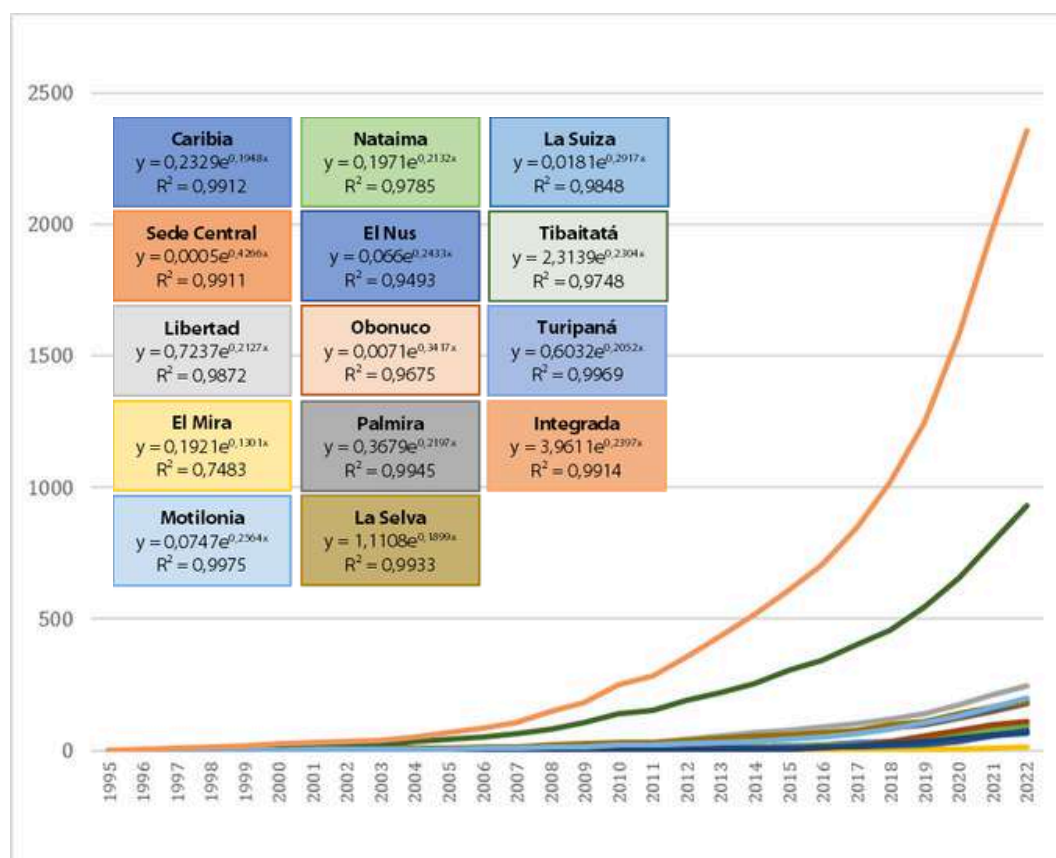


Figura 48. Productividad acumulada de AGROSAVIA por centro de investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®

Cada una de las líneas acumuladas presenta un comportamiento tendencial de tipo exponencial, tal como establece la Ley de Solla-Price. Para calcular los indicadores propuestos se generaron, a través del software Microsoft Excel, las ecuaciones de tendencia con la forma $y = Ae^{bx}$, siendo el parámetro b el valor clave para la medición. Las ecuaciones cienciométricas utilizadas son:

$$\text{Tasa de crecimiento} = 100(e^b - 1)$$

$$\text{Periodo de duplicidad} = \frac{\ln(2)}{b}$$

Las citas son el indicador bibliométrico más utilizado y difundido en las evaluaciones de la ciencia, y se asocian como un elemento para la medición del impacto de una publicación científica, de un investigador, de un grupo de investigación, de una organización o de un país. La medición de las citas depende de una fuente de consulta que cumpla con aspectos clave como la disponibilidad, accesibilidad, confiabilidad y trazabilidad.

Las principales fuentes de consulta son los motores de indexación bibliográfica o índices de citación, siendo los más utilizados *Scopus* y *Web of Science*, que se caracterizan por ser servicios de acceso pago. En la última década se han desarrollado iniciativas de acceso libre como Dimensions, Lens, Microsoft Academic y Crossref (Waltman, 2018).

En la figura 49 se presenta el total de citaciones recibidas en cada base de información para los artículos publicados por colaboradores de los Centros de Investigación de AGROSAVIA, evidenciando que el mayor número de citaciones de la corporación se registra en Scopus.

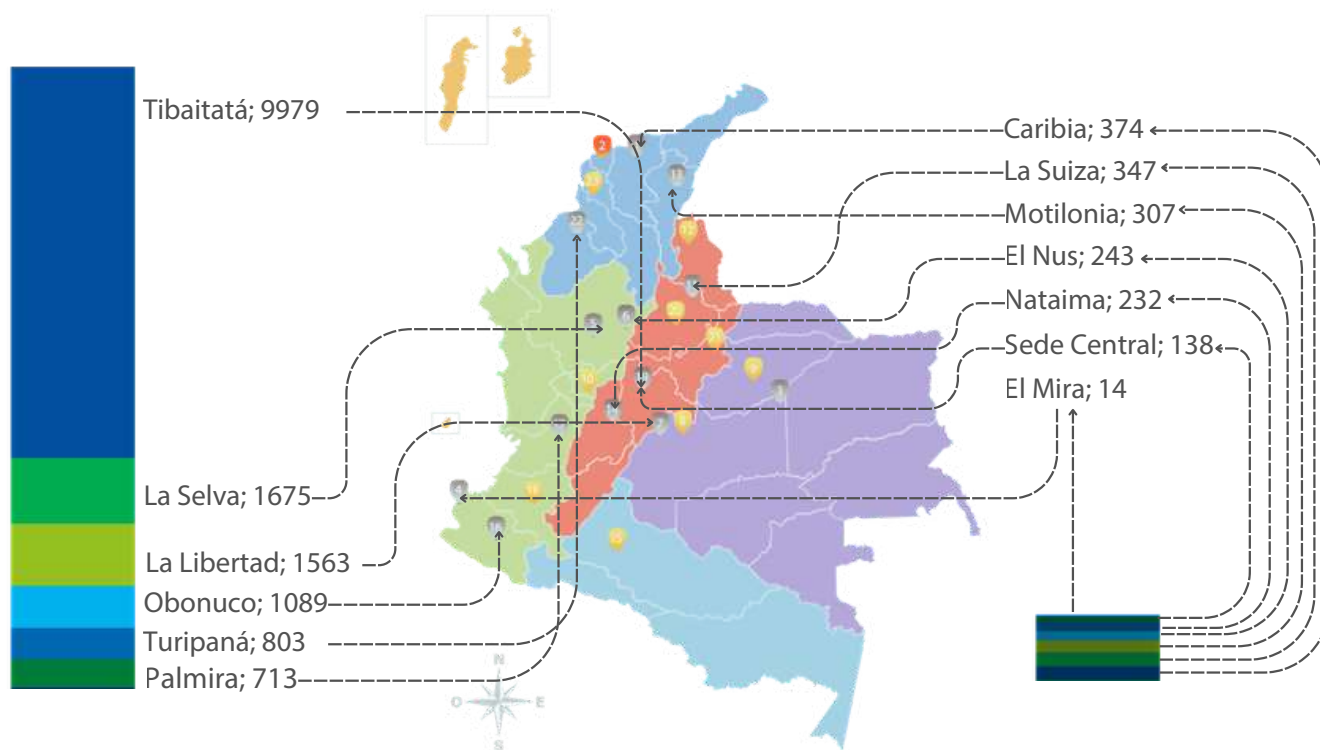


Figura 49. Citaciones recibidas por centro de investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®

5.2. Principales fuentes de difusión de conocimiento por centro de investigación

Respecto a las principales revistas donde se publicaron trabajos de los Centros de Investigación de AGROSAVIA (figura 50), se destaca *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* como la principal fuente de difusión en los CI La Libertad (12), Turipaná (12), Motilonia (13) y La Suiza (4).

La *Revista Colombiana de Entomología* es la principal en el C. I. Tibaitatá, con 33 publicaciones. Por su parte, la *Revista de la Facultad de Agronomía* de la Universidad Nacional es la de mayor cantidad para el C. I. La Selva, con 11 publicaciones.

Para los Centros de Investigación: Palmira, se identifica *Neotropical Entomology*; para Obonuco y en Sede Central, la revista *Agronomía Mesoamericana*; para El Nus, la revista *Livestock Research for Rural Development*; en Nataima, *Agronomía Colombiana*; en Caribia, *Bioagro*; y en el El Mira, la *Revista de Ciencias Agrícolas*.

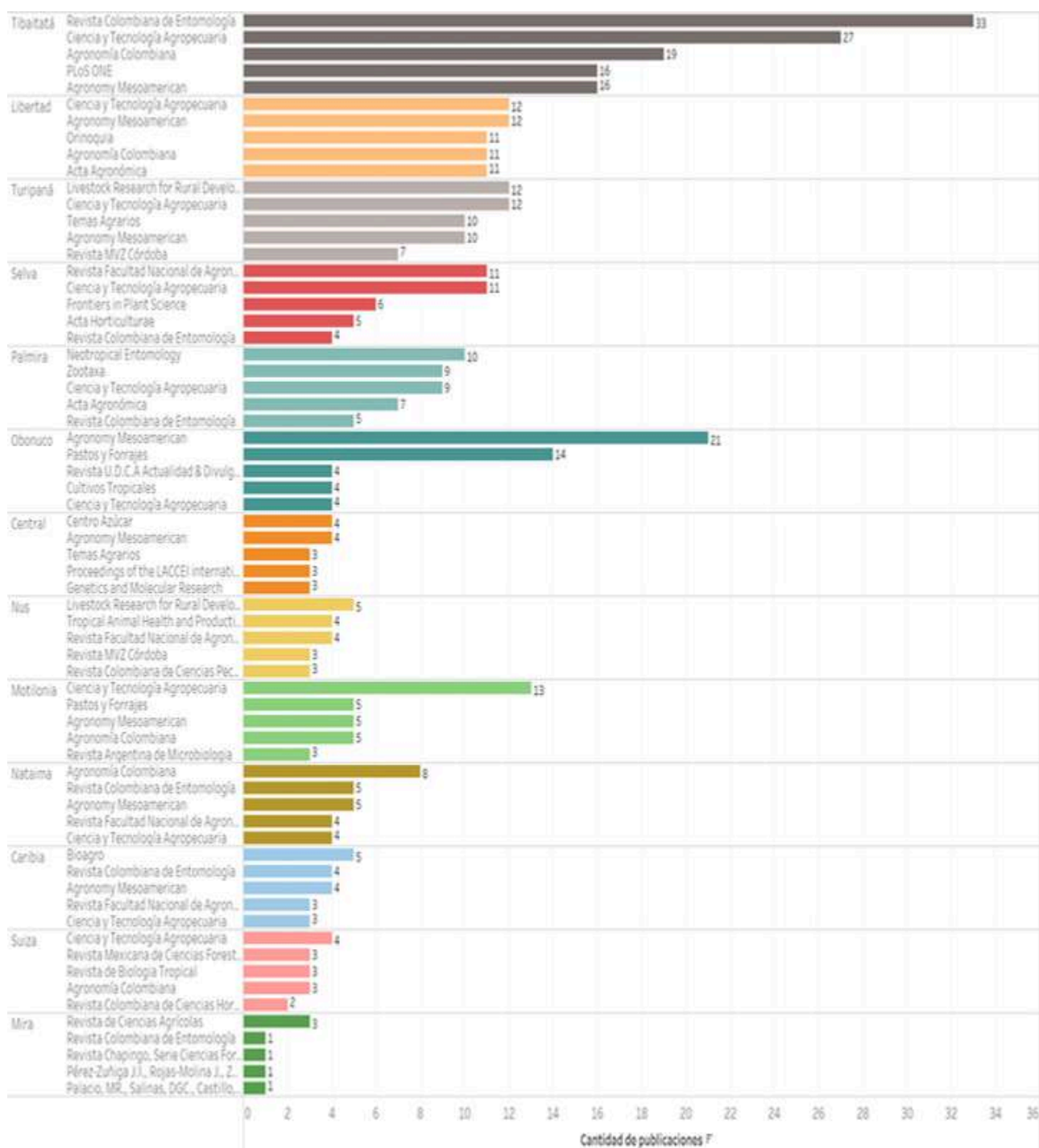


Figura 50. Principales revistas por centro de investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; Software de análisis: Tableau®



5.3. Principales autores por centro de investigación

Respecto a los investigadores más sobresalientes de cada uno de los Centros de Investigación, según la cantidad de publicaciones acumuladas en la ventana de tiempo analizada, estos se muestran en la figura 51. En la figura 52 se presentan los mapas de coocurrencia, donde el número mínimo seleccionado de apariciones de un autor en una publicación fue de 2, 3 o 5 documentos. Esto se debió a que, al seleccionar este número, se obtuvo una red de coocurrencias más consistente, lo que permitió un análisis más robusto de la información.

En el Centro de Investigación Tibaitatá (C. I. Tibaitatá) se destaca un grupo de cinco autores líderes en diferentes áreas de investigación. Estos autores se especializan en control biológico y manejo integrado de plagas con enfoque en fitopatología y microbiología, entomología, herramientas bioinformáticas aplicadas a la selección genómica en bovinos, genética molecular, bancos de germoplasma animal y biotecnología animal, evaluación de la calidad nutricional y funcional de recursos alimenticios en sistemas de alimentación, así como en la recuperación de suelos y fertilización integrada de cultivos de interés económico en el país. De acuerdo con la figura 52, el mapa de red de autores del C. I. Tibaitatá revela que en el conjunto de datos existen 41 autores con al menos 10 publicaciones y 475 conexiones entre ellos. Estos autores están distribuidos en 6 nodos, de los cuales cuatro están liderados por los mencionados cinco autores principales del C. I. Tibaitatá. Es importante destacar que uno de estos cuatro nodos evidencia una colaboración notable entre las investigadoras Villamizar Rivero y Cotes Prado. Dentro de esta red también cabe resaltar que los autores Burgos Paz y Cerón Muñoz han trabajado en colaboración con Martínez Sarmiento en proyectos recientes, y que Castro Rincón y Estrada Bonilla han colaborado estrechamente con Bonilla Buitrago. Tanto Martínez Sarmiento como Bonilla Buitrago cuentan con una trayectoria significativa, con publicaciones que abarcan más de una década, y forman parte del grupo de los cinco autores con más publicaciones en el C. I. Tibaitatá.

En el C. I. La Libertad (C. I. Libertad), los cinco autores con más publicaciones en la ventana de tiempo analizada se especializan en ecología de cultivos y desarrollo de cadenas de valor para frutales, entomología agropecuaria, manejo integrado de plagas, control biológico y fitomejoramiento de variedades de cultivos como trigo, arveja, maíz, algodón y café. Además, se enfocan en el manejo integrado de plagas (MIP), así como en la biología y ecología funcional de artrópodos en agroecosistemas para promover la intensificación ecológica de los cultivos. También se destacan en campos como la biogeografía agrícola, agroecología y agroevolución. De acuerdo con la figura 51, el mapa de red de autores del C. I. La Libertad muestra que existen 24 autores con al menos 5 publicaciones y 32 conexiones entre ellos. Estos autores se distribuyen en una estructura social de la ciencia conformada por 5 nodos, algunos de los cuales son liderados por los cinco autores principales del C. I. La Libertad. Es importante destacar que los investigadores Porcel y González Orozco trabajan en colaboración dentro de esta comunidad científica, y que los autores Orduz Rodríguez y Campuzano Duque tienen el potencial de desempeñar papeles importantes en la transmisión de información, ya que comparten ideas y promueven la interdisciplinariedad y la polinización cruzada dentro de la comunidad.





En el Centro de Investigación La Selva, los cinco autores más destacados cuentan con entre 11 y 24 publicaciones en el período analizado. Sus investigaciones abordan temáticas diversas, como la adaptación genética en plantas y árboles de interés agroecológico mediante herramientas genómicas y ecológicas, mejoramiento genético, variabilidad, caracterización y evaluación morfológica, así como análisis químicos, físicos y fisicoquímicos durante la maduración de frutas tropicales y su relación con índices de calidad unificados. Además, se exploran temas relacionados con la ecología, el manejo integrado de plagas y la genética de poblaciones de insectos plaga. Estos autores son miembros o colaboradores de diversas sociedades científicas, entre ellas la American Society for Horticultural Science, Tomato Genetics Cooperative, PEA Genetics Association, Sociedad Colombiana de Genética, Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos, Asociación Colombiana de Fitopatología, Passiflora International Society y la Comisión de Recursos Genéticos de la FAO. Según la figura 51, el mapa de red de autores del C. I. La Selva muestra la existencia de 43 autores con al menos 3 publicaciones, con un total de 174 conexiones entre ellos. Estos autores se distribuyen en una estructura social de la ciencia formada por 8 nodos.

En el C. I. Palmira destaca Kondo R. Demian como el autor con el mayor número de publicaciones acumuladas en el período analizado entre todos los Centros de Investigación de la corporación. Demian es Ingeniero Agrónomo y posee un Máster en Ciencias de la Universidad de Agricultura de Tokio, así como un Doctorado de Auburn University en Alabama. También realizó estudios posdoctorales en la Universidad de California, Davis, EE. UU. Su trabajo se centra en el manejo integrado de plagas de frutales tropicales, con especialización en taxonomía de insectos escama. Kondo R. desempeña, además, roles destacados como editor en jefe de la Revista Colombiana de Entomología (desde 2021) y de la revista corporativa *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (hasta octubre de 2021). También actúa como editor temático en diversas revistas científicas y es miembro de organizaciones académicas como la Entomological Society of America, la Sociedad Colombiana de Entomología y la International Organization for Biological Control (IOBC), Neotropical Regional Section (NTRS). Ha escrito más de 195 artículos científicos en revistas indexadas, libros y capítulos de libros. Su obra más reciente es la Encyclopedia of Scale Insect Pests [Enciclopedia de Insectos Escama Plaga], publicada por CABI, que proporciona información detallada sobre 230 especies de insectos escama plaga en 26 familias en todo el mundo. La red de investigadores del C. I. Palmira presenta 35 autores con al menos 3 publicaciones, con un total de 140 conexiones entre ellos, distribuidos en una estructura social de la ciencia con 6 nodos.

El C. I. Obonuco, situado en Nariño, se destaca por sus investigaciones en el mejoramiento de cultivos de clima frío y ganado bovino. Su agenda de investigación incluye papa, achira, hortalizas, leguminosas, caña panelera, ganadería lechera, especies menores, frutales andinos y forestales. Los investigadores de mayor relevancia se enfocan en alternativas sostenibles para la alimentación animal, estrategias agroecológicas para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en plantas, manejo de suelos y agua, pasturas y forrajes, sistemas silvopastoriles y manejo integrado de plagas. La red de este Centro cuenta con 63 autores con al menos 2 publicaciones, con un total de 368 conexiones entre ellos, distribuidos en 8 nodos.



El nodo con mayor número de autores (16) es liderado por el investigador Castro Rincón, quien ocupa el tercer lugar en toda la corporación en número de publicaciones dentro del período analizado.

En lo que respecta a los Centros de Investigación Central, Nataima, Motilonia, El Nus y Caribia, los investigadores que integran el top 5 poseen, en promedio, una cantidad similar de publicaciones acumuladas durante el período analizado, así como mapas de red con patrones semejantes. Sin embargo, en el caso del C. I. La Suiza su mapa de red exhibe un menor número de autores en comparación con los demás Centros. Se observa que cuenta únicamente con 19 autores con al menos dos publicaciones dentro del período analizado, lo que da lugar a un total de 73 conexiones entre ellos.

El Centro de Investigación El Mira, con sede en Tumaco, Nariño, se ha especializado en la investigación de palmáceas de relevancia económica, como la palma de aceite, el coco y el chontaduro. Además, es reconocido como el principal repositorio de los Bancos Nacionales de Germoplasma de Palma de aceite (*Elaeis oleifera*) y Chontaduro (*Bactris gasipaes*). No obstante, durante el período analizado, el grupo de los cinco autores más destacados del Centro solo ha acumulado una o dos publicaciones por autor, lo que se traduce en una red de colaboración conformada por 10 investigadores con al menos una publicación, distribuidos en tres nodos y conectados por un total de 22 enlaces. Esta red exhibe un alcance limitado en términos de colaboración con otras instituciones y una fuerza de coautoría reducida. Esto se refleja también en la red de colaboración institucional del Centro, conformada por 10 instituciones distribuidas en tres nodos, siete de ellas concentradas en uno solo, entre las que se incluyen la Universidad de Nariño, la Universidad del Tolima, la Universidad de Purdue, el CIAT, la Fundación Biofuturo y empresas como Cartón de Colombia S. A. – Smurfit Kappa.

Autor con más publicaciones por Centro de Investigación



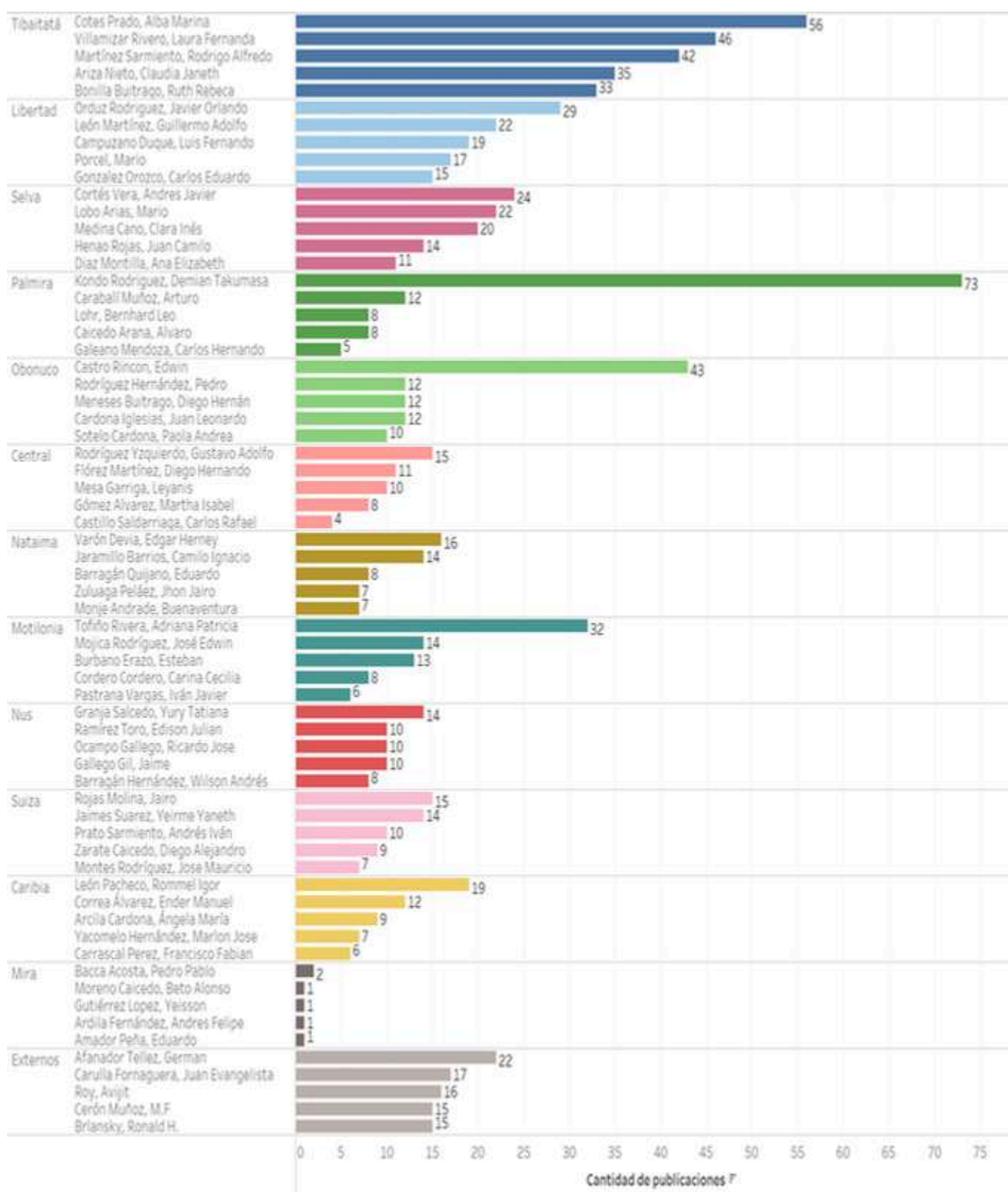
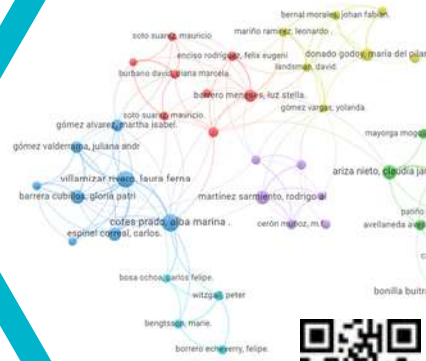


Figura 51. Principales cinco investigadores por centro de investigación

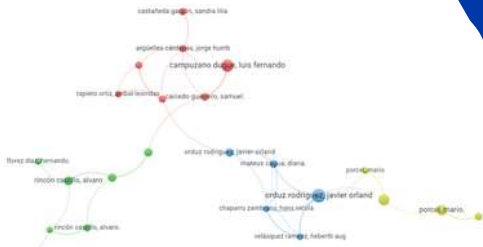
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: Tableau®



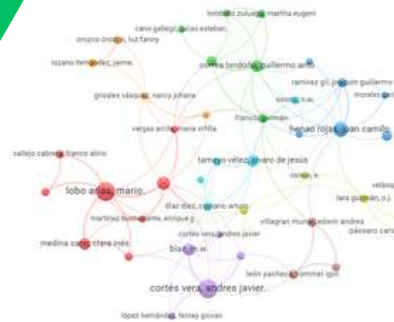
Tibaitatá



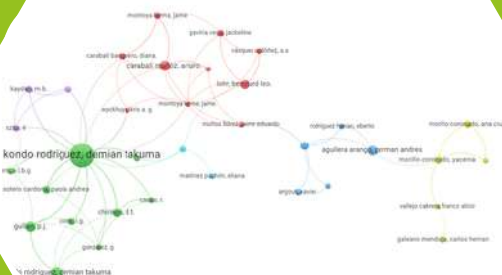
La Libertad



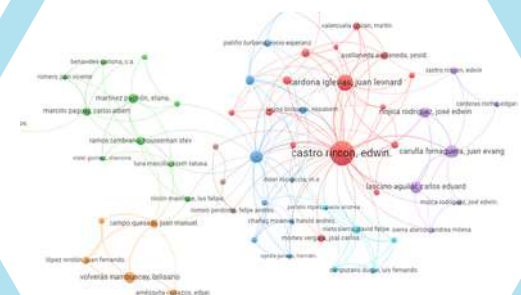
La Selva



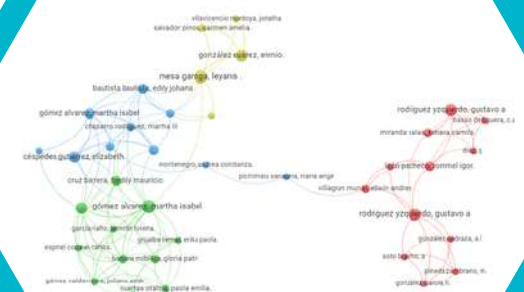
Palmira



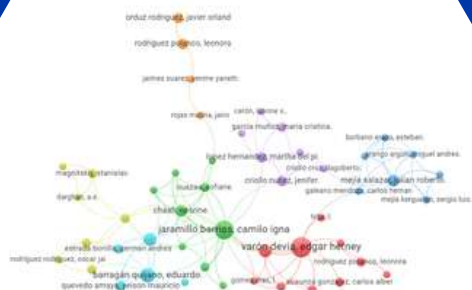
Obonuco



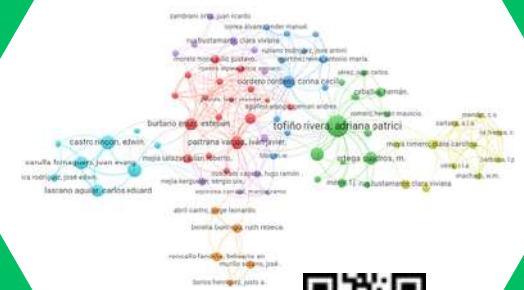
Sede Central



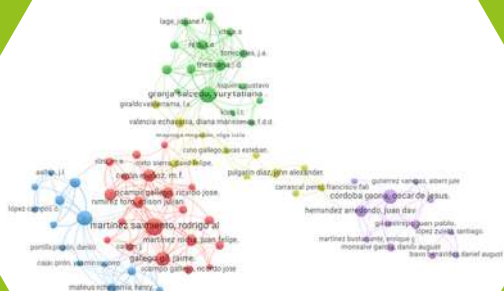
Nataima



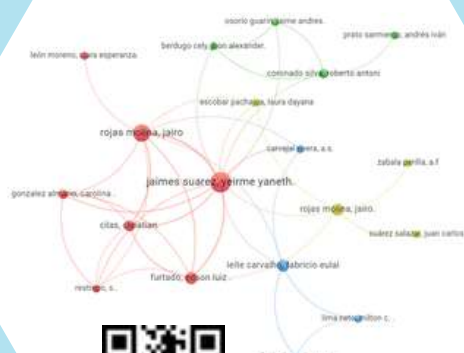
Motilonia



El Nus



La Suiza



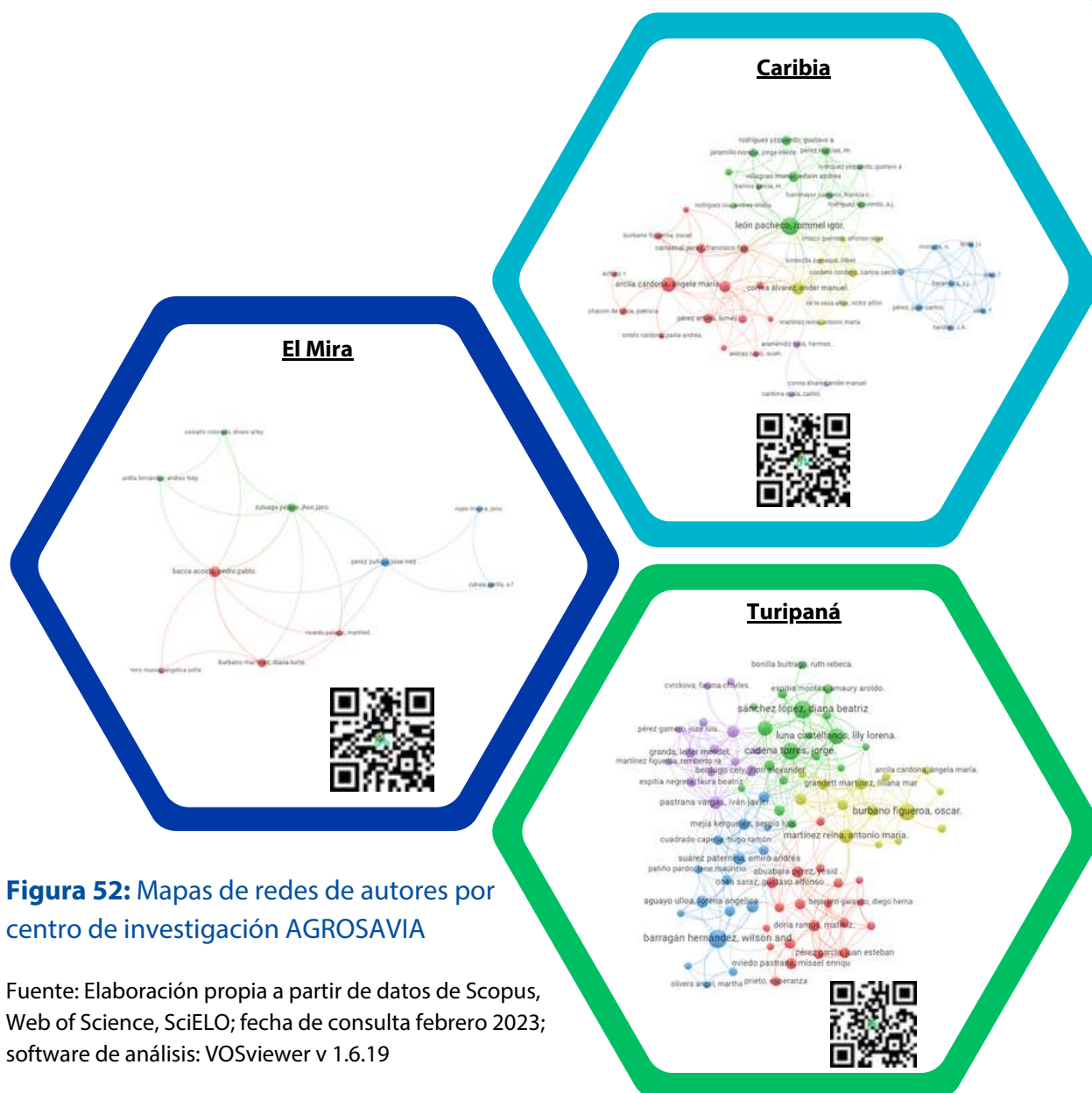


Figura 52: Mapas de redes de autores por centro de investigación AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta febrero 2023; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19

5.4. Principales aliados por Centro de Investigación

Para el análisis de las publicaciones por afiliaciones, se evaluó la institución con la cual el autor publicó su trabajo. La figura 53 muestra el ranking de las cinco organizaciones con mayor producción científica con las que trabaja la corporación en cada centro de investigación. En los mapas de coocurrencia de la figura 54, el tamaño de los círculos guarda proporción con el grado de contribución de cada organización, medido en número de publicaciones; las líneas conectan las instituciones, y la fuerza de los enlaces indica la cantidad de publicaciones en las que dos instituciones aparecen juntas, lo que se define como fuerza de asociación.

El software *VOSviewer* calcula esta fuerza entre elementos que son similares, donde, como lo establece la herramienta, dicha fuerza “es una proporción del total de coocurrencias entre elementos con respecto al total esperado de coocurrencias entre esos elementos, asumiendo que son estadísticamente independientes”.

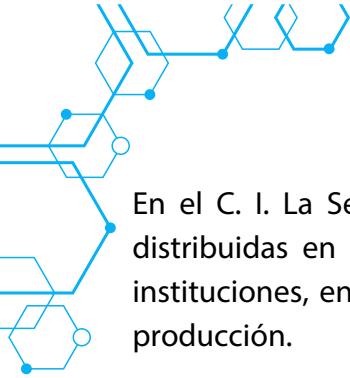
De acuerdo con los resultados, se observa que en la Sede Central y los Centros de Investigación Nataima, Motilonia, El Nus, Caribia y El Mira existe una alta dispersión entre las instituciones. Sin embargo, también se aprecia que las instituciones con mayor número de resultados en estos Centros, y en los demás, son la Universidad Nacional de Colombia y el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT.

En el C. I. Tibaitatá existe una red de 60 instituciones con al menos 5 publicaciones cada una, distribuidas en cuatro clústeres. Uno de ellos, el clúster señalado con color rojo, está conformado por 31 instituciones (más del 50 % del total), entre las cuales se destacan, por su mayor producción, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de los Andes (Uniandes), la Universidad de São Paulo, la Universidad Pontificia Javeriana y el CIAT.

En el C. I. La Libertad existe una red de 157 instituciones con al menos 5 publicaciones cada una, distribuidas en once clústeres. Uno de ellos, el clúster señalado con color rojo, está conformado por 56 instituciones, donde se destacan la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de los Llanos, Uniandes, la Universidad de Florida (EE. UU.), el CIAT y el USDA.

En el C. I. Turipaná existe una red de 88 instituciones con al menos una publicación cada una, distribuidas en doce clústeres. Uno de ellos, el clúster señalado con color rojo y conformado por 37 instituciones, presenta, según la visualización de densidad, mayor producción por parte de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad de Córdoba, la Universidad de Sucre y el CIAT.





En el C. I. La Selva existe una red de 104 instituciones con al menos 1 publicación cada una, distribuidas en ocho clústeres. Uno de ellos, el clúster de color rojo, está conformado por 53 instituciones, entre las cuales se destaca la Universidad Nacional de Colombia como la de mayor producción.

En el C. I. Palmira existe una red más interconectada. Aunque cuenta con un número mayor de clústeres que el C. I. La Selva, solo uno de ellos se diferencia de manera notable: el clúster rojo, conformado por 41 instituciones, donde sobresalen tres instituciones: la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), la Universidad del Valle (Univalle) y el CIAT.

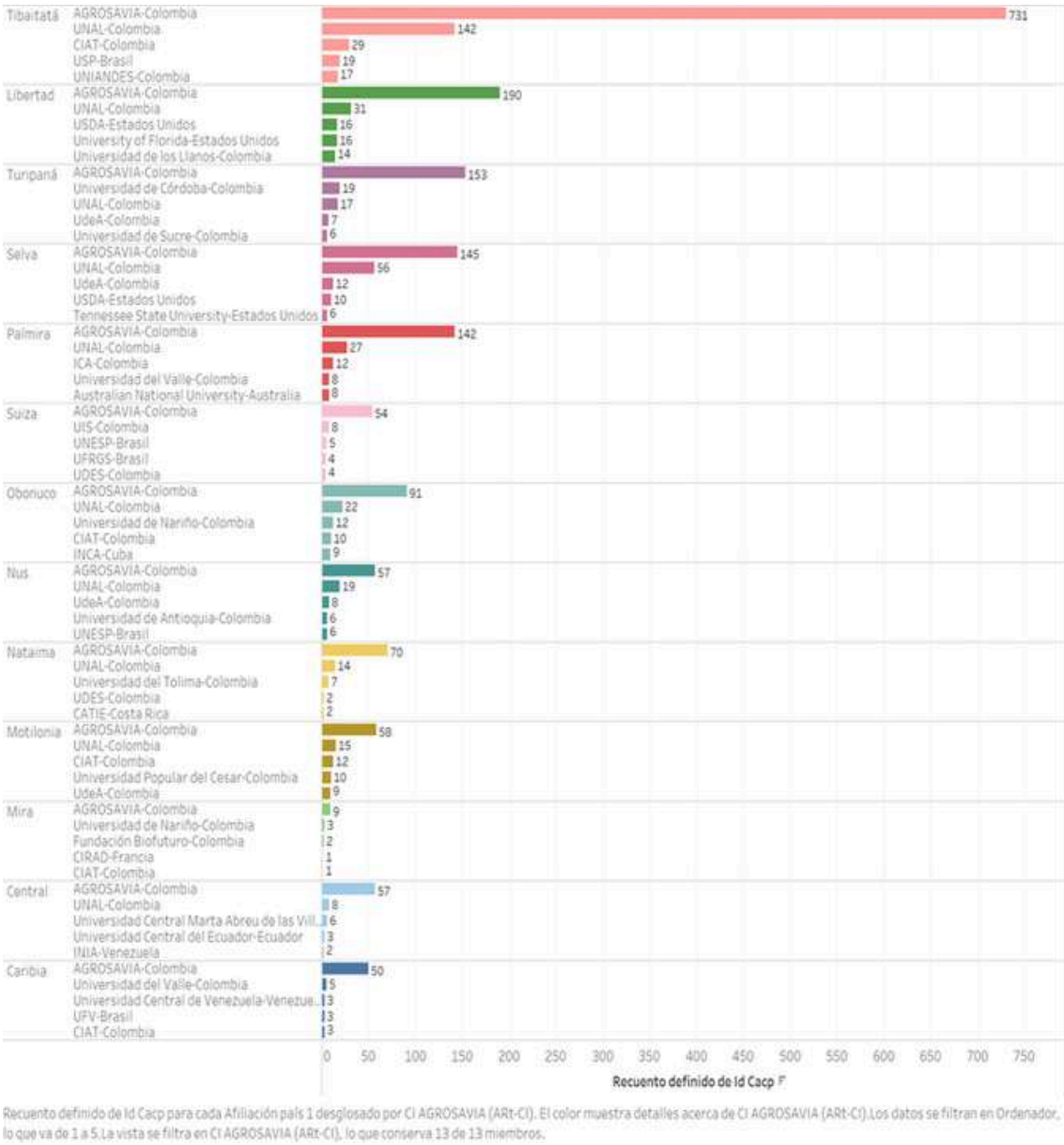
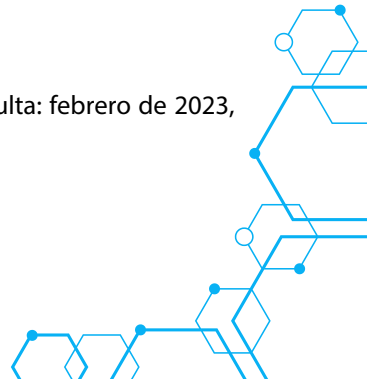


Figura 53. Top de instituciones aliadas por centro de investigación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023, software de análisis: Tableau®



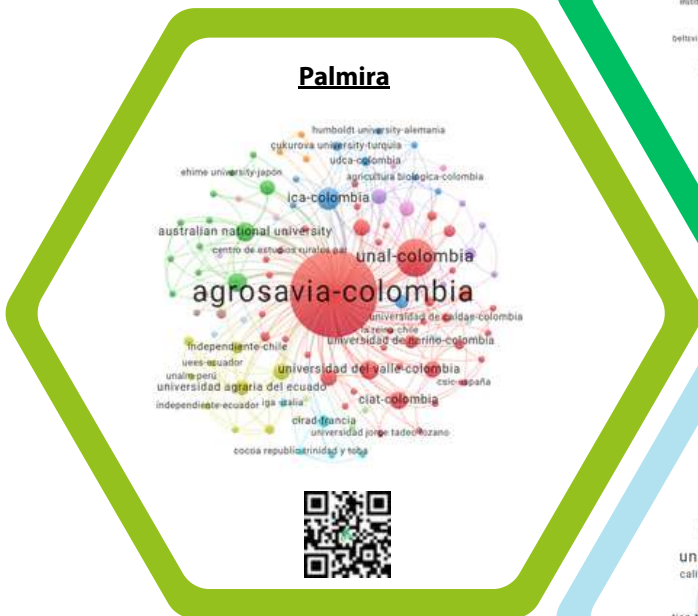
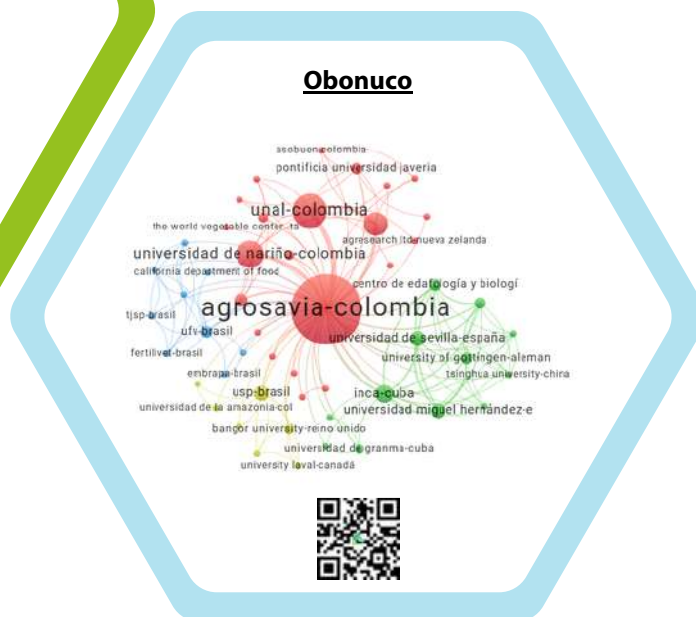




Figura 54. Mapas de colaboración entre países - instituciones filiales de los investigadores por centro de investigación AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero 2023; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19

5.5. Red de **coocurrencia de palabras** por **centro de investigación**

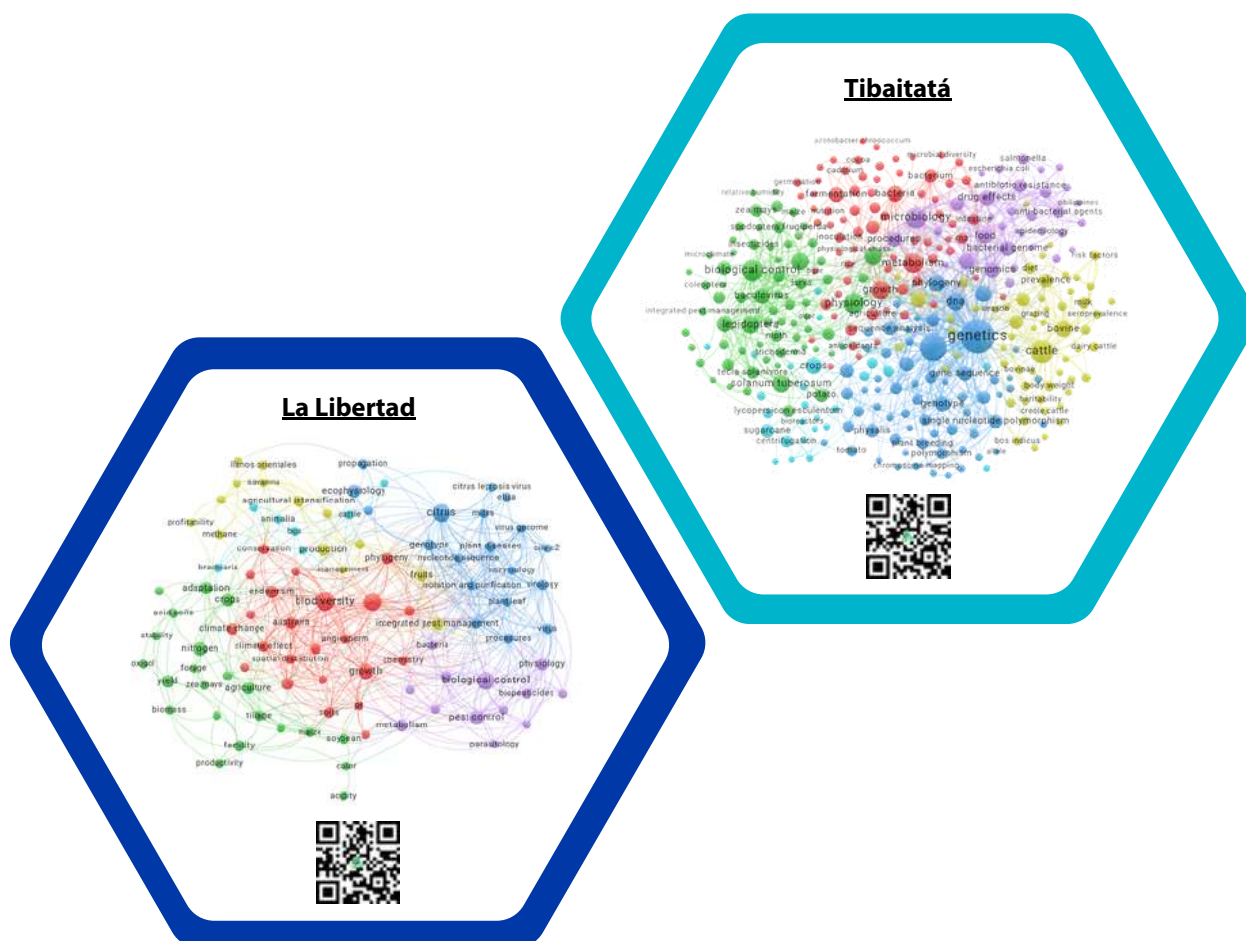
Finalmente, los mapas representados en la figura 55 para cada centro de investigación muestran la frecuencia de aparición de las palabras clave proporcionadas por los propios documentos, siendo el tamaño de las etiquetas proporcional a la frecuencia de aparición de los términos y a su peso. El conglomerado central del mapa indica una alta interrelación entre las palabras clave que lo componen, mientras que los clústeres ubicados en los bordes de los mapas sugieren una menor interrelación entre dichos términos.

Cuanto mayor sea el círculo, mayor será la frecuencia de aparición del término específico; y cuanto menor sea la distancia entre dos términos o círculos, mayor será la coocurrencia entre ellos. Los colores indican grupos de términos estrechamente relacionados. El análisis de conglomerados basado en la coocurrencia de términos permite identificar, en la mayoría de los mapas, cinco conglomerados principales: rojo, verde, morado, azul y amarillo.

En el caso de la red del C. I. Tibaitatá, al observar los resultados del análisis de coocurrencia de palabras clave, resulta evidente que las principales áreas de investigación se centran en genética, control biológico, microbiología y ganadería. Esto se desprende de las agrupaciones y del tamaño tanto de los clústeres como de los nodos que las componen.

Por otro lado, en el C. I. La Libertad, los temas más recurrentes incluyen genética, biodiversidad, control biológico, enfermedades de plantas y cítricos. En cuanto a los Centros de Investigación La Selva y Palmira, también se enfocan en investigaciones genéticas, pero con un énfasis particular en frutas en el caso del C. I. La Selva y en cacao en el caso del C. I. Palmira.

Sin embargo, otros Centros como Caribia, El Mira y La Suiza muestran que los términos de coocurrencia proporcionados por VOSviewer permiten visualizar una estructura del campo de conocimiento que se concentra en pocas temáticas. Esto sugiere que los estudios han estado mayormente enfocados en cuatro o cinco temas específicos o que los procesos de investigación aún se encuentran en una etapa incipiente.



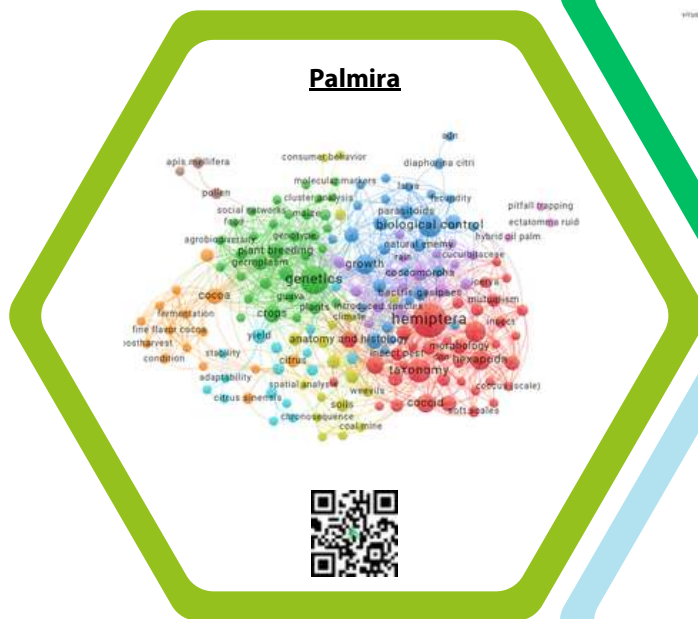
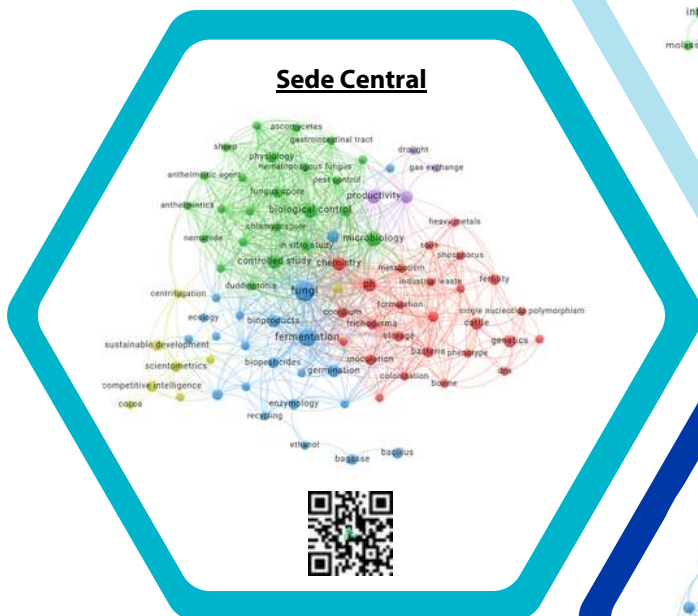
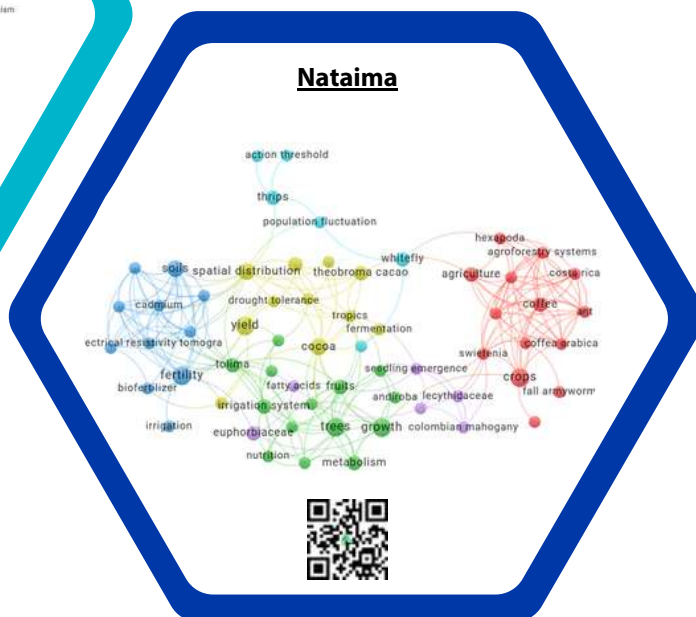
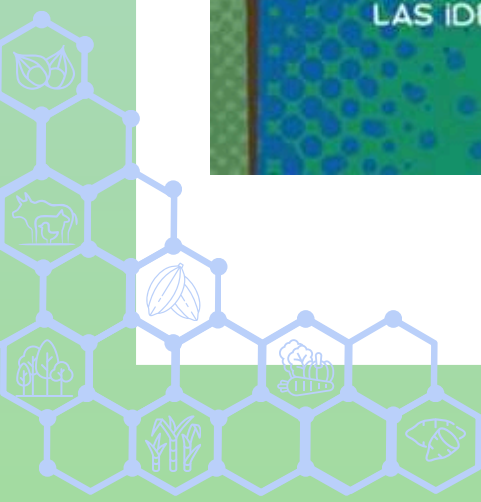




Figura 55. Mapas de redes de tópicos de investigación por centro de investigación AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19





Capítulo 6.

Productividad científica: análisis desde las redes de innovación

“La imaginación es la facultad de descubrir lo invisible”

Ada Lovelace

La productividad científica de AGROSAVIA, analizada desde las redes de innovación, permite comprender cómo se generan, articulan y difunden los conocimientos en los diferentes sistemas agroalimentarios en los que la Corporación desarrolla su quehacer científico. Este capítulo aborda la dinámica de publicaciones y citaciones, identifica los principales tópicos y patrones de investigación mediante redes de coocurrencia y examina las interacciones entre investigadores y aliados institucionales a través de redes de coautoría y para cada una de las redes de innovación. En conjunto, este análisis ofrece una visión integrada de la estructura científica de las redes de innovación y de los factores que impulsan su consolidación y alcance.

6.1 Dinámica de **publicaciones y citaciones** totales por **red de innovación**

La producción científica experimentó un crecimiento constante en todas las Redes de Innovación, con una tasa de crecimiento promedio anual del 15 %. Las Redes de Innovación con la mayor producción científica acumulada en el período 1995 - 2022 fueron, en su orden, Ganadería y Especies Menores (463 publicaciones), Frutales (365) y Cultivos Transitorios y Agroindustriales (259), que concentraron el 69 % de las publicaciones. Estas redes, a su vez, presentan los mayores promedios de publicaciones por año, con un valor promedio de 14,9; mientras que las Redes de Hortalizas y Plantas Aromáticas, Raíces y Tubérculos, Cultivos Permanentes y Cacao obtuvieron un promedio de 7,1 publicaciones por año (figura 56).



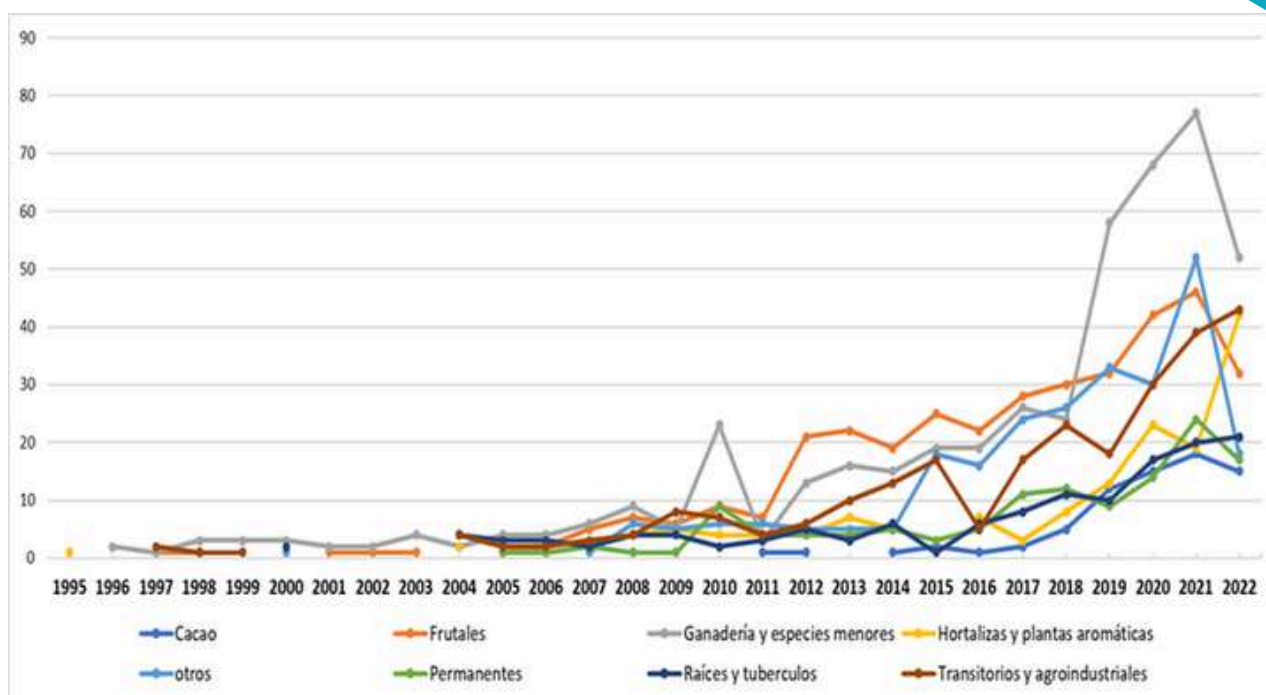


Figura 56. Dinámica de publicaciones por red de innovación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®

En la tabla 13 se presentan los principales indicadores bibliométricos por red de innovación, en donde se observa que las redes con el mayor crecimiento en número de publicaciones fueron, en su orden, las Redes de Innovación de Frutales (18,9 %) Cacao (17,8 %) y Cultivos Permanentes (17,5 %). Aunque, cabe anotar que, para el año 2022, la producción científica de las Redes de Ganadería y Especies Menores, Frutales, Cultivos Permanentes y Cacao disminuyó después de mantener un crecimiento constante y continuo desde 2012.

Respecto al tiempo de duplicación, entendido como el tiempo transcurrido en años que tarda en alcanzarse el doble de publicaciones indexadas, se evidencia que la red de Cacao obtuvo el menor tiempo para duplicar su número de publicaciones, con 3,3 años. Por su parte, los mayores tiempos se registraron en las redes de Raíces y Tubérculos (7 años), Hortalizas y Plantas Aromáticas (5,4 años), Cultivos Transitorios y Agroindustriales (4,9) y Ganadería y Especies Menores (4,7).

En cuanto a los valores de citas, el número total de estas presentó valores similares y en correspondencia directa con el número total de publicaciones. Las redes de Ganadería (4.372 citas), Frutales (2.151) y Cultivos Transitorios y Agroindustriales (1.868) registraron las mayores cantidades. Entre tanto, el promedio de citas por publicación mostró los valores más altos en las redes de Ganadería y Especies Menores, con 9,4 citas por artículo, Permanentes (7,6) y Transitorios (7,2). Las demás redes obtuvieron, en promedio, 5,3 citas por publicación.

Por su parte, el índice h presenta valores acordes con el volumen de producción científica, donde las Redes de Innovación de Ganadería y Especies Menores, Frutales y Cultivos Transitorios y Agroindustriales registran los mayores valores, con un promedio de 25, mientras que las redes de Hortalizas y Plantas Aromáticas, Raíces y Tubérculos, Cultivos Permanentes y Cacao obtuvieron en promedio un índice de 13.

De acuerdo con la descripción anterior de los datos, se puede inferir que las Redes de Innovación de Ganadería y Especies Menores y Frutales lograron el mejor desempeño en cuanto a producción científica, reuniendo los mayores valores en los criterios de crecimiento, citas y tiempo de duplicación.

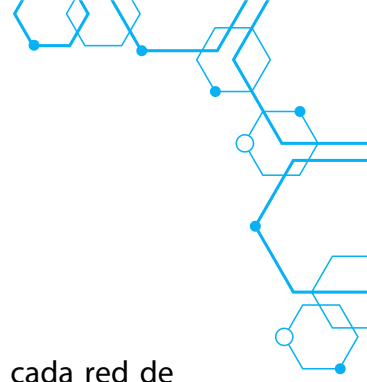
Tabla 14. Indicadores bibliométricos por red de innovación de AGROSAVIA

Red de innovación	Nº de publicaciones 1993-2022	Promedio publicaciones por año	Tasa de crecimiento promedio anual	Total citas 1993-2022	Promedio citas por publicación	Tasa de duplicidad	Índice H
Ganadería y Especies Menores	463	6,2	15,9	4.372	9,4	4,7	31
Frutales	365	15,1	18,9	2.151	5,9	3,7	23
Cultivos Transitorios y Agroindustriales	259	11,8	12,9	1.868	7,2	4,9	23
Hortalizas y Plantas Aromáticas	154	8,6	11,9	852	5,5	5,4	15
Raíces y Tubérculos	138	6,8	11,4	831	6,0	7	15
Cultivos Permanentes	127	7,1	17,5	961	7,6	4	14
Cacao	74	6,2	17,8	436	5,9	3,3	10

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365°

6.2 Redes de **coocurrencia temática, coautoría y redes de colaboración con instituciones**

Se construyeron redes de coocurrencia para identificar tópicos temáticos de investigación, redes de coautoría y redes de colaboración con instituciones, a través de la herramienta de software *VOSviewer*®, la cual analiza la coocurrencia de palabras clave incluidas en el registro de las distintas publicaciones y las visualiza en una red de nodos y líneas de relacionamiento. En esta representación es posible identificar clústeres temáticos, cada uno constituido por nodos de un mismo color.



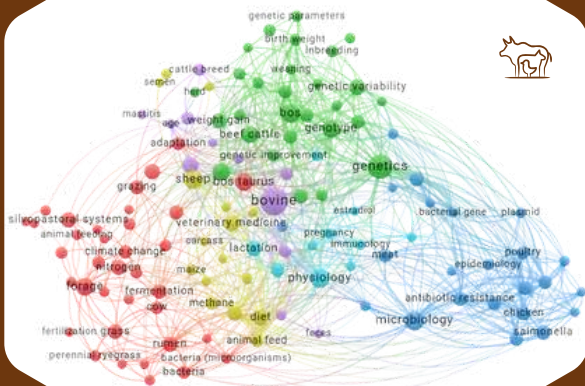
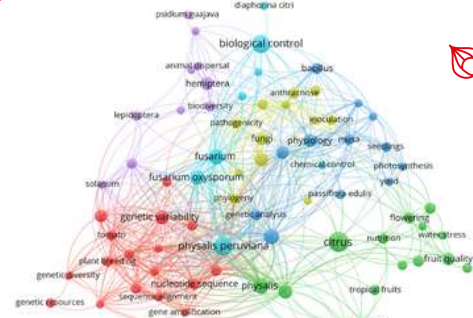
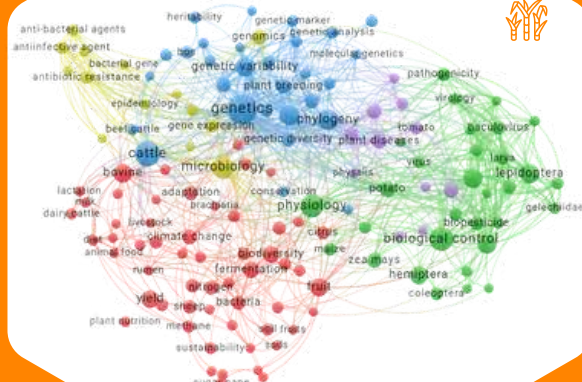
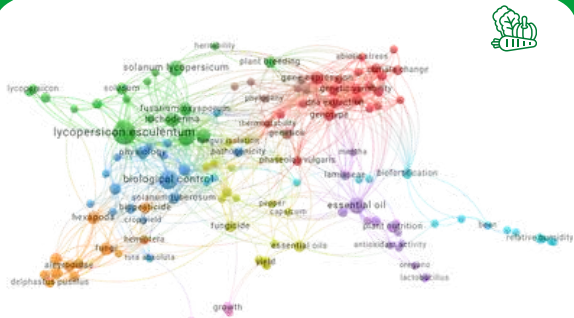
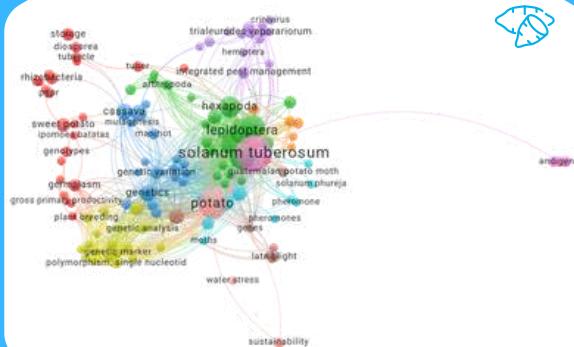
En la figura 57 se pueden visualizar las distintas redes de coocurrencia por cada red de innovación. En primer lugar, en la Red de Ganadería y Especies Menores se identificaron cinco clústeres temáticos, en los cuales predominan los estudios en sistemas ganaderos bovinos, ovinos y de aves, en ese orden de importancia. Los temas de mayor ocurrencia son la alimentación animal, los forrajes, los sistemas silvopastoriles, la digestibilidad de alimentos y la absorción de nutrientes, así como la microbiología, la resistencia a antibióticos, el mejoramiento genético, el cruce de razas, la reproducción animal y la adaptación al cambio climático.

Los tópicos temáticos más abordados en la Red de Frutales fueron: manejo de enfermedades en especial antracnosis y las causadas por *Fusarium*, control biológico, mejoramiento genético, aprovechamiento de recursos genéticos, fisiología, nutrición y calidad de fruta, siendo las especies más estudiadas los cítricos, uchuva, aguacate, guayaba y pasifloras. La red de coocurrencia de la Red de Transitorios evidencia un énfasis en los temas de control biológico, fisiología, variabilidad genética y nutrición vegetal, concentrando su investigación en cultivos de caña panelera, soya y maíz.

En la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas los tópicos temáticos con la mayor concentración de publicaciones son: el mejoramiento genético, expresión de genes y variabilidad genética, control biológico, aceites esenciales, fisiología y nutrición vegetal, control biológico y cambio climático y estrés abiótico. La mayoría de las investigaciones se han realizado en los cultivos de tomate, pimentón, frijol, orégano y menta. Para la Red de Raíces y Tubérculos se identifica un énfasis en las temáticas de investigación de: control biológico, análisis de variación genética, mejoramiento genético, fisiología, manejo integrado de plagas, germoplasma, patogenicidad y virología, con una concentración de investigaciones en los cultivos de papa, yuca y batata.

En la Red de Cultivos Permanentes, los tópicos temáticos más abordados identificados por el análisis de coocurrencia comprenden áreas como: la biodiversidad, sistemas agroforestales, estudios filogenéticos, manejo de plagas, cambio climático y ecosistemas, siendo las especies más estudiadas palma de aceite, chontaduro y eucalipto. En la Red de Cacao se puede identificar la concentración de investigaciones en los siguientes temas: absorción de cadmio, germoplasma y diversidad genética, resistencia a enfermedades, agroforestería, biodiversidad, poscosecha, proceso de fermentación de grano de cacao y análisis sensorial.





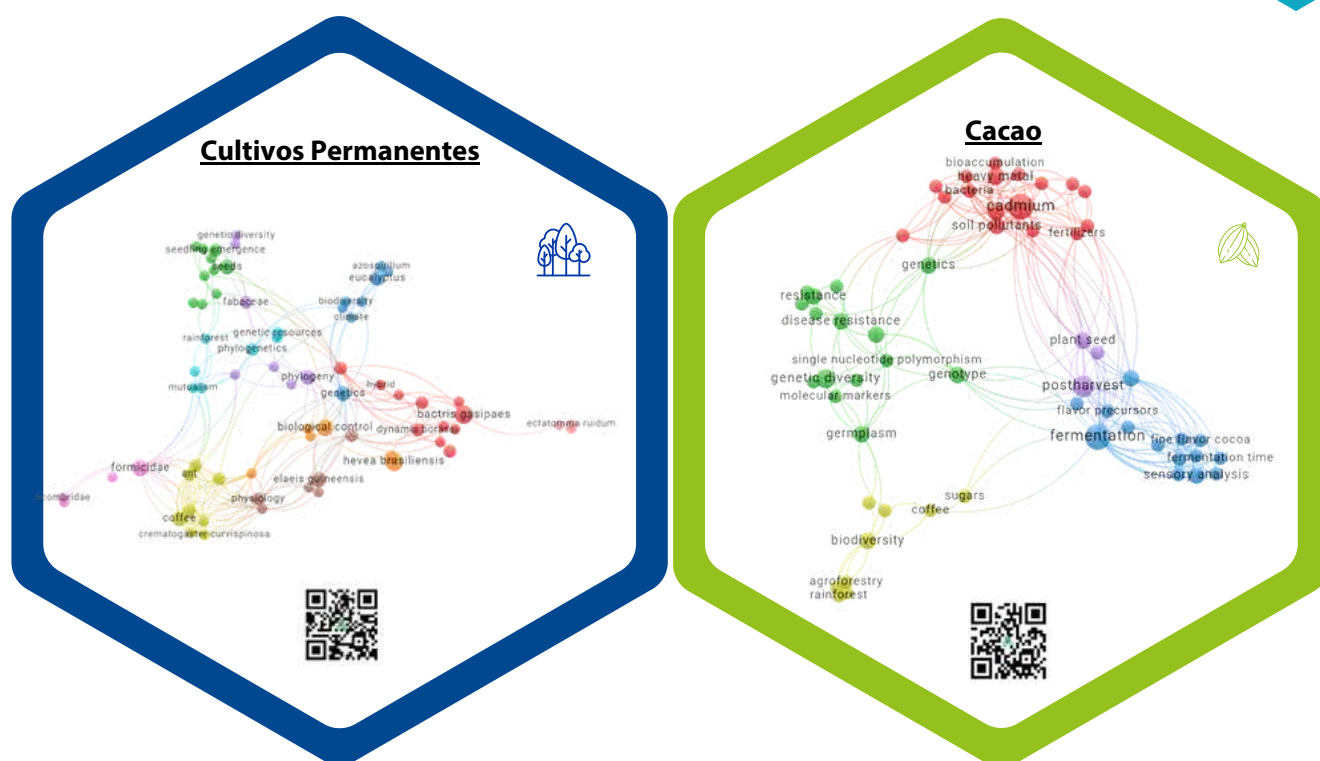


Figura 57. Mapas de redes de tópicos de investigación por red de innovación de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero de 2023; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19.

6.3 Redes de coocurrencia de **coautorías** según **redes de innovación**

En la figura 58 se pueden visualizar las redes de coautoría por red de innovación, las cuales permiten identificar el grado de colaboración entre investigadores para la generación de publicaciones científicas.

La red de coautoría de la Red de Innovación de Ganadería y Especies Menores está conformada por una estructura de colaboración compuesta por 133 nodos de investigadores que cuentan con al menos cuatro publicaciones y que comparten 442 vínculos de relación o conexiones. Se destacan, en orden de importancia según los vínculos relacionales para generar publicaciones, los investigadores: Rodrigo Martínez, Edwin Castro Rincón, Claudia Ariza, Wilson Barragán y María del Pilar Donado.

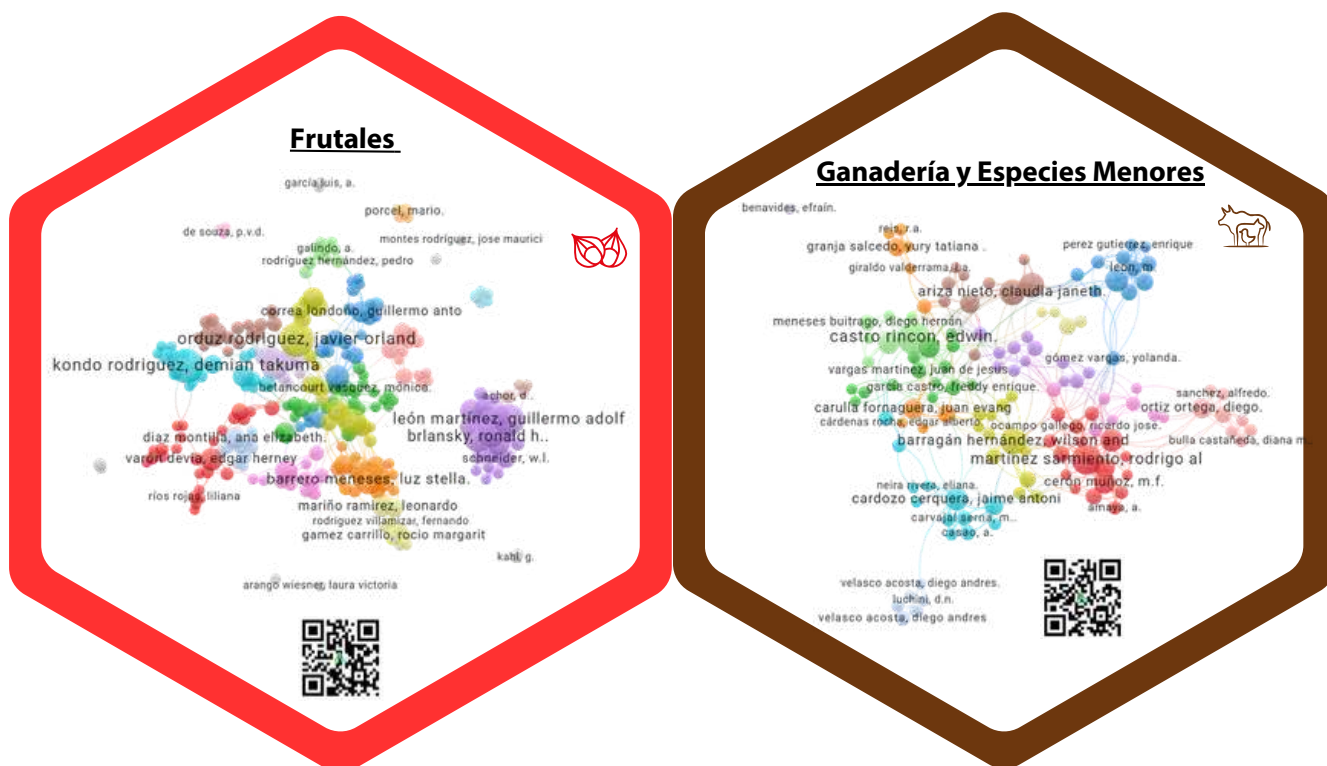
Con un total de 25 clústeres y 758 conexiones, en la Red de Frutales se destacan, por su nivel de relacionamiento, los investigadores Guillermo León, Demian Kondo, Javier Orduz, Luz Stella Barrero y Edgar Varón, quienes participaron conjuntamente en al menos dos publicaciones.



En la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales, los investigadores Laura Villamizar, Gloria Barrera, Óscar Mendieta, Jader Rodríguez Cortina, Ruth Bonilla, Luis Fernando Campuzano y Adriana Tofiño presentan los niveles más altos de coautoría, participando en una red conformada por 19 clústeres y 195 conexiones entre autores con al menos tres publicaciones. Para la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas se identificaron 19 clústeres y 219 conexiones entre investigadores que colaboraron en al menos dos publicaciones, entre los cuales se destacan Adriana Tofiño, Alba Marina Cotes y Edwin Villagrán.

En la Red de Raíces y Tubérculos, los investigadores Lily Luna Castellanos, Diana Sánchez, Alba Marina Cotes, Carlos Espinel, Iván Pastrana y Adriana Tofiño son quienes presentan el mayor número de conexiones de colaboración, en una red conformada por 16 clústeres y 352 conexiones. Con al menos dos publicaciones, John Zuluaga, Óscar Córdoba Gaona, Luz Stella Barrero y Sandra Castañeda, con un promedio de siete conexiones, son los investigadores más destacados en cuanto a coautoría en la Red de Cultivos Permanentes, la cual comprende 21 clústeres y 106 conexiones.

La Red de Cacao, que cuenta con 24 clústeres y 674 conexiones, presenta como investigadores más destacados —con los niveles más altos de colaboración y de número de conexiones— a Yeirme Yaneth Jaimes, María Cristina García, Sebastián Escobar, Jader Rodríguez, Daniel Bravo y Roxana Yockteng.



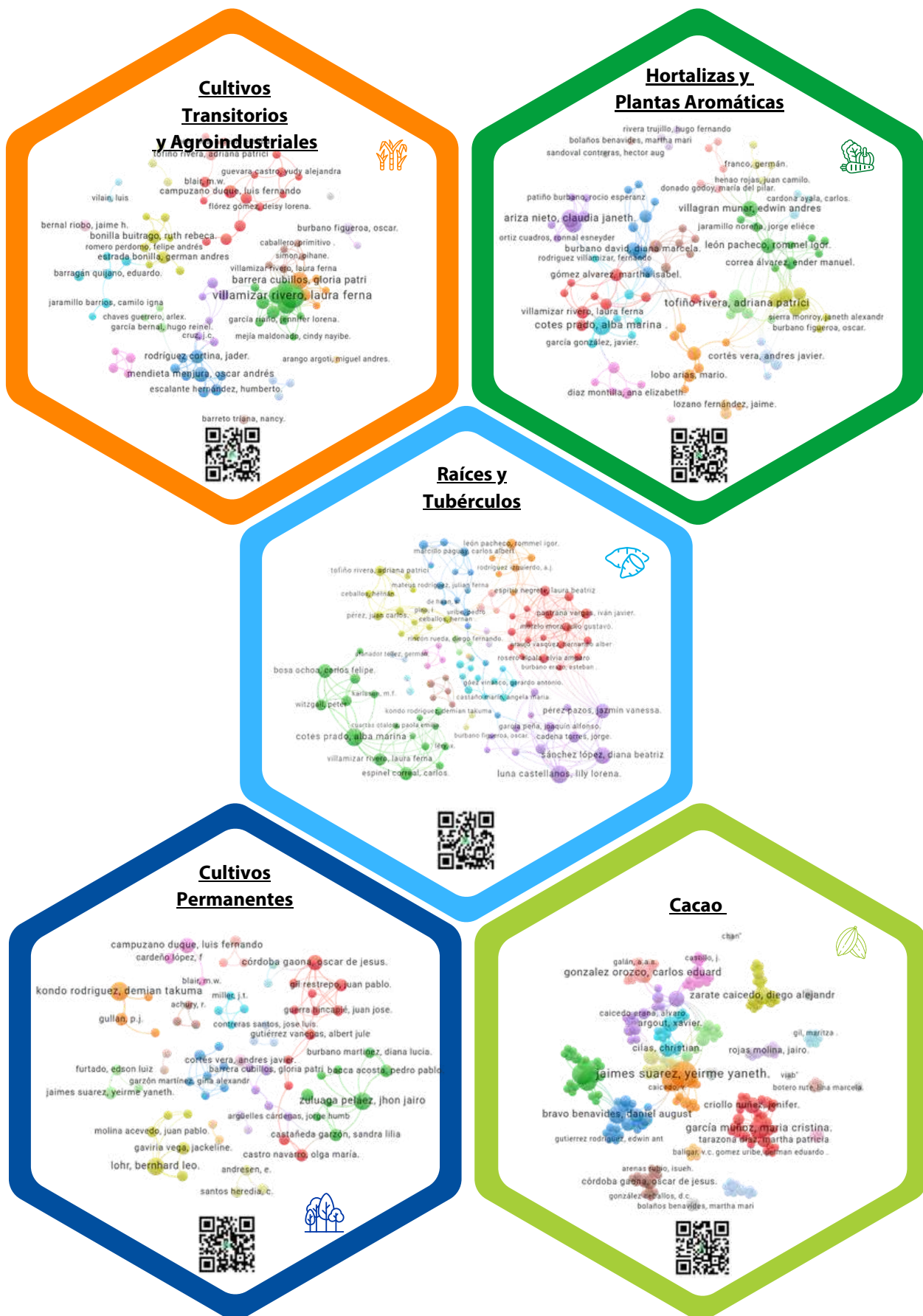
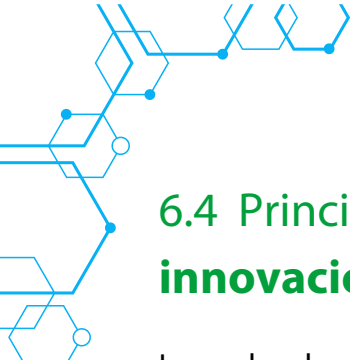


Figura 58. Redes de coautoría por red de innovación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero 202; software de análisis VOSviewer v 1.6.19



6.4 Principales instituciones aliadas según redes de innovación

Las redes de colaboración entre AGROSAVIA e instituciones por red de innovación se pueden apreciar en la figura 59. En la Red de Ganadería y Especies Menores, conformada por ocho clústeres o grupos de colaboración y que alcanza 218 relacionamientos o conexiones, la mayoría de estos se establecen con la Universidad Nacional de Colombia, seguida en orden de importancia por la Universidad de Antioquia, el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT y VECOL. A nivel internacional se destacan los vínculos con la Universidad de São Paulo y la Universidad Estatal Paulista, en Brasil, así como con la Universidad de California y la Universidad de Florida, en Estados Unidos.

En la Red de Frutales se identificaron 16 clústeres y 87 vínculos de relacionamiento. A nivel nacional, la mayoría de las colaboraciones están asociadas a la Universidad Nacional de Colombia, el CIAT, el ICA, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y la Universidad de Caldas. A nivel internacional, los mayores relacionamientos se presentan con la Universidad de Florida y el USDA (Estados Unidos), Embrapa (Brasil) y la Universidad Politécnica de Valencia (España).

La Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales, conformada por 19 clústeres y 410 conexiones, evidencia como principales instituciones nacionales colaboradoras a Fedearroz, Fenalce, Cenicaña, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de los Andes y el CIAT. La colaboración internacional se concentra en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo – CIMMYT, Kansas State University y la University of California (Estados Unidos), la Universidad de São Paulo (Brasil) y la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (Cuba).

Entre las entidades nacionales con mayores niveles de colaboración en la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas se destacan la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad del Valle, la Pontificia Universidad Javeriana y el CIAT. En cuanto a colaboraciones internacionales, son relevantes las coautorías realizadas con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP (Ecuador), la University of Florida, la Universidad del País Vasco y el INTA (Argentina). Esta red está conformada por 14 clústeres y 205 conexiones.

En la Red de Raíces y Tubérculos se identificaron 30 clústeres y 158 relacionamientos. Las entidades nacionales con mayor nivel de colaboración fueron la Universidad Nacional de Colombia, el CIAT, la Universidad de La Salle, la UPTC, la Universidad de Antioquia y la Pontificia Universidad Javeriana. A nivel internacional, la mayor concentración de vínculos se generó con Cornell University (Estados Unidos), el IRD – Institut de Recherche pour le Développement (Francia), Michigan State University (Estados Unidos), el Centro Internacional de la Papa (Perú) y Embrapa (Brasil).



En la Red de Cultivos Permanentes donde se identificaron 17 clústeres y 442 vínculos de relacionamiento, el mayor número de colaboraciones se realizaron a nivel nacional con la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de Antioquia, el CIAT y la Universidad de Nariño. A nivel internacional, se destaca la colaboración con Universidade Estadual Paulista y Embrapa de Brasil, CATIE de Costa Rica y la Australian National University.

Para la Red de Cacao, en la cual se generaron 83 conexiones y 19 clústeres, las instituciones con las cuales AGROSAVIA tuvo mayor relacionamiento, fueron la Universidad nacional de Colombia, Fedecacao, Universidad Industrial de Santander, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad de los Andes y Universidad de Nariño. A su vez, se evidenciaron colaboraciones con entidades internacionales como el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo - CIRAD (Francia), Purdue University y Washington State University.



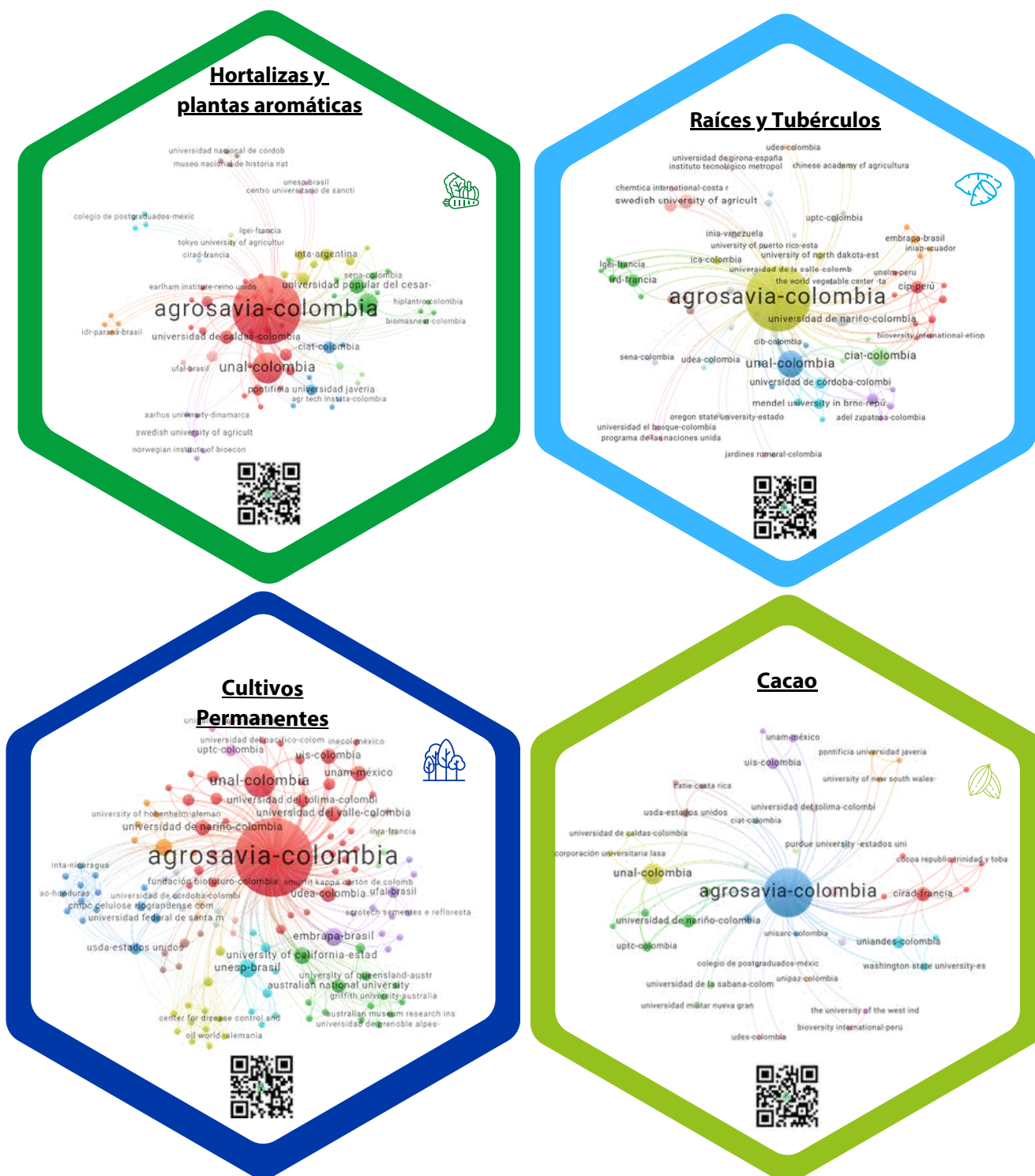
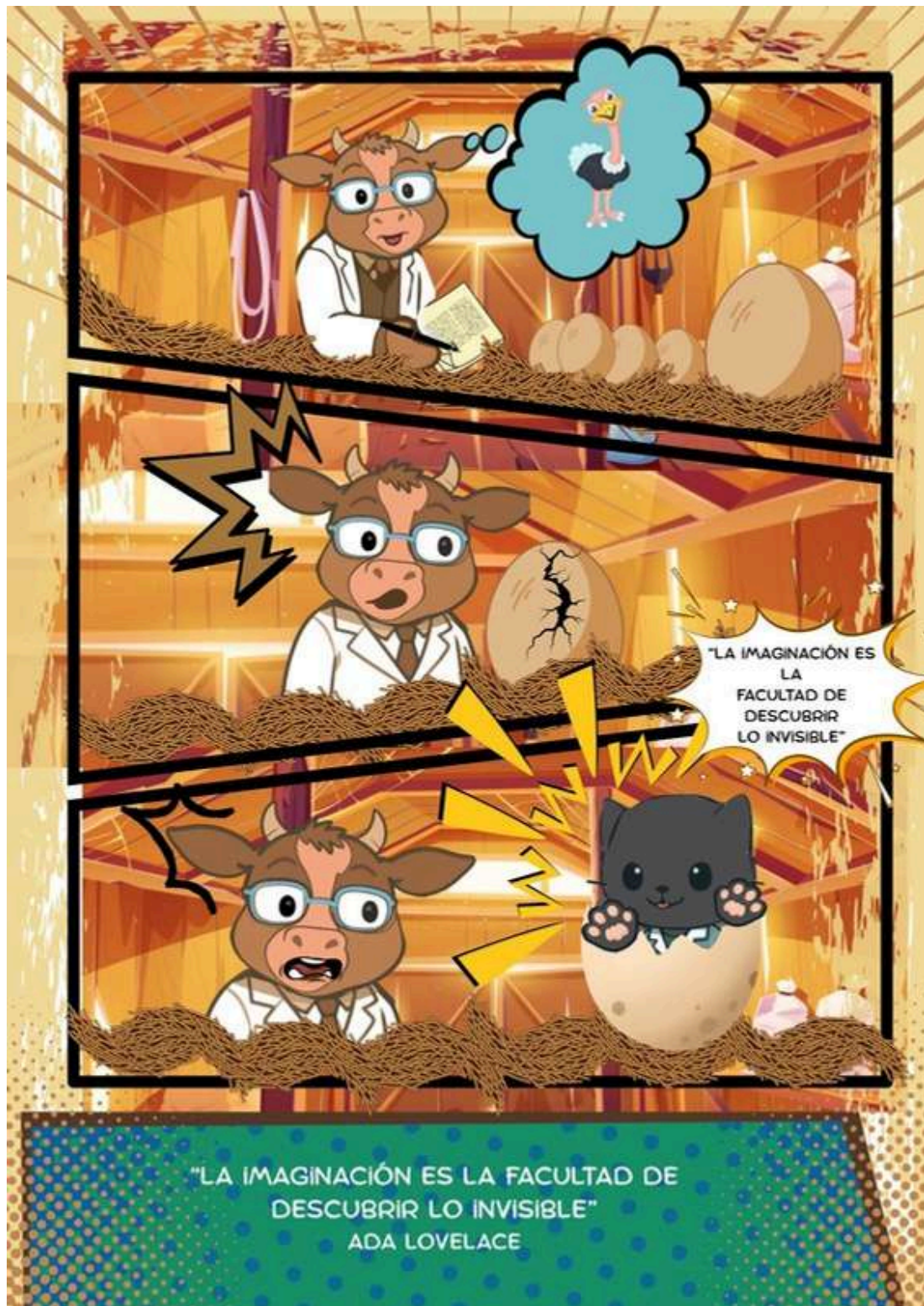
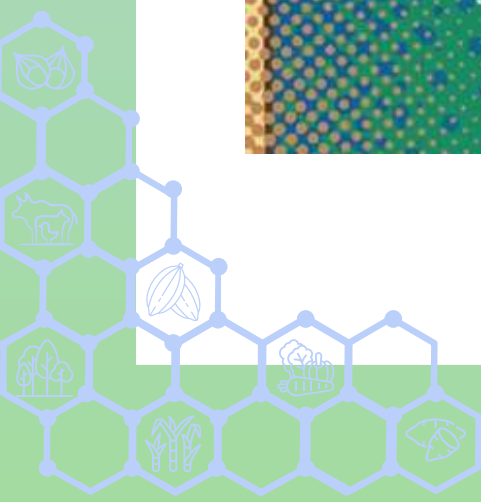


Figura 59. Redes de colaboración aliados por red de innovación

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Scopus, Web of Science, SciELO; fecha de consulta: febrero 2023; software de análisis: VOSviewer v 1.6.19





Capítulo 7:

Productividad científica, análisis desde los grupos de investigación

“La única forma de tener buenas ideas es tener muchas ideas”

Linus Pauling

En Colombia, la Ley 29 de 1990 estableció las disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. De esta manera se facultó al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) para reconocer y caracterizar a los investigadores, centros y grupos de investigación del país (Minciencias, 2021). En este escenario, con la creación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA (antes Corpoica) en 1993, inició la creación de grupos de investigación para el fortalecimiento de la investigación y la transferencia de tecnología al sector agropecuario.

En principio, los grupos de investigación fueron creados de forma espontánea por investigadores que se relacionaban a partir de temas de interés y líneas de investigación, tanto dentro como fuera de AGROSAVIA. Como consecuencia, el primer grupo de investigación de la Corporación registrado ante Colciencias fue “CIMPA estación experimental”, en 1985, en el marco del trabajo colaborativo desarrollado por sus integrantes antes de la creación de la Corporación, cuando hacían parte del entonces Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Además, entre los años 2000-2010 los grupos se especializaron en líneas de investigación más específicas y se agregaron, según su afinidad, formando redes de conocimiento relacionadas con sistemas productivos como cacao, frutales, ganadería, hortalizas, especies vegetales y animales mejoradas, aromáticas, permanentes, raíces, tubérculos, transitorios y agroindustriales, lo que permitió la creación de 27 nuevos grupos (figura 60).

A partir del año 1996, Colciencias definió a los grupos de investigación como una “unidad básica moderna de generación de conocimiento científico y su aplicación para el desarrollo tecnológico” (Minciencias, 2021, p. 22). Con esto, se dio inicio al proceso de reconocimiento y escalafón de grupos de investigación del país. Posteriormente, desde el 2000 se puso en marcha la fase de consolidación del modelo de medición de grupos de investigación con la definición de estándares para los productos divididos en cuatro categorías: nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico, formación en recurso humano y apropiación social del conocimiento.

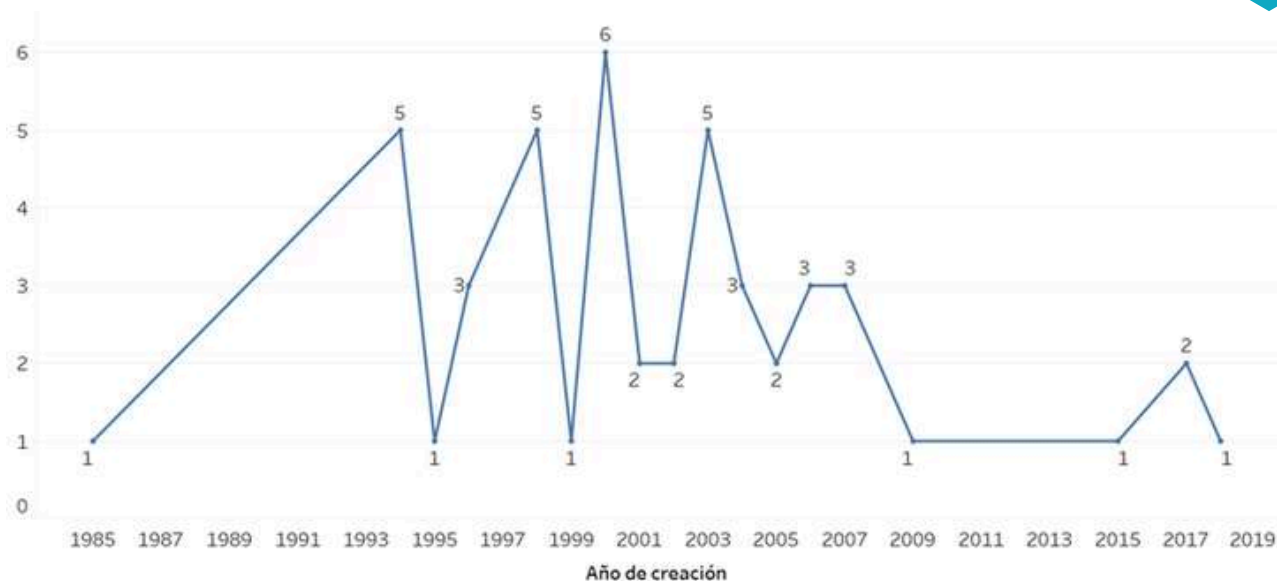


Figura 60. Línea de tiempo por año de creación de los grupos de investigación de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de InstituLAC - Minciencias; fecha de consulta: marzo de 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®; disponible en: <https://scienti.minciencias.gov.co/institutlac2-war/>

En este escenario, 59 grupos de investigación de AGROSAVIA han participado activamente en las convocatorias para el reconocimiento de Minciencias desde 2006, con resultados en las categorías de clasificación más altas, con excepción del año 2012, cuando todos los grupos fueron reconocidos como una medida transitoria para el desarrollo de una herramienta de medición y de un nuevo modelo de medición (Minciencias, 2021) (figura 61). Para las dos últimas convocatorias analizadas (2018 y 2021), se evidencia un crecimiento en la cantidad de grupos en las categorías A y A1 frente a las convocatorias precedentes, debido a la consolidación de los grupos existentes y al aumento en la cantidad de investigadores de la Corporación.

Desde el año 2012, el modelo de medición de grupos de Minciencias presentó cambios significativos, con estándares que responden a grupos editoriales hegemónicos a nivel internacional y que desconocen las particularidades geográficas, sociales y económicas del país. No obstante, AGROSAVIA, en la consolidación de su modelo corporativo, inició el proceso de fortalecimiento de grupos de investigación articulados a un propósito superior, soportado en redes de innovación.

Por tal motivo, se dio lugar al fortalecimiento de los grupos de investigación mediante lineamientos para su gestión, buscando una mayor visibilidad de los resultados de investigación, que son fruto del trabajo con agricultores, gremios, universidades y otros centros de investigación, y que impactan las zonas de influencia de los centros de investigación de la Corporación a lo largo y ancho del territorio nacional.



Figura 61. Histórico de resultados de los grupos de investigación de AGROSAVIA en convocatorias de Minciencias

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de InstituLAC - Minciencias; fecha de consulta: marzo de 2023; software de análisis: Microsoft Excel 365®; disponible en <https://scienti.minciencias.gov.co/institulac2-war/>



Figura 62. Relación entre investigadores y grupos de investigación por centros de investigación de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir información de InstitutLAC - Minciencias; fecha de consulta: marzo de 2023; software: Qgis 3.28.2; disponible en: <https://scienti.minciencias.gov.co/institutlac2-war/>

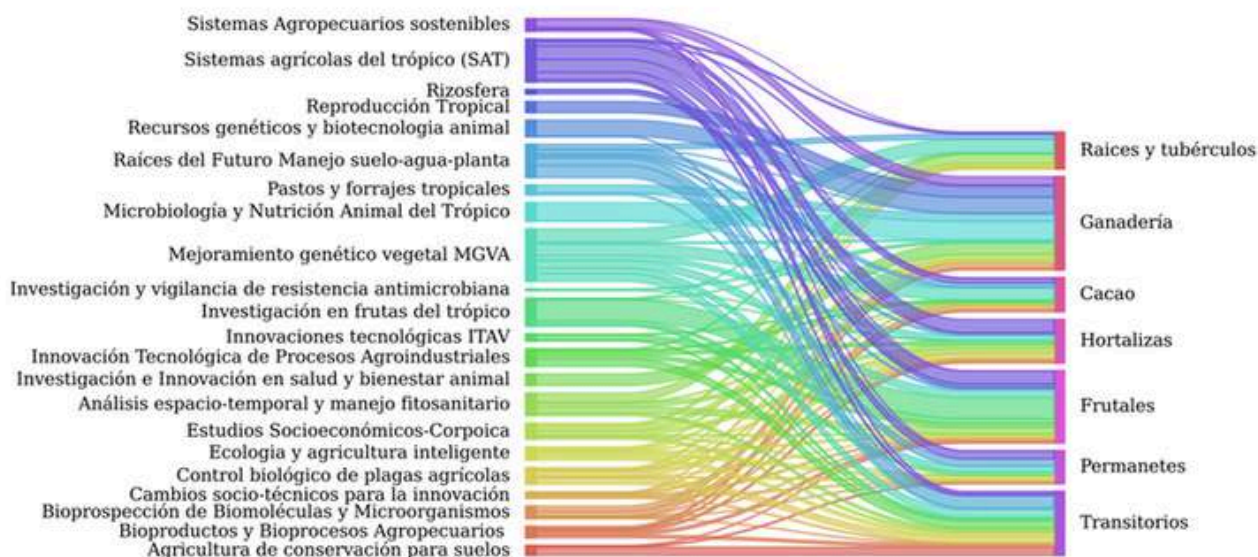


Figura 63. Relación entre grupos de investigación con redes de innovación de AGROSAVIA

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstitutLAC - Minciencias. Software de análisis Python librería para gráficos PY Sankey. Disponible en: <https://scienti.minciencias.gov.co/institutlac2-war/>

Existen grupos que pueden estar, en su mayoría, contenidos en una red de innovación, pues sus líneas de investigación son más específicas y se enmarcan en el alcance de la red, la cual está principalmente asociada con los sistemas productivos. Sin embargo, esto no constituye una regla general, dado que existen grupos con líneas de investigación transversales que aportan su conocimiento a diferentes redes de innovación.

En adelante, el capítulo centrará el análisis en los resultados de los 22 grupos de investigación reconocidos por Minciencias, en las convocatorias realizadas entre 2016 y 2021, en las cuatro categorías de productos: nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación, formación de recurso humano para la CTel; y apropiación social del conocimiento y divulgación pública de la ciencia.

7.1. Investigadores

En lo relacionado con las características de los investigadores que conforman los grupos de investigación, el 44,18 % de sus integrantes son mujeres. Además, en AGROSAVIA existe un modelo de escalafón para investigadores, de acuerdo con su productividad. En este modelo se contemplan las categorías de investigadores Máster, Máster Asociado, Máster Senior, PhD Asociado, PhD Senior y Emérito.

Por su parte, el modelo de medición del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2021) establece el reconocimiento de las hojas de vida de los investigadores del país en cuatro categorías, las cuales miden la trayectoria de los investigadores de acuerdo con su nivel de formación y la cantidad de productos de nuevo conocimiento, formación de recurso humano y desarrollo tecnológico e innovación. Las categorías establecidas, de mayor a menor, son Emérito, Senior, Asociado y Junior. Entre los años 2006 y 2021, AGROSAVIA ha presentado un crecimiento del 642,86 % en el número de investigadores reconocidos por Minciencias (figura 64).

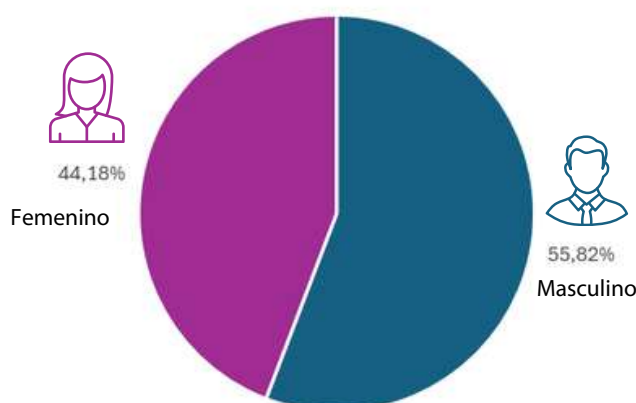


Figura 64. Participación de investigadores de grupos de investigación por género

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Tableau®; fecha de consulta: marzo de 2023; disponible en: <https://scienti.minciencias.gov.co/institulac2-war/>

El crecimiento en el número de investigadores reconocidos por Minciencias en la Convocatoria 894 de 2021 se incrementó aproximadamente en un 70 % para cada una de las categorías. Esto se ha logrado gracias al fortalecimiento, acompañamiento, gestión interna y los lineamientos corporativos para todos y cada uno de los 22 grupos de investigación, así como para los investigadores que los conforman.

En la figura 65 se muestra la cantidad de investigadores reconocidos por cada convocatoria, teniendo en cuenta a cada participante del grupo, que puede ser interno o externo a la Corporación.

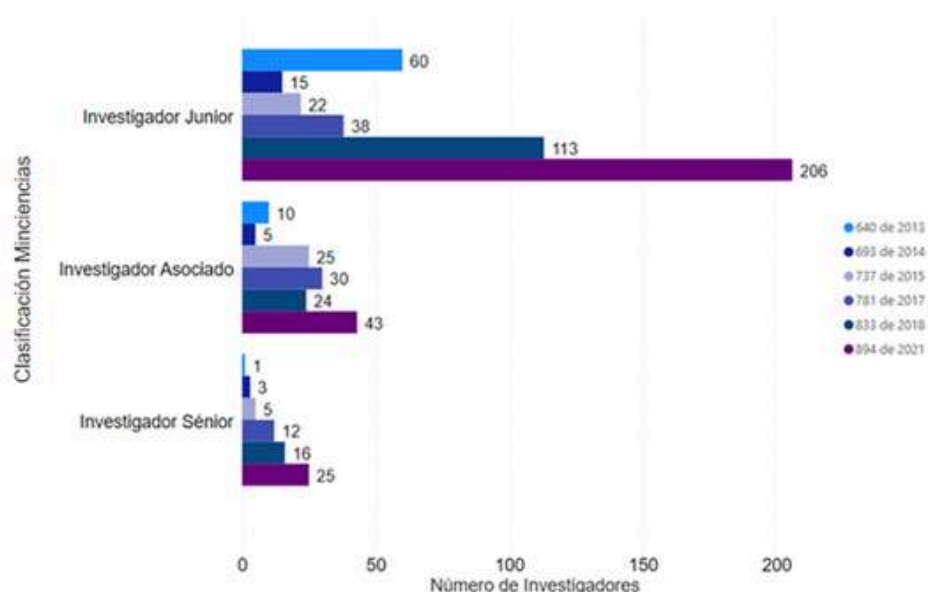


Figura 65. Histórico de investigadores de AGROSAVIA reconocidos por Minciencias (2013-2021)

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Tableau®; fecha de consulta: marzo de 2023.

En la figura 66 se muestra la proporción de investigadores reconocidos por Minciencias en la convocatoria 2021, frente a la categorización del escalafón de la Corporación. En este contexto, las categorías internas de Emérito y Senior, tanto PhD como Máster, registran cuatro investigadores no categorizados, mientras que, en la categoría de investigadores asociados (Máster y PhD), se registran 20 investigadores no categorizados en total. Asimismo, en los cargos de investigador PhD y máster, se observa que más del 50 % no están categorizados.

Una de las principales razones por las que estas mediciones difieren es que la medición de la Corporación es estática en el tiempo, mientras que Minciencias contempla un periodo de vigencia para cada producto; además, los modelos de clasificación asignan puntuaciones diferentes según el tipo de producto.



Figura 66. Escalafón de AGROSAVIA por investigadores reconocidos por Minciencias según convocatoria 894 de 2021

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC – Minciencias y la planta de personal de AROSAVIA con fecha de corte diciembre de 2022, suministrada por el Departamento de Gestión Humana de AGROSAVIA; software de análisis: PowerBI®; fecha de consulta: marzo de 2023

7.2. Productividad

La plataforma SCIENTI de Minciencias comprende la información de la productividad científica del país bajo una estructura de consulta por instituciones (InstituLAC), grupos de investigación (GrupLAC) e investigadores (CvLAC). El análisis de productividad incluye la información registrada en las plataformas y avalada por Minciencias, de acuerdo con los modelos de medición de grupos e investigadores entre 2013 y 2021.

La figura 67 muestra el mapa de distribución temática, el cual permite identificar los grandes temas que generan visibilidad y posicionamiento de la Corporación ante Minciencias. Estos temas agrupan las líneas y los tópicos de trabajo y facilitan dar a conocer las principales fortalezas científicas de AGROSAVIA, que surgen en diferentes etapas del proceso de investigación y se divulgan a partir de informes, eventos, libros, artículos y variedades vegetales, dentro de los tipos de productos más frecuentes cargados por los investigadores.

Se destacan temas de trabajo en la Red de Ganadería y Especies Menores, en particular los relacionados con ganado doble propósito y razas criollas, que presentan la mayor coocurrencia tanto en grupos como en número de años. Asimismo, se resalta la importancia del rol de AGROSAVIA como entidad que custodia y administra los bancos de germoplasma de la nación, en tres tipos: animal, vegetal y microorganismos. Los estudios sobre hongos formadores de micorrizas arbusculares constituyen un tema recurrente en el tiempo, aunque abordado por un menor número de grupos de investigación. Por el contrario, temas transversales como la investigación sobre pequeños y medianos productores y la adaptación al cambio climático se reportan en varios grupos de investigación, pero no se han mantenido durante periodos prolongados.

También se destacaron temas de investigación sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo, las cuales se asocian con su capacidad productiva, y esta, a su vez, se relaciona con los gases de efecto invernadero. En este mismo sentido, se identifica correspondencia entre el manejo integrado de plagas y enfermedades y los agentes de control biológico, dentro de las estrategias de MIPE. Cabe destacar que estos temas constituyen enfoques transversales a varios sistemas de producción agropecuarios que AGROSAVIA ha expuesto ante los pares evaluadores de Minciencias en las diferentes convocatorias, a través de sus grupos de investigación.

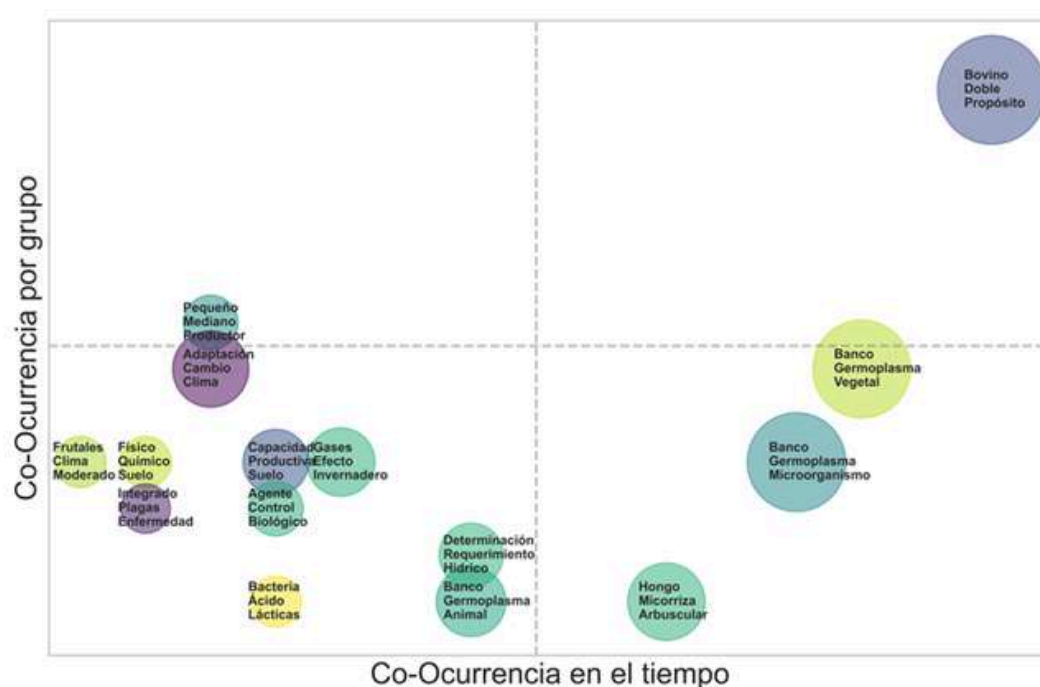


Figura 67. Mapa de distribución temática de grupos de investigación de AGROSAVIA (2016-2021)

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Python, librería para gráficos Fiona y procesamiento de lenguaje natural con nltk; fecha de consulta: marzo de 2023.

Nuevo conocimiento

De acuerdo con Minciencias, se considera nuevo conocimiento como “aquellos aportes significativos al estado del arte de un área de conocimiento, que han sido discutidos y validados para llegar a ser incorporados en la discusión científica” (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021) . De acuerdo con este concepto, se incluyen productos como artículos de investigación, notas científicas, libros y capítulos resultado de investigación, patentes, variedades vegetales, poblaciones mejoradas y obras resultado de investigación-creación. En este sentido, la productividad de los grupos de investigación se concentra en artículos científicos, que representan el 90 % de los productos (figura 68).

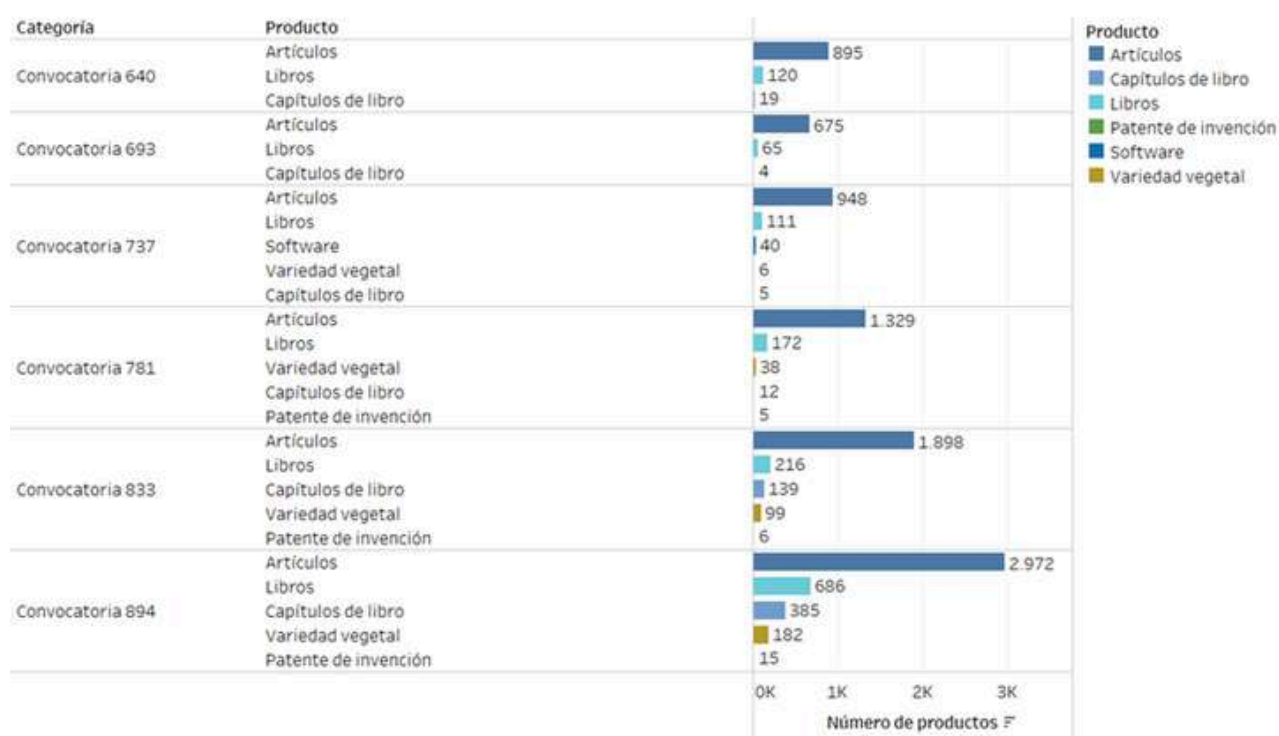


Figura 68. Número de productos registrados de nuevo conocimiento convocatorias 2013-2021

Fuente: Elaboración propia a partir de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Tableau®; fecha de consulta: marzo de 2023

Desarrollo tecnológico

Estos productos “dan cuenta de la generación de ideas, métodos y herramientas que impactan el desarrollo económico y generan transformaciones en la sociedad” (Minciencias, 2021)) (figura 69).

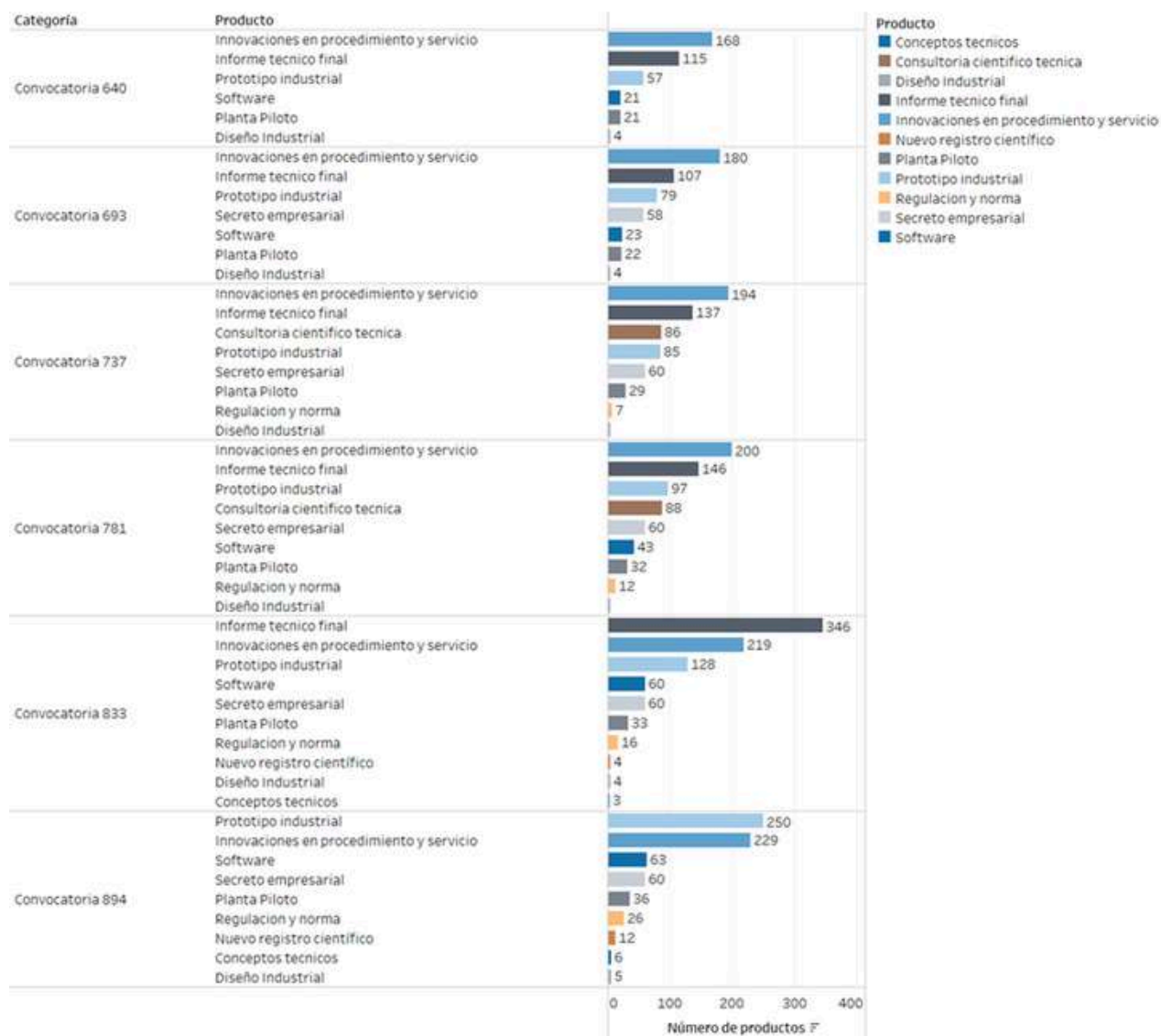


Figura 69. Número de productos registrados en desarrollo tecnológico e innovación convocatorias 2013-2021

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Tableau®; fecha de consulta: marzo de 2023

Formación en recurso humano para CTeI

Estos productos “sirven de espacio para la formación de nuevos investigadores” (Minciencias, 2021, p. 95). La figura 70 presenta un resumen con el número de productos que se registraron en la categoría de formación de recurso humano para ciencia, tecnología e innovación.

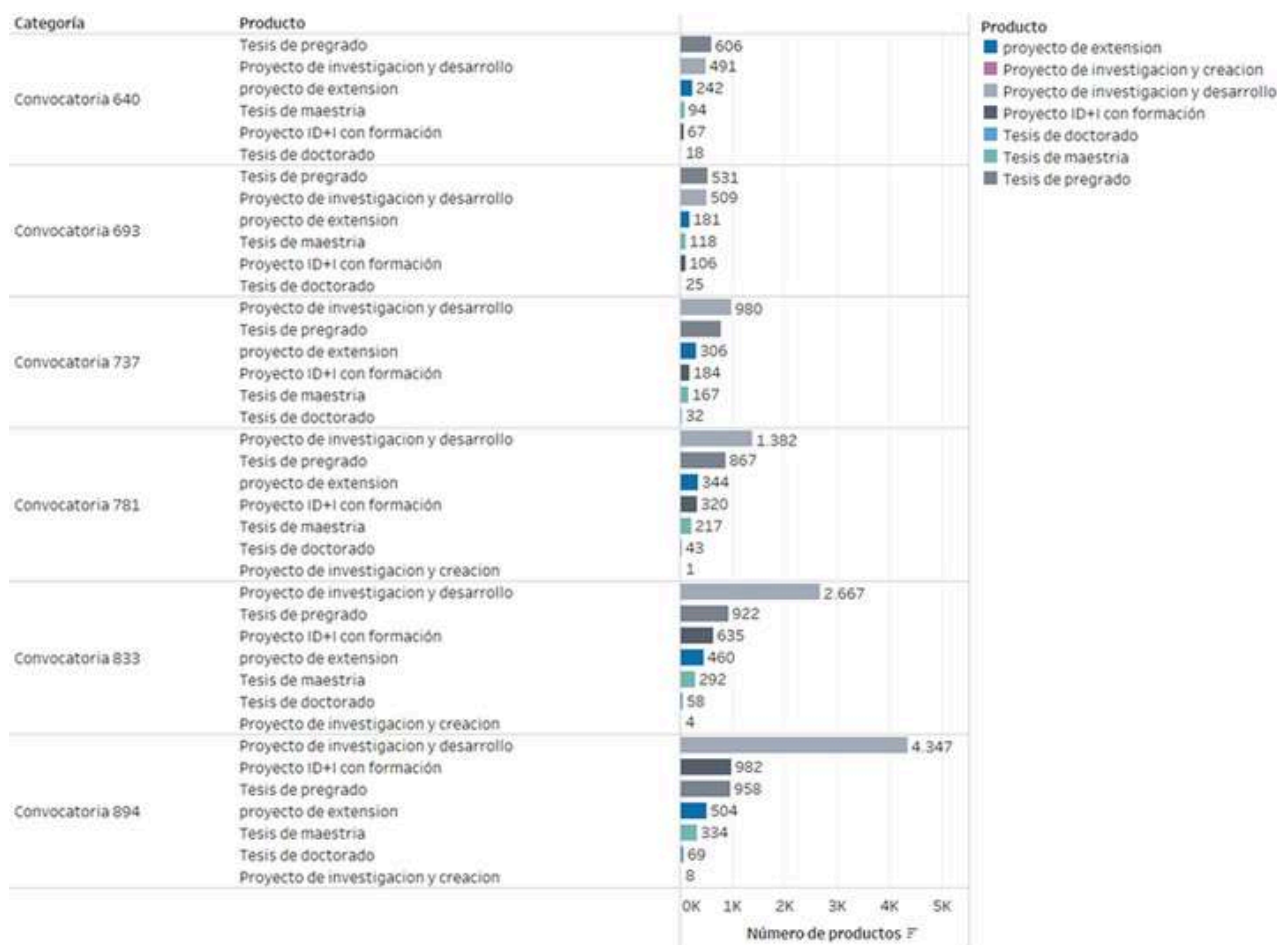


Figura 70. Número de productos registrados en formación de recurso humano convocatorias 2013-2021

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Tableau®; fecha de consulta: marzo de 2023

Apropiación social del conocimiento y divulgación pública de la ciencia

Estos productos “son un proceso que convoca a los ciudadanos a dialogar e intercambiar sus saberes, conocimientos y experiencias, propiciando entornos de confianza y equidad para transformar sus realidades y promover el bienestar social” (Minciencias, 2021, p. 78). La figura 71 representa el número de productos registrados en esta categoría, discriminados por tipologías, en cada una de las convocatorias entre los años 2013 y 2021.

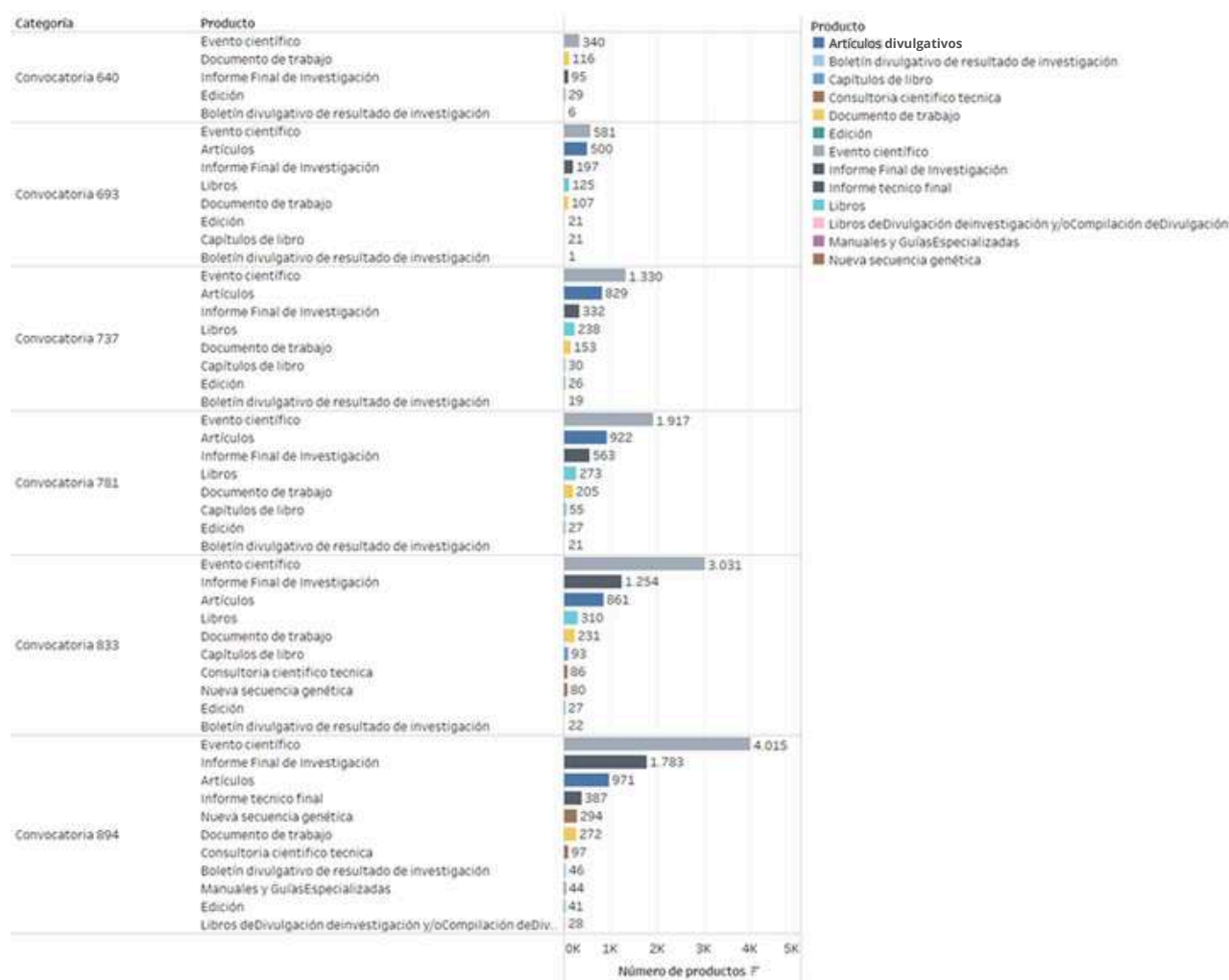
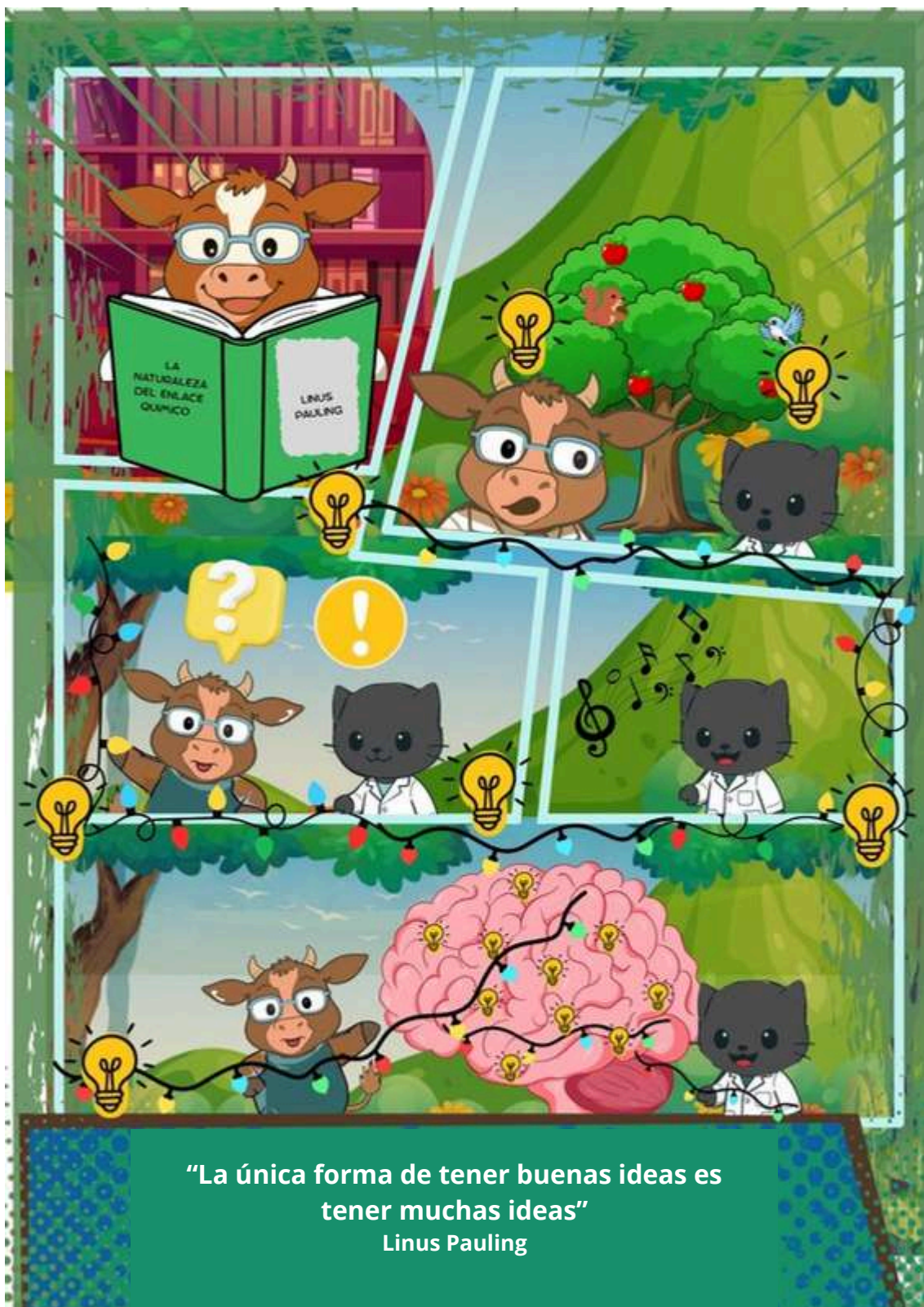
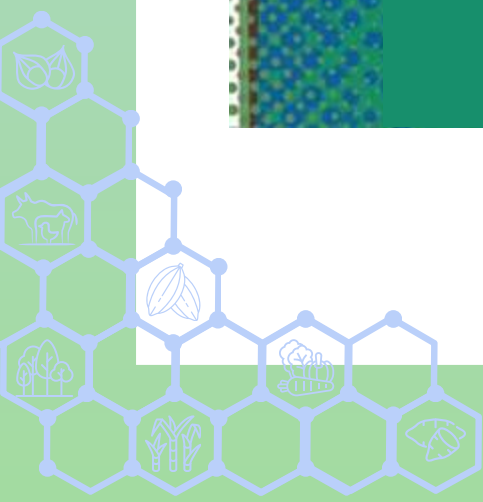


Figura 71. Número de productos registrados en apropiación social del conocimiento y divulgación pública de la ciencia, convocatorias 2013-2021

Fuente: Elaboración propia a partir de información de InstituLAC - Minciencias; software de análisis: Tableau®; fecha de consulta: marzo de 2023

Durante estos años, AGROSAVIA reafirmó su liderazgo científico y tecnológico en el país al obtener, por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, la renovación de su reconocimiento como Centro de Investigación por cinco años, mediante la Resolución No. 1972 del 10 de octubre de 2023. Este logro fue posible gracias al trabajo articulado y al compromiso de la Dirección de Investigación y Desarrollo, en conjunto con múltiples áreas de la Corporación, para fortalecer los procesos de gestión, seguimiento, evaluación y visibilización de las capacidades institucionales en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Detrás de esta ratificación existe un esfuerzo institucional orientado a consolidar la calidad científica y técnica de AGROSAVIA, así como su posicionamiento como actor estratégico en la generación y transferencia de conocimiento para el sector agropecuario colombiano y referente nacional dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.





Capítulo 8.

Retos para la gestión del conocimiento en I+D+i para AGROSAVIA

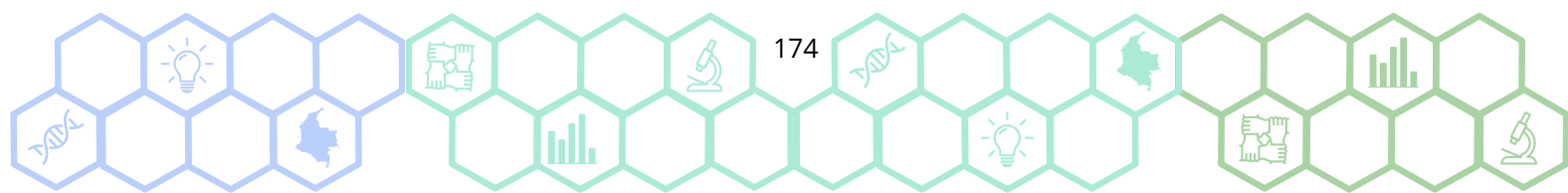
“La curiosidad es el motor de la ciencia; sin ella, no habría descubrimientos”

Ada Yonath

El impacto de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en el mundo se ha orientado principalmente a que el conocimiento desarrollado en procesos de investigación básica contribuya a que, desde el desarrollo tecnológico, se diseñen, prueben e implementen tecnologías (en producto y proceso) y servicios tecnológicos (para la investigación y para los actores de los ecosistemas productivos), desde enfoques disciplinares, multidisciplinarios e interdisciplinarios. Sin embargo, el contexto de la geopolítica actual hace necesario contar con mecanismos y aproximaciones que faciliten permear barreras invisibles para la colaboración transnacional, interinstitucional y con pares científicos en diferentes latitudes del mundo. Este contexto geopolítico propende, acorde con el Foro Económico Mundial, por fortalecer las relaciones institucionales transfronterizas, proyectar el impacto multisectorial y multivariable de los cambios económicos globales, mitigar y prevenir los impactos ambientales, y desarrollar espacios éticos de competencia tecnológica.

Estos aspectos tienen una fuerte repercusión en los movimientos de ciencia abierta, los cuales tienen en común como mantra “[...]tan abierta como sea posible y tan restringida como sea necesaria[...]” (Jacobsen et al., 2020). En la figura 72 se presenta el mapa de transformación de la ciencia abierta, construido por AGROSAVIA, en función de las temáticas y ejes de trabajo afines dispuestos por el Foro Económico Mundial.

De manera complementaria la ciencia abierta como tópico transformaciones del alcance global, se soporta en la diplomacia científica, que acorde con Güell, tiene tres aproximaciones de trabajo: i) uno en el que la acción diplomática facilita la construcción de relaciones que promuevan la colaboración científica; ii) otro en el que la ciencia provee elementos de conocimiento y evidencia que soporten objetivos diplomáticos de interacción; y iii) ciencia en la diplomacia, en la cual personas expertas científicas trabajan en conjunto con personal diplomático para tomar decisiones basadas en evidencia.



De igual manera la ciencia per se se soporta en la política pública con tres aproximaciones homólogas: Política pública para la ciencia, cuando el Estado crea instrumentos para fortalecer la investigación y la innovación; Ciencia para la política pública, cuando la evidencia científica ayuda a resolver problemas estratégicos del país, y Ciencia en la política pública, cuando científicos y tomadores de decisión trabajan de manera continua en la construcción de soluciones y estrategias de largo plazo.

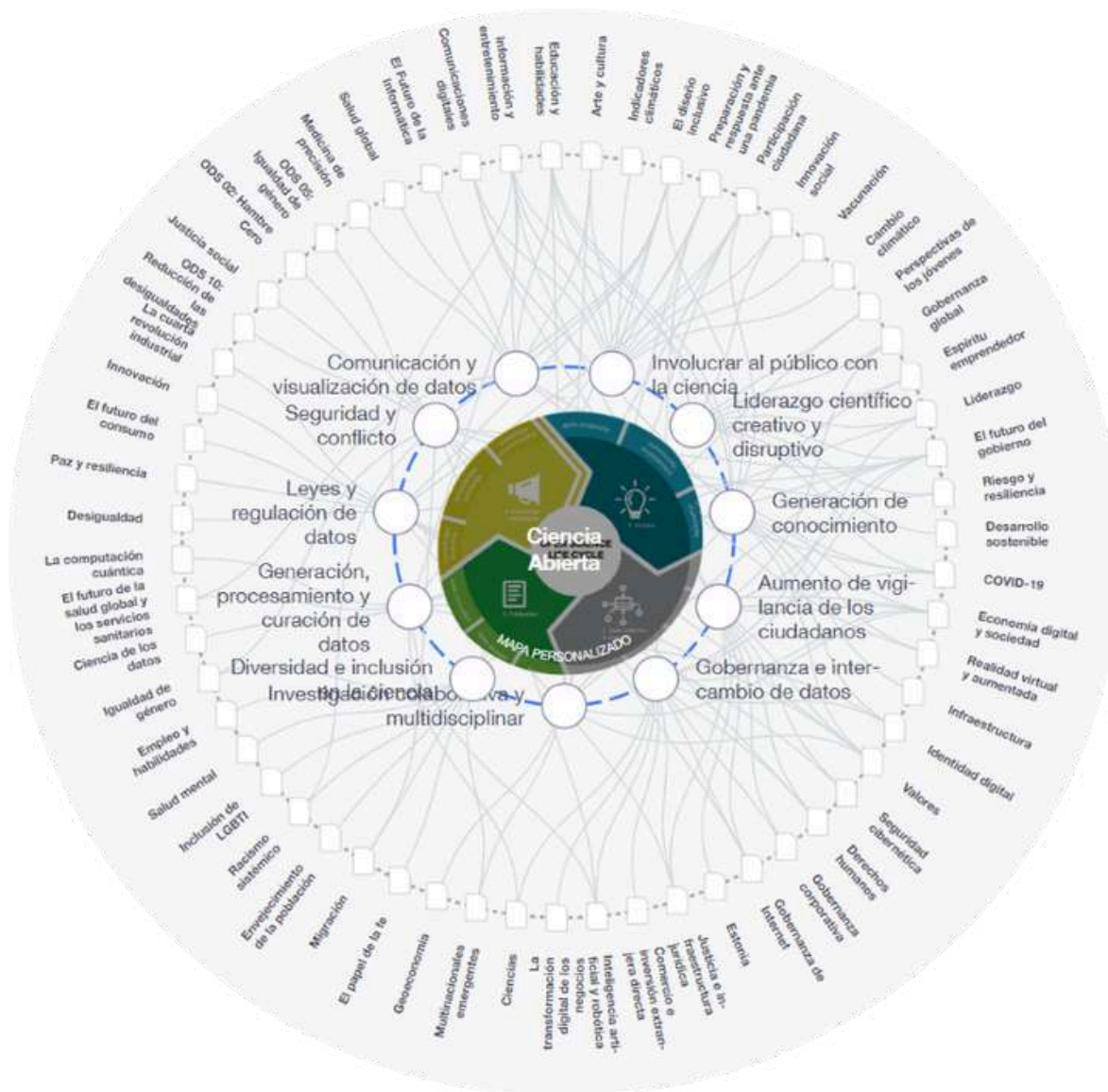


Figura 72. Mapa de transformación de la ciencia abierta

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/45c4fd8efcdd452eb8577186f466be42>

Es así como, la ciencia abierta, como “nuevo” paradigma en la generación de conocimiento tiene once pilares que se enuncian en la figura 73.

En las siguientes secciones se desarrollan reflexiones en torno a elementos clave que deben considerarse en los procesos de evaluación de la ciencia y del conocimiento, tanto desde miradas institucionales (puertas adentro) como desde una mirada de país (puertas afuera).



Figura 73. Pilares de la ciencia abierta

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/45c4fd8efcdd452eb8577186f466be42>



8.1. Enfoques estratégicos para la I+D+i

El rol de los actores generadores de conocimiento en el marco de los sistemas nacionales de innovación (SNI) comprende las actividades relacionadas con la solución de problemáticas derivadas de las dinámicas propias de la ciencia, así como de problemáticas generadas en los diferentes entornos, desde lo local hasta lo nacional. Más aún, de acuerdo con las dinámicas de estos actores y su rol en las estructuras de gobernanza y gobernabilidad de los SNI, se convierten en puntos focales para la articulación de actores que facilitan la generación de conocimiento, promueven y desarrollan la transferencia de resultados de investigación, y monitorean y evalúan dicha generación a través de métricas e indicadores.

En este sentido, poder generar una sinergia entre lo planificado y lo emergente en el contexto de la ciencia, la tecnología y la innovación, que se desarrolla por parte de estas instituciones, requiere contar con enfoques de I+D+i que comprendan elementos de áreas de conocimiento y líneas de investigación lo suficientemente amplias para permitir la integración inter y transdisciplinar, y lo necesariamente específicas para realizar el monitoreo y medir el impacto en la generación de conocimiento.

Para el caso específico de AGROSAVIA, se han definido cinco enfoques estratégicos para orientar el desarrollo de actividades de I+D+i y, por extensión, estos serían el marco de referencia para el desarrollo de futuras evaluaciones de la generación de conocimiento. Lo anterior implica que, adicional al análisis cuantitativo que ofrecen tanto las métricas tradicionales como las alternativas, es necesario un análisis cualitativo de la correspondencia entre los resultados de investigación obtenidos —que se transforman en nuevo conocimiento (artículos, libros, actas de conferencia, capítulos de libro, reseñas, entre otros)— y los enfoques y sus líneas. A continuación, se desarrollan los enfoques definidos por AGROSAVIA.

Bioeconomía

La bioeconomía para Colombia, acorde con el *Estudio sobre bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia* del Departamento Nacional de Planeación (DNP), se define como:

“[...] una estrategia de crecimiento económico basada en bioeconomía es aquella en la que se gestiona de manera eficiente y sostenible la biodiversidad y la biomasa residual para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado, basados en conocimiento e innovación, que permitan apalancar el crecimiento, desarrollo y progreso en las regiones de Colombia [...]” (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

13

AGROSAVIA, a través de dos ejercicios complementarios realizados en 2020 y 2022, que derivaron en un documento base de lineamientos corporativos y en un proceso de construcción colectiva desde su masa crítica de investigación, definió el alcance de la bioeconomía como enfoque estratégico en I+D+i. Estos dos ejercicios permiten construir una aproximación a la bioeconomía como mapa de transformación y ruta para la generación de conocimiento científico. Para AGROSAVIA, la bioeconomía se define como la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluido el conocimiento relacionado, la ciencia, la tecnología y la innovación, para suministrar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos de manera circular e integral, en busca de una economía sostenible. Lo anterior contribuye a la conservación continua de los ciclos biológicos y técnicos que permitan mejorar el capital natural y reducir residuos, mediante la aplicación de las 9R en el sector, con énfasis en los encadenamientos productivos, los flujos de materiales, la utilización de energía a partir de fuentes renovables y las aplicaciones específicas de productos de origen agropecuario.

En la figura 74 se presenta el mapa de transformación construido a través de la herramienta de Inteligencia Estratégica (Strategic Intelligence) del Foro Económico Mundial, el cual comprende cuatro pilares que se convierten en las líneas de acción del enfoque.

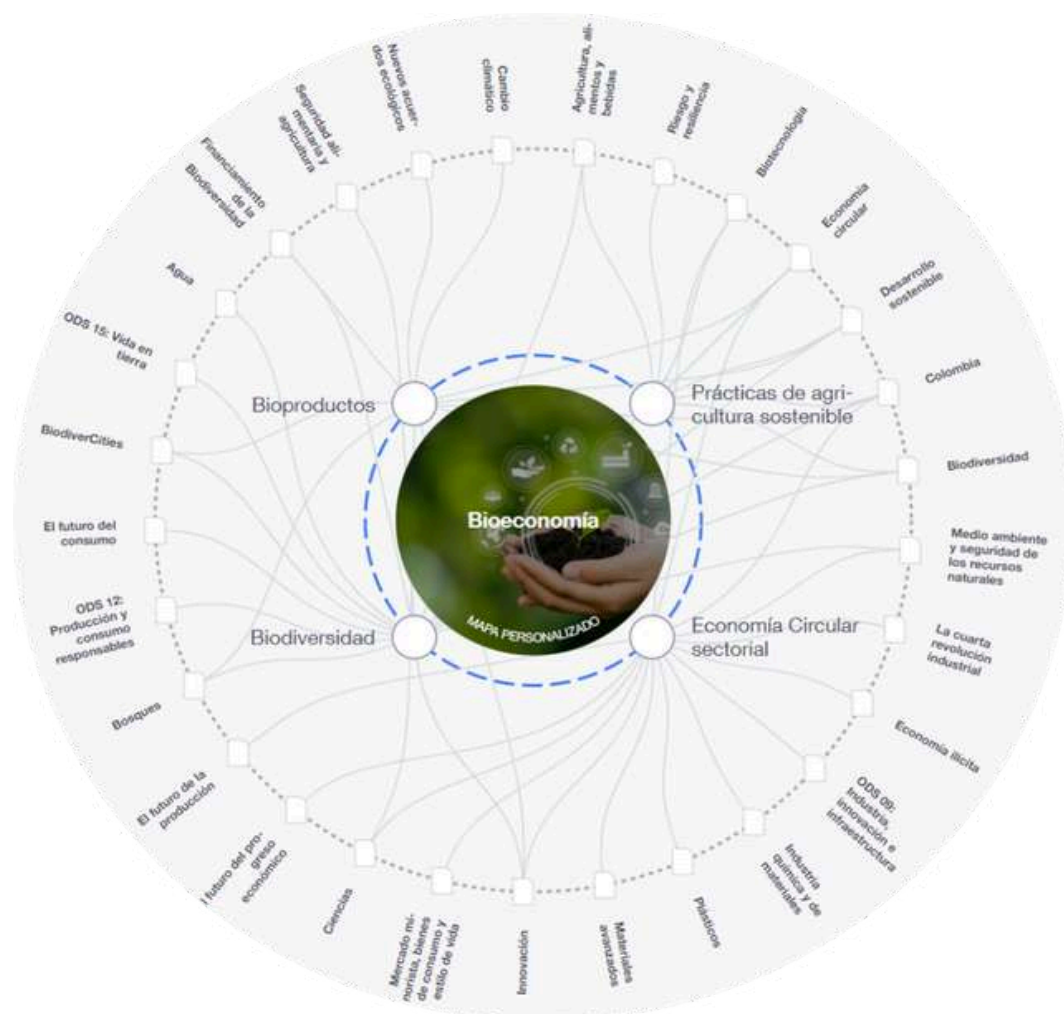


Figura 74. Mapa de transformación de la bioeconomía

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/1138adcad1a042a1a1c5054130e5a715>



- **Línea 1 – Prácticas de agricultura sostenible:** orientada a favorecer la agricultura y la seguridad alimentaria, así como a satisfacer las necesidades actuales y futuras del sector agropecuario colombiano, garantizando la competitividad, la conservación de los ecosistemas, la equidad social y económica, y la disponibilidad, el acceso y el consumo de alimentos saludables. Los sistemas agrícolas contemporáneos están preparados para la transición de modelos productivos lineales a modelos productivos circulares, mediante la adopción de conceptos de reciclaje, reutilización y regeneración. Esta transición requerirá cambiar los objetivos de mejoramiento de cultivos desde una perspectiva de la unidad productiva, para considerar el sistema completo (cadena de valor, cadena productiva y sistemas agroalimentarios), y brindar soluciones que permitan mejorar sistemas complejos enfocados en la productividad, la eficiencia en el uso de recursos y la calidad ambiental.
- **Línea 2 – Bioproductos:** orientada a investigar, diseñar e implementar metodologías de producción, formulación y escalamiento de bioinsumos que garanticen el desarrollo tecnológico de bioproductos innovadores y de alto valor agregado. Esta línea involucra el uso de tecnologías exponenciales y convergentes de la cuarta revolución industrial para diversificar áreas como la biotecnología, a partir de la bioprospección (uso de materiales naturales para el diseño de nuevos productos con alto valor agregado) y la biomímesis (innovaciones que imitan a la naturaleza), propendiendo por incrementar el conocimiento para un uso sostenible, y buscando inspiración en las funciones de los ecosistemas para crear productos y adaptar procesos que contribuyan a la resiliencia, al uso eficiente de los recursos, a la generación de alternativas de menor costo y al uso no intensivo de materiales no renovables.
- **Línea 3 – Biodiversidad:** orientada a contribuir al conocimiento y aprovechamiento de la agrobiodiversidad del país (plantas, animales y microorganismos), o de sus productos derivados, así como a la gestión de estos de manera eficiente y sostenible, para que sean punto de partida de procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Una de las aplicaciones del uso sostenible de la biodiversidad es su enfoque en los ecosistemas urbanos (ciudades biodiversas). Esta aplicación comprende la interacción entre lo rural y lo urbano a través de los ecosistemas que comparten su espacio biogeográfico. En este tópico se destacan las conexiones urbano-rurales, entendiendo las ciudades como organismos vivos que interactúan con los ecosistemas en los que fueron construidas y generan relaciones con sistemas regionales conexos en doble vía, con impactos positivos y negativos, lo que implica la necesidad de una gestión integral del territorio; así como la bioeconomía urbana, con la adopción de prácticas urbanas como la agricultura familiar, el enverdecimiento de edificaciones, los sistemas de captura, tratamiento y uso de aguas lluvia, y la recuperación de compuestos de interés a partir de aguas residuales (compuestos activos para fertilizantes), contribuyendo a la disminución de la extracción de recursos y a la pérdida de biodiversidad.



- 
- **Línea 4 – Economía circular:** orientada a contribuir a la conservación continua de los ciclos biológicos y técnicos que permitan mejorar el capital natural y reducir residuos y desechos, poniendo énfasis en los encadenamientos productivos, los flujos de materiales, la utilización de energía a partir de fuentes renovables y las aplicaciones específicas de productos de origen agropecuario. En esta línea se abarcan los principios de la economía circular para la identificación, recuperación, tratamiento, transformación, agregación de valor, introducción y reintroducción de subproductos y excedentes generados a través de las cadenas de valor agroalimentarias. La valorización de estos subproductos permite diversificar los nichos de mercado, mejorar los ingresos de las unidades productivas e interconectar el sector agrícola con sectores como el cosmético, el farmacéutico, la química fina y los alimentos funcionales.

Teniendo en cuenta estas líneas, el reto de medición desde las perspectivas de los ejercicios de evaluación de la ciencia es dar evidencia de la alineación y la contribución de los resultados de investigación (nuevo conocimiento) generados en los proyectos de investigación a estas. Para lo anterior, se propone que, de manera anual, se desarrolle la medición propuesta en el Anexo 3 y que, de forma quinquenal, se genere una medición agregada.

De manera complementaria, se pueden incluir indicadores relacionados con los proyectos formulados frente a los ejecutados, alineados con el enfoque y sus líneas; las alianzas establecidas de manera formal en relación con el enfoque; y el número de resultados de investigación asociados al enfoque y sus líneas.

Agricultura climáticamente inteligente y sostenible

La agricultura climáticamente inteligente, como enfoque de I+D+i para AGROSAVIA, tiene su origen como línea de investigación en la megatendencia de la Agricultura 4.0. De acuerdo con Flórez et al. (2020), la inserción de las tecnologías exponenciales o habilitantes de la cuarta revolución industrial (4RI) debe contribuir a hacer más sostenibles y equitativas las cadenas de suministro globales y locales, desde las actividades primarias, la transformación, la comercialización y el desarrollo de agronegocios.

Si bien el abordaje conceptual y metodológico de la Agricultura 4.0 ha originado la interacción de diferentes acepciones y términos afines, como agricultura inteligente (*smart farming*), agricultura digital (*digital agriculture*), agricultura de precisión (*precision agriculture*), agricultura de decisión (*decision agriculture*) y agroindustria 4.0 (*agri-industry 4.0* o *Agritech*), su punto de referencia es la digitalización incremental de las cadenas productivas, a través de la transferencia, adopción, uso y adaptación de aspectos tecnológicos y no tecnológicos de la 4RI, para entender el pasado, analizar el presente, predecir el futuro y tomar decisiones basadas en conocimiento (Flórez-Martínez y Uribe-Galvis, 2020).

Agricultura Climáticamente Inteligente según...

FAO

14

Banco Mundial

15

CGIAR

16

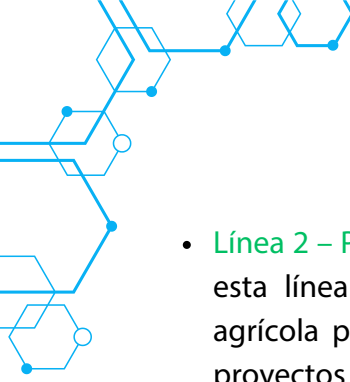
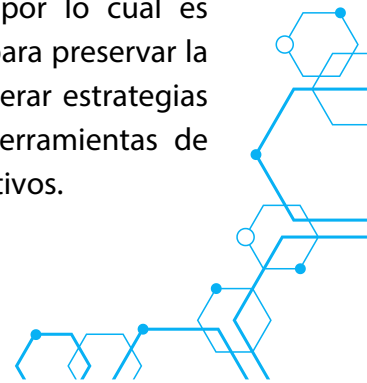
En este escenario, la agricultura climáticamente inteligente se puede entender, acorde con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Banco Mundial y el CGIAR, como un enfoque integrado que permite transformar los sistemas agroalimentarios hacia prácticas verdes y resilientes al cambio climático, alineadas con la seguridad alimentaria, a través de tres pilares: i) incrementar de manera sostenible, equitativa y con calidad la productividad de los sistemas agroalimentarios; ii) fortalecer las capacidades de resiliencia frente a factores bióticos y abióticos y a los efectos multivariables del cambio climático; y iii) reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de alimentos.

Para AGROSAVIA, este enfoque pretende la reorientación y transformación del desarrollo agrícola nacional en el contexto del cambio climático. El enfoque contempla tres hechos principales: el incremento de la demanda mundial de alimentos, el papel de la actividad agrícola como un importante emisor de gases de efecto invernadero (GEI) y la alta vulnerabilidad de esta actividad frente a las variaciones del clima. Por consiguiente, la agricultura climáticamente inteligente (ACI) tiene como meta la seguridad alimentaria, mientras que la productividad, la adaptación y la mitigación constituyen los pilares necesarios para alcanzarla.

Por lo tanto, bajo los lineamientos de la ACI, se procura incluir prácticas e iniciativas que faciliten la adaptación de los sistemas productivos agropecuarios a los cambios generados por eventos climáticos adversos, con el fin de lograr mayor resiliencia y productividad, y que conduzcan a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Bajo este marco de referencia, AGROSAVIA ha definido para su enfoque de agricultura climáticamente inteligente y sostenible tres líneas de acción claves, como se ilustra en la figura 75.

- **Línea 1 – Adaptación y resiliencia de los sistemas productivos agropecuarios frente a condiciones de clima cambiante:** esta línea pretende contribuir a la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas de producción agropecuarios frente a condiciones climáticas cambiantes, a partir de la generación y vinculación de ofertas tecnológicas (gestión del riesgo agroclimático, adaptación y resiliencia de los sistemas productivos). Este tópico se enfoca en la prevención y mitigación de los efectos del cambio climático en los sistemas de producción agropecuarios, principalmente en: i) la comprensión de los riesgos climáticos, su no linealidad y sus efectos sistémicos y holísticos, reflejados en la intensificación de los fenómenos de El Niño y La Niña, la incorporación de tecnologías para la predicción de riesgos agroclimáticos y la planificación inteligente de la producción; y ii) la protección de paisajes sostenibles y resilientes, enfocando el uso de la frontera agrícola como espacio clave para la prestación de servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, la regulación del flujo de agua y el aumento de la biodiversidad.

- 
- **Línea 2 – Productividad agrícola agroambientalmente eficiente e integralmente sostenible:** esta línea pretende contribuir de manera sostenible al incremento de la producción agrícola por unidad de área establecida; en tal sentido, se propone la inclusión, en los proyectos de la agenda corporativa, de prácticas como el uso de cultivos asociados, el manejo de sistemas agroforestales y silvopastoriles, la gestión eficiente de recursos que prestan servicios ecosistémicos, la reconversión productiva, la agricultura de precisión, el codesarrollo de tecnologías con actores y la gestión empresarial y de comercialización. La incorporación de nuevas tecnologías que permitan mejorar la productividad, la competitividad y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios genera un impacto social y económico positivo en los sistemas tradicionales de producción (tomar, utilizar y desechar), al mejorar el uso de los recursos. Este uso eficiente implica una trazabilidad desde el uso de los insumos hasta la disponibilidad del producto para su compra y consumo en las centrales de abastecimiento y grandes superficies, pasando por la recolección, el transporte y el almacenamiento. En cada una de estas etapas de las cadenas de valor agroalimentarias inciden diferentes variables bióticas, abióticas y antrópicas, las cuales son susceptibles de ser monitoreadas, analizadas y modificadas en tiempo real, ya sea a nivel micro (sistemas locales de alimentación) o a nivel macro (sistemas mundiales de alimentación). Se destaca la incorporación de redes de sensores de variables agroclimáticas, el procesamiento en la nube de datos e información, la toma de decisiones en tiempo real y la incorporación de actuadores que ajusten las condiciones de cultivos de agricultura protegida, entre otros.
 - **Línea 3 – Gestión eficiente de los recursos agua, nutrientes, suelo y energía para la mitigación de GEI en los sistemas de producción agrícola:** esta línea está enfocada en prácticas que conlleven la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los procesos productivos (estimación del balance de carbono, huella hídrica, gestión eficiente del recurso hídrico, reducción de la deforestación mediante reconversión productiva, educación ambiental, economía circular y energías alternativas). De igual manera, se abarca el análisis socioeconómico y sociotecnológico de las alternativas para la valorización de las acciones en pro de la mitigación y reducción de emisiones desde y hacia los sistemas agroalimentarios. Se tienen como pilares las alternativas del mercado de emisiones y los impuestos a la generación de emisiones. Asimismo, se incluyen temas relacionados con la infraestructura ecológica de las unidades productivas, el enverdecimiento de las cadenas de suministro y la incorporación de los servicios ecosistémicos como valor agregado en productos y servicios agroambientales (monetización de los servicios ecosistémicos). Finalmente, es necesario enfocarse en el uso excesivo de los límites ambientales de los ecosistemas y en la reducción de la capacidad ambiental para absorber los residuos de las actividades económicas; por lo cual es necesario generar acciones de conservación, restauración y regeneración para preservar la naturaleza, restaurar paisajes deteriorados por la actividad humana y generar estrategias de recuperación de la funcionalidad de los ecosistemas a través de herramientas de planificación espacial, tecnologías exponenciales y nuevos sistemas productivos.
- 

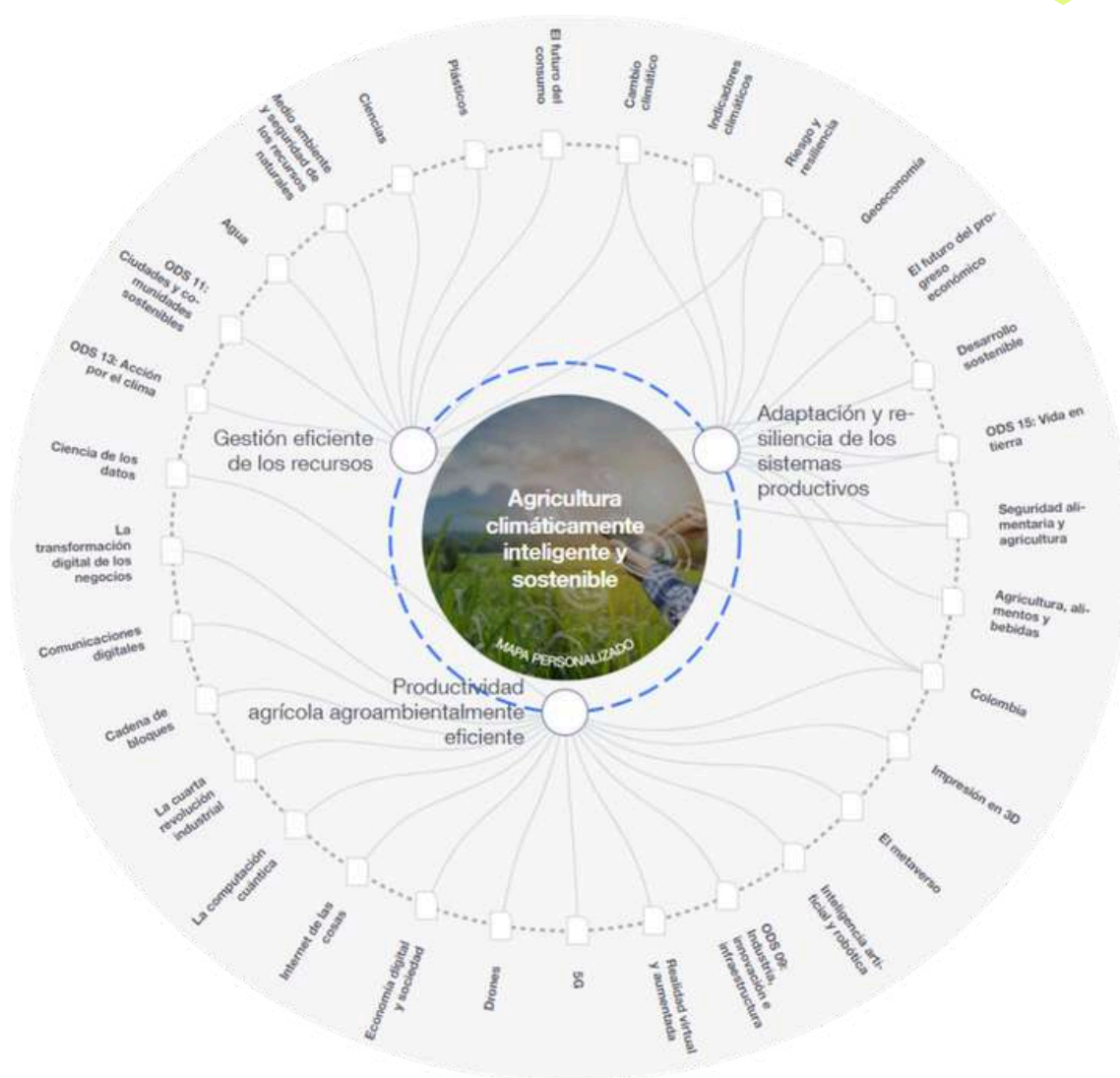


Figura 75. Mapa de transformación de la agricultura climáticamente inteligente

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/a292aa08981943c3922f35fcd80323>

Teniendo en cuenta estas líneas, el reto de medición desde las perspectivas de los ejercicios de evaluación de la ciencia es dar evidencia de la alineación y contribución de los resultados de investigación (nuevo conocimiento), generados en los proyectos de investigación a estos. Para lo anterior se propone que de manera anualizada se desarrollen las mediciones propuestas en el Anexo 3, variando el cuarto componente según cada enfoque, y se genere cada quinquenio una medición agregada.

De manera complementaria, se pueden incluir indicadores relacionados con los proyectos formulados frente a los ejecutados, alineados con el enfoque y sus líneas; las alianzas establecidas de manera formal en relación con el enfoque; y el número de resultados de investigación asociados al enfoque y sus líneas.



Seguridad alimentaria, nutricional y salud humana y animal

El concepto de seguridad alimentaria ha sido objeto de construcciones conceptuales en torno a las diferentes dimensiones que lo comprenden, así como de diversos abordajes para su medición, seguimiento y monitoreo, desde un enfoque multiactor y multivariable. Acorde con Simon (2009), existen al menos 200 nociones del concepto, sin incluir las diferentes aproximaciones desarrolladas por instituciones nacionales y organismos internacionales de promoción y cooperación.

Una de las definiciones más aceptadas de este enfoque fue construida en 1996, durante la primera Cumbre Mundial sobre la Alimentación de la FAO:

“[...] existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y sus preferencias alimentarias, para desarrollar una vida activa y sana” (FAO, 1996).

A partir de esta definición, en el contexto país se definió en 2008 la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PSAN), la cual fue implementada mediante el mecanismo CONPES Social 113. Esta política tiene como alcance que toda la población colombiana pueda disponer, acceder y consumir alimentos de manera permanente y oportuna, con características adecuadas de cantidad, variedad, calidad e inocuidad. En esta política se establece, como país, la definición de seguridad alimentaria:

“[...] disponibilidad suficiente y estable de alimentos, el acceso y el consumo oportuno y permanente de los mismos en cantidad, calidad e inocuidad por parte de todas las personas, bajo condiciones que permitan su adecuada utilización biológica, para llevar una vida saludable y activa [...]” (DNP, 2008).

Para AGROSAVIA, la seguridad alimentaria, nutricional y la salud humana, vegetal y animal se definen como la disponibilidad suficiente y estable de alimentos, el acceso y el consumo oportuno y permanente de los mismos, en cantidad, calidad e inocuidad, por parte de todas las personas, bajo condiciones que permitan su adecuada utilización biológica, para llevar una vida saludable y activa. Bajo este contexto, AGROSAVIA ha definido cuatro líneas de acción en este enfoque, las cuales se presentan en el mapa de transformación de la figura 58.



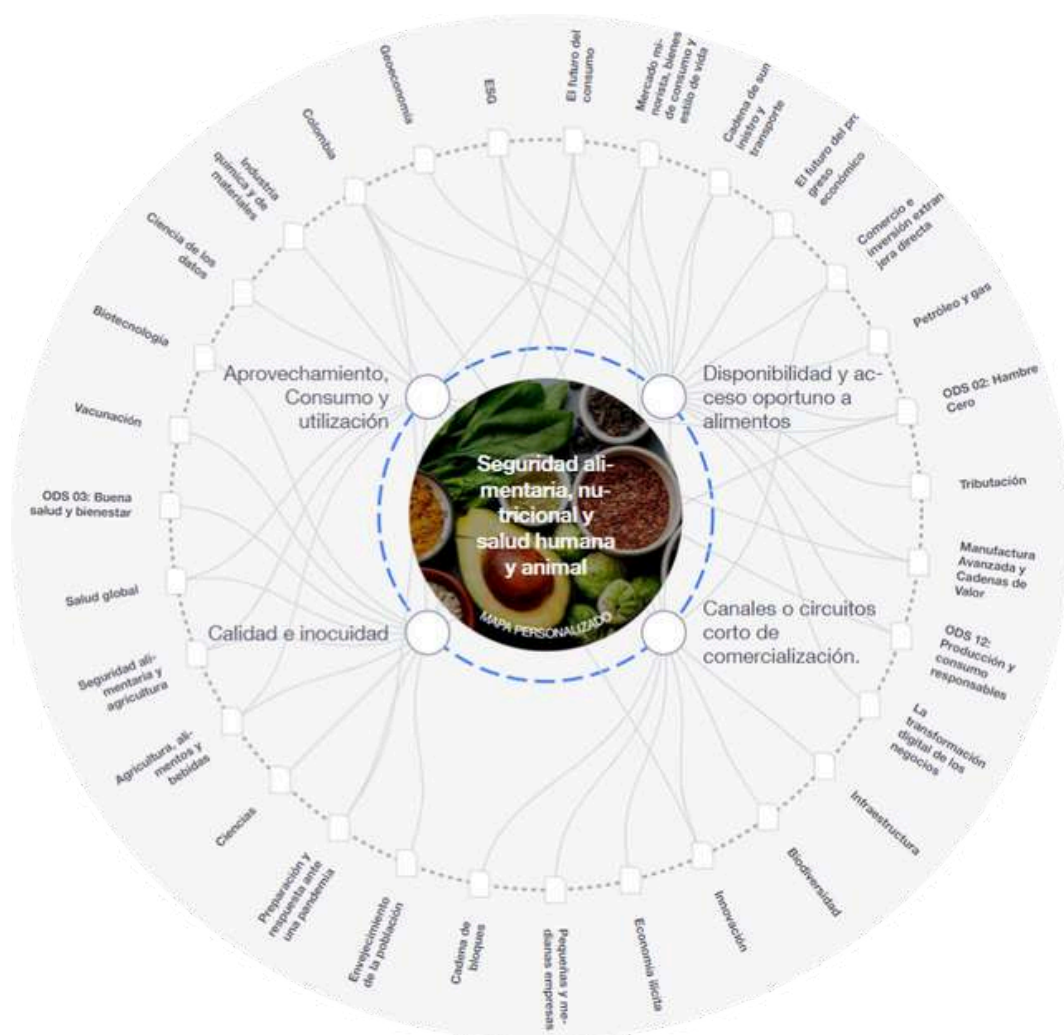
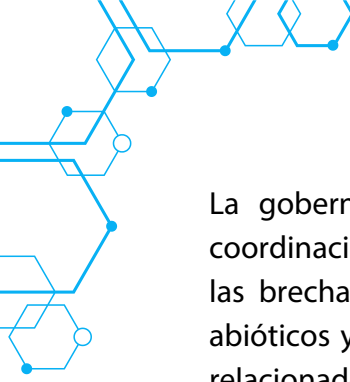


Figura 76. Mapa de transformación de la seguridad alimentaria y nutricional

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/d7b4c5979da34bfc96e6500b602f38e3>

- Línea 1 – Disponibilidad y acceso oportuno a alimentos inocuos y nutritivos para toda la población:** esta línea comprende: 1) salvaguardar el recurso genético y su conservación, ya sea en condiciones in situ o ex situ; 2) impulsar el uso y mejoramiento de especies infrautilizadas y de importancia para la seguridad alimentaria; 3) la reconversión productiva en ecosistemas estratégicos con medidas de adaptación a la variabilidad climática y al cambio climático, así como el manejo sostenible del uso del suelo y del agua; 4) estructurar e implementar mecanismos de promoción y uso de especies subutilizadas y huérfanas, así como de sus atributos de valor nutricional y funcional; 5) promover la diversificación del uso de cultivos para sustituir, complementar e intercambiar alimentos, con el fin de mejorar la canasta básica familiar; y 6) impulsar la producción agropecuaria y la disponibilidad de semillas. De manera general, esta línea comprende los procesos, la infraestructura y la tecnología que facilitan llevar, desde la unidad productiva hasta la mesa del consumidor, productos con características físicas, químicas y organolépticas adecuadas.



La gobernanza y la gobernabilidad de los sistemas de alimentación requieren una coordinación efectiva entre las diversas partes interesadas, que impacte de manera positiva las brechas de acceso y disponibilidad de alimentos ocasionadas por factores bióticos, abióticos y antrópicos, desde la granja hasta la mesa. En este tópico se integran aspectos relacionados con la disponibilidad de infraestructura, tecnologías y métodos de conservación, almacenamiento y transporte, así como el acceso a información confiable sobre el mercado, las tendencias de consumo y las dinámicas de valorización de alimentos, que evidencian la necesidad del diseño de enfoques sistémicos multinivel que garanticen la oferta y disponibilidad.

- **Línea 2 – Calidad e inocuidad: esta línea comprende:** 1) modelos de producción más limpia (metales pesados, micotoxinas, entre otros) e inocuidad de alimentos (trazabilidad, residuos químicos); 2) manejo sanitario y fitosanitario, vigilancia epidemiológica y control biológico; 3) desarrollar modelos sostenibles de uso de fertilizantes y pesticidas inocuos para la salud y los ecosistemas; y 4) investigación asociada a valores nutricionales y alimentos funcionales, con enfoque de Una Salud, que reconozca las relaciones complejas e interconectadas entre los sistemas naturales, humanos y animales. La relación entre la salud y la investigación en el sector agropecuario es intrínseca y se engloba en el uso del concepto One Health o salud global, el cual reconoce las relaciones complejas e interconectadas entre los sistemas naturales, humanos y animales. Este enfoque, como tema motor en el análisis estratégico mundial, comprende la incidencia del cambio climático en la salud, especialmente en la calidad del aire y del agua, en el aumento de la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores, en la baja disponibilidad de alimentos con adecuada calidad nutricional, en su acceso y en la resiliencia de los ecosistemas. El valor nutricional de los alimentos ha sido una tendencia relevante en los últimos cinco años, en la que los alimentos funcionales, el valor agregado, los aditivos, antioxidantes, componentes bioactivos, la biofortificación y los suplementos dietarios hacen parte integral de las demandas actuales del consumidor. En relación con la inocuidad, son recurrentes las investigaciones asociadas al control biológico, la reducción de trazas de metales pesados en alimentos, el desarrollo de tecnologías de biorremediación, la aplicación de nanotecnología para mejorar procesos de fertilización en cultivos, la identificación de patógenos en alimentos, la biodisponibilidad de nutrientes y la conservación de alimentos. La microbiología alimentaria constituye un tópico relevante en la calidad, especialmente en alimentos de origen animal, donde los controles han sido más estrictos. En este contexto, resulta especialmente relevante la contaminación química de los alimentos, en particular por pesticidas utilizados en la etapa productiva, así como los análisis orientados a su identificación. Respecto a la trazabilidad, uno de los principales retos es identificar la contaminación química de los alimentos, especialmente por metales pesados, cuyo origen se asocia, en gran medida, a residuos de pesticidas, una tendencia marcada en los procesos de aseguramiento de la calidad, en los que los controles deben ser cada vez más exigentes para responder a las demandas de consumo asociadas a la inocuidad alimentaria.



- **Línea 3 – Aprovechamiento, consumo y utilización:** esta línea comprende: 1) investigar el uso de la agrobiodiversidad existente, a partir de la inclusión de saberes locales y de las relaciones socioculturales en la producción agropecuaria y el suministro de alimentos; 2) promover esquemas para la diversificación de las dietas, a través de procesos de I+D+i, en especial en huertas familiares y escolares, así como en la agricultura urbana y periurbana; 3) fortalecer los procesos de producción, cosecha y poscosecha; 4) el uso de la bioprospección enfocada en la nutrición y el uso sostenible de alimentos de alto valor nutricional; y 5) desarrollar nuevas fuentes de proteína y compuestos funcionales, mediante procesos de investigación que permitan la diversificación de la dieta (por ejemplo, proteína de insectos). Son temas relevantes en esta línea el aprovechamiento de la biodiversidad, los servicios ecosistémicos, la agricultura orgánica, la agricultura urbana y la agroecología. Entre las temáticas de investigación más abordadas en relación con los sistemas agroalimentarios sobresalen aquellas asociadas a la agricultura de pequeños productores (agricultura familiar), los sistemas alimentarios locales, la agricultura urbana, la agroforestería, los bancos de alimentos, las cadenas de valor, la resiliencia climática (adaptación a la sequía) y la lucha contra el hambre. Asimismo, se destaca la innovación en sistemas de producción mediante el desarrollo de tecnologías sostenibles, en línea con el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, en modelos de transición agroecológica con participación de pequeños productores.
- **Línea 4 – Canales o circuitos cortos de comercialización:** esta línea comprende: 1) fortalecer los sistemas de almacenamiento, mercadeo y distribución de alimentos; 2) impulsar la productividad agroalimentaria, considerando los requerimientos de los mercados y promoviendo modelos de asociación y clústeres que generen economías de escala y un mayor valor agregado; y 3) integrar a las personas agricultoras a los mercados y a las cadenas de valor globales, no solo para facilitar la comercialización y mejorar la disponibilidad de alimentos, sino también para acceder a insumos de calidad y a tecnologías de punta.

Teniendo en cuenta estas líneas, el reto de medición desde las perspectivas de los ejercicios de evaluación de la ciencia, es dar evidencia de la alineación y contribución de los resultados de investigación (nuevo conocimiento), generados en los proyectos de investigación a estos. Para lo anterior se propone que de manera anualizada se desarrolle la medición propuesta en el Anexo 3 y se genere cada quinquenio una medición agregada.

De manera complementaria, se pueden incluir indicadores relacionados con los proyectos formulados frente a los ejecutados, alineados con el enfoque y sus líneas; las alianzas establecidas de manera formal en relación con el enfoque; y el número de resultados de investigación asociados al enfoque y sus líneas.





Nuevos sistemas agroalimentarios: Modelos productivos integrados y sostenibles

Los sistemas agroalimentarios se conciben como actividades integradas que participan en los procesos de producción y distribución de alimentos, con el fin de contribuir a la seguridad alimentaria. Esta integralidad debe abordarse de manera conjunta con el concepto de sostenibilidad, en el que la concurrencia de formas de producción con baja afectación de los recursos naturales y con un alto grado de resiliencia contribuye de manera paralela a la calidad, la inocuidad y el acceso a alimentos de origen agrícola.

En el contexto actual de la sostenibilidad, la producción agroecológica, la diversificación de cultivos, la adaptación climáticamente inteligente, el aprovechamiento de la biodiversidad y la conservación de los recursos naturales son elementos clave que deben tenerse en cuenta para el fortalecimiento de los sistemas agroalimentarios, con una extensión y visión a nivel territorial, donde la agricultura familiar y las personas pequeñas productoras juegan un papel fundamental en las cadenas agroalimentarias.

La FAO define los sistemas agroalimentarios como aquellos que abarcan toda la gama de actores y sus actividades interrelacionadas relativas a la producción, la concentración, la elaboración, la distribución, el consumo y la eliminación de los productos alimentarios. Comprenden todos los productos alimentarios que proceden de la agricultura y la ganadería, la actividad forestal, la pesca y la acuicultura, así como los entornos económicos, sociales y naturales más generales en los que se integran estos sistemas de producción. Se caracterizan por brindar seguridad alimentaria y nutricional para todos los actores sociales, de tal manera que no se comprometan las bases económicas, sociales y ambientales para las generaciones futuras (FAO, 2018).

Para el caso de AGROSAVIA, se ha generado una construcción colectiva sobre el concepto de sistemas agroalimentarios, en la cual, a partir de lo propuesto por Tóth et al. (2016):

“[...]Los sistemas agroalimentarios son sistemas socioecológicos complejos que operan en múltiples escalas y evolucionan a través de las elecciones de la sociedad. Estos incluyen diferentes factores, como la preproducción, la producción, la cadena de suministro, el consumo y el manejo de pérdidas y residuos de alimentos, los cuales se ven influenciados por diversos factores demográficos, socioeconómicos, socioculturales, medioambientales, políticos, geopolíticos, tecnológicos y científicos[...]” (AGROSAVIA, 2022).

El mapa de transformación del enfoque de nuevos sistemas agroalimentarios comprende cinco líneas clave, como se presenta en la figura 77.



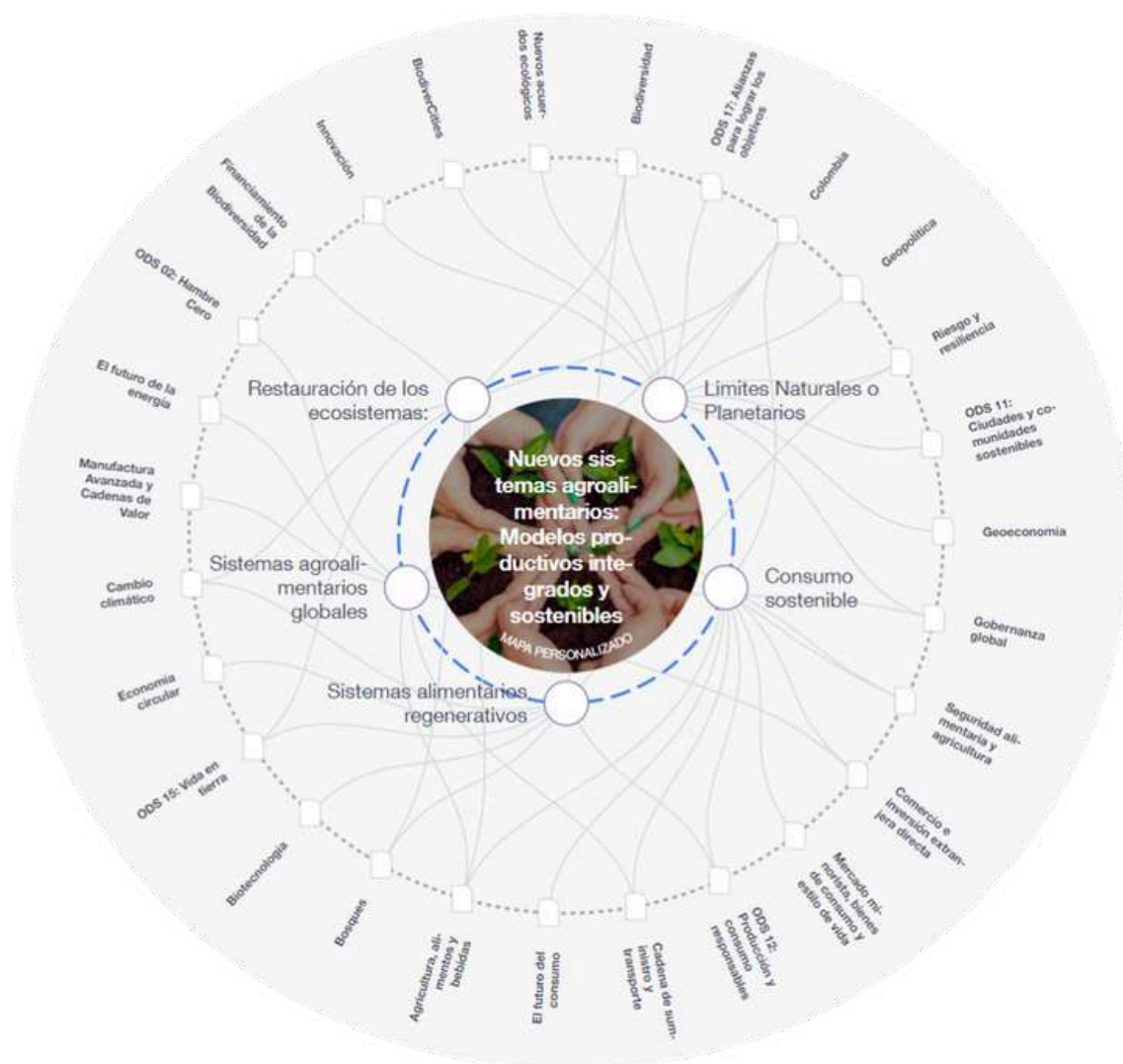
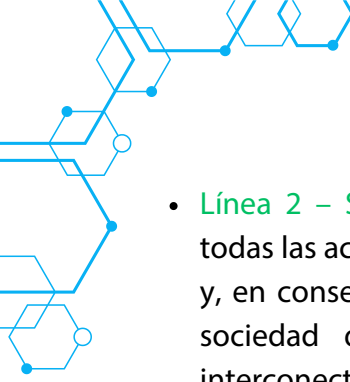


Figura 77. Mapa de transformación del enfoque de nuevos sistemas agroalimentarios

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/77f154cc04a348a9bf6ef17a243fb0b5>

- **Línea 1 – Restauración de los ecosistemas:** se denomina restauración de ecosistemas al proceso que busca devolver un ecosistema dañado, alterado o degradado a su condición original o, al menos, a un estado cercano a aquel previo al daño. Es un proceso planificado orientado a recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes deforestados o degradados. La restauración de los ecosistemas puede contribuir a la diversificación de las economías, mitigar y prevenir el daño causado por la deforestación, generar productos agrícolas y forestales comercializables a través de sistemas de producción agroforestales y silvopastoriles, y diversificar los sistemas agroalimentarios mediante actividades complementarias como la recreación y el turismo. De manera complementaria, facilita el diseño de paisajes agropecuarios y ecosistemas de producción basados en la biodiversidad para la provisión de servicios ecosistémicos (por ejemplo, la captura de carbono) y el diseño de nuevos sistemas agroalimentarios de cero emisiones.

- 
- **Línea 2 – Sistemas agroalimentarios globales:** los sistemas agroalimentarios comprenden todas las actividades relacionadas con la producción y distribución de productos alimentarios y, en consecuencia, con el cumplimiento de la función de la alimentación humana en una sociedad determinada, conectada globalmente. Esta línea orienta la necesidad de interconectar, en diferentes escalas territoriales, los sistemas agroalimentarios, de modo que se facilite el acceso, la distribución y la disponibilidad de alimentos en un contexto de seguridad alimentaria. Lo anterior implica contar con infraestructura de almacenamiento y transporte multimodal, así como con infraestructura de información en tiempo real sobre los tiempos y movimientos en la distribución de alimentos desde la finca hasta la mesa, contemplando el monitoreo de factores de calidad e inocuidad que puedan afectar los volúmenes y las características nutricionales de los productos frescos y transformados. Más aún, se hace necesario que los sistemas de producción primaria desarrollen nuevos enfoques sistémicos para diversificar los sistemas mundiales de alimentación, integrando aspectos biofísicos, socioeconómicos, científico-tecnológicos y político-normativos, con el fin de contribuir a la alimentación sostenible de la población mundial en el futuro.
 - **Línea 3 – Sistemas alimentarios regenerativos:** esta línea plantea la necesidad de repensar las formas en que se cultiva, se produce, se consume y se conciben los alimentos. El desarrollo de sistemas alimentarios regenerativos requiere, en primer lugar, identificar las múltiples deficiencias de los sistemas lineales, en la medida en que se incrementan los problemas sociales y ecológicos asociados. En este marco, se contempla la transición necesaria desde sistemas lineales de producción hacia sistemas regenerativos que integren dimensiones sociales y ecológicas. Lo anterior propende por el diseño de sistemas basados en la agricultura circular y en la simbiosis entre diferentes sistemas productivos, las especies vegetales del paisaje y la fauna, mediante enfoques de agroforestería y agroecología, con el fin de prevenir la erosión del suelo, preservar la calidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas y reducir el uso de fertilizantes a través de la captura de carbono y nitrógeno. Para lograr esta transición hacia sistemas agroalimentarios regenerativos, es necesario garantizar la disponibilidad de biomasa vegetal para la alimentación, la reintroducción de coproductos y residuos de las fases de cultivo, cosecha y poscosecha en los sistemas productivos, y el uso de biomasa no apta para el consumo humano destinada exclusivamente a la alimentación animal.
 - **Línea 4 – Consumo sostenible:** el consumo sostenible propicia el uso de productos y servicios que minimizan la utilización de los recursos naturales, la generación de materiales tóxicos y de residuos, e involucra la adopción de tendencias y estilos de vida con menor impacto ambiental. En esta línea convergen las acciones orientadas a armonizar los cambios en las tendencias de consumo hacia productos sostenibles y ecológicos, así como a reducir el desperdicio de alimentos a lo largo de toda la cadena de valor. Para ello, es necesario que desde la oferta se propenda por desarrollar cambios en los patrones de consumo y en la generación de necesidades orientadas a la sostenibilidad. En consecuencia, la vinculación del cliente final debe considerarse desde el diseño del alimento.



- **Línea 5 – Límites naturales o planetarios:** constituyen un marco conceptual que evalúa el estado de nueve procesos fundamentales para la estabilidad del sistema Tierra y propone una serie de umbrales que, de ser superados, pueden poner en riesgo la habitabilidad del planeta. Una mejor comprensión de la dinámica de estos límites planetarios puede contribuir a orientar la planificación productiva y reducir el riesgo de colapso de los ecosistemas. La bioeconomía, la economía circular, la bioprospección, el desarrollo sostenible y la biodiversidad comparten como base el uso de recursos no renovables, renovables y limitados, cuyo aprovechamiento está supeditado a los límites del espacio biofísico de la Tierra. En varios de estos ámbitos, dichos límites ya han sido superados. Desde el sector agropecuario, se hace necesario proteger la biodiversidad en función de los cultivos y la cría de ganado, empoderar a las personas consumidoras para la toma de decisiones sostenibles, orientar la diversificación de los circuitos locales, regionales y globales de comercialización de alimentos, y fortalecer la vinculación efectiva multiactor y multinivel en el desarrollo de innovaciones para la naturaleza.

Teniendo en cuenta estas líneas, el reto de medición desde las perspectivas de los ejercicios de evaluación de la ciencia es dar evidencia de la alineación y contribución de los resultados de investigación (nuevo conocimiento), generados en los proyectos de investigación a estos. Para lo anterior se propone que de manera anualizada se desarrolle la medición propuesta en el Anexo 3 y se genere cada quinquenio una medición agregada.

De manera complementaria, se pueden incluir indicadores relacionados con los proyectos formulados frente a los ejecutados, alineados con el enfoque y sus líneas; las alianzas establecidas de manera formal en relación con el enfoque; y el número de resultados de investigación asociados al enfoque y sus líneas.

Inclusión social en el desarrollo tecnológico

La transdisciplinariedad, como enfoque de investigación, permea las diferentes áreas del conocimiento y las líneas de investigación. En torno a su concepción y práctica se han generado diversos conceptos y aproximaciones, algunas de las más destacadas se referencian a continuación:

- Nivel superior de interdependencia, en el cual desaparecen los límites entre disciplinas y se construye un sistema total. Este concepto asume la prioridad de una trascendencia como modalidad de relación entre disciplinas. Se puede hablar de la aparición de una macrodisciplina, cuya finalidad es construir un modelo utilizable entre diferentes disciplinas (Juntsch, 1979).





- Formas de integración horizontal como recurso necesario para la generación de nuevos conocimientos y tecnologías, a través de puntos de contacto entre las diferentes disciplinas (trabajo en equipo, multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad), que permiten la resolución de problemas complejos (Morin, 1984).
- La transdisciplinariedad no se esfuerza por dominar muchas disciplinas; su objetivo es abrir todas las disciplinas para que compartan y observen más allá de ellas mismas (De Freitas y Morin, 1984).
- Los elementos diferenciadores de la transdisciplinariedad son trabajar a través de y más allá de varias disciplinas. Involucra a personas científicas de disciplinas pertinentes, así como a partes interesadas y participantes no científicos. Se basa en un marco conceptual compartido que articula las bases de cada disciplina específica y promueve la integración, fusión, asimilación, incorporación, unificación y armonización de disciplinas, puntos de vista y enfoques. Es de carácter holístico, trascendental, integrador y colaborativo, y otorga a las personas participantes un rol libre y orientado al desarrollo (Villa et al., 2017).

Una aproximación más cercana al contexto del sector agropecuario es la establecida por Jahn et al. (2012), en la cual la investigación transdisciplinaria se concibe como un método reflexivo e integrador para abordar problemas complejos. Su enfoque comprende la integración de disciplinas basada en principios de sinergia (el todo es más que la suma de las partes), orientada al análisis de la naturaleza del problema, la definición de los tópicos involucrados, el establecimiento de escenarios futuros deseados (estados de solución) y el diseño de potenciales cursos de acción, de manera conjunta con la sociedad.

Desde la mirada de AGROSAVIA, la transdisciplinariedad se constituye en una aproximación transversal que se materializa a través del enfoque de Inclusión social en el desarrollo tecnológico, el cual comprende la participación continua de los actores sociales involucrados, de manera directa e indirecta, en la cadena de valor, para la democratización del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación. Esta participación se desarrolla principalmente a través de la investigación como un proceso de abordaje transdisciplinar de problemáticas, retos e intereses de una comunidad o población objetivo, y facilita la vinculación efectiva de saberes científicos, tradicionales y ancestrales a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, desde su ideación hasta la transferencia, adopción, uso y adaptación de los resultados obtenidos. Este proceso de cocreación busca favorecer la concepción de la ciencia como un bien público que contribuye al cambio y al impacto de los territorios a través del conocimiento y la tecnología. Este enfoque se desarrolla a través de cinco líneas de acción, como se ilustra en la figura 60.



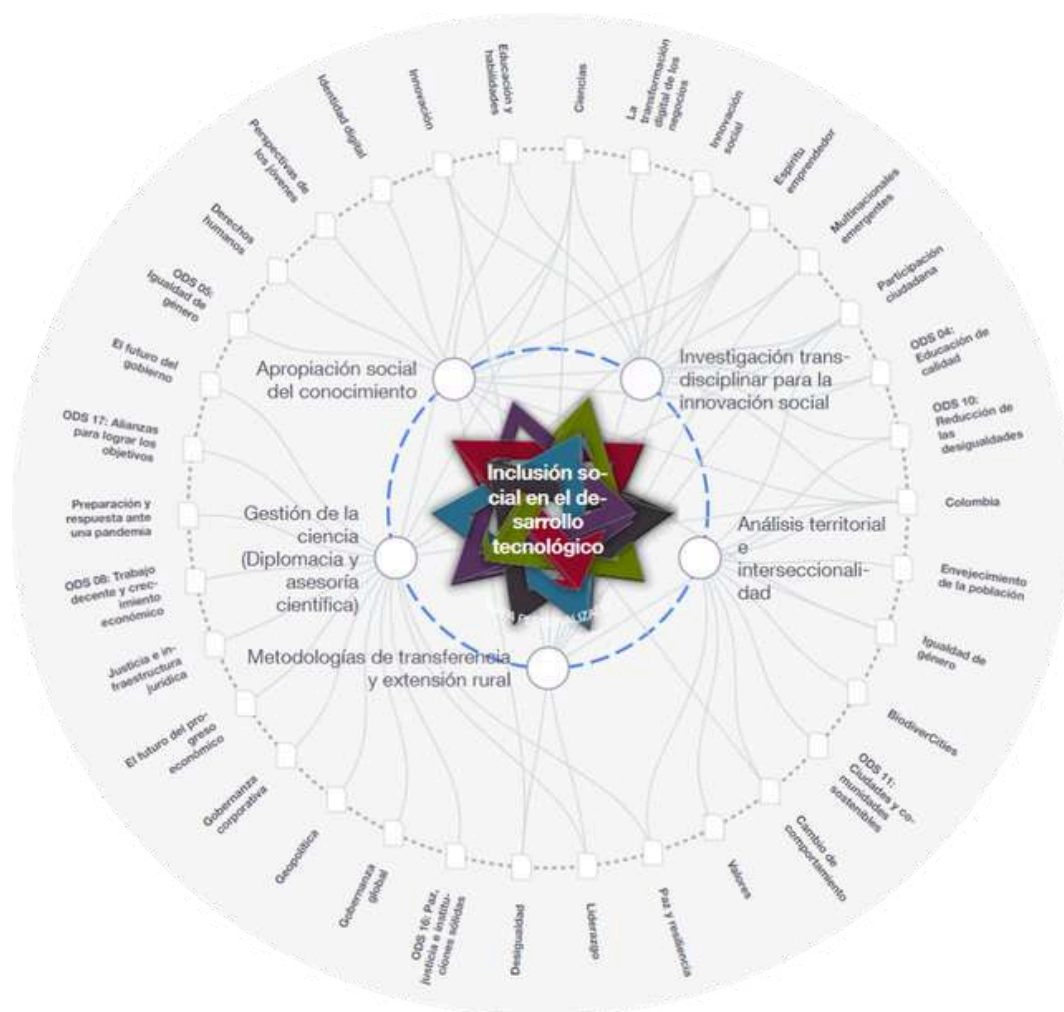
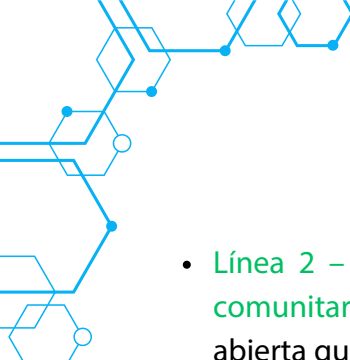
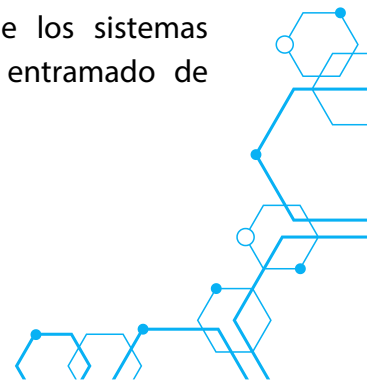


Figura 78. Mapa de transformación de la inclusión social en el desarrollo tecnológico

Fuente: Tomado de <https://intelligence.weforum.org/topics/7bc7dd89857b45998526a77882843186>

- Línea 1 – Investigación transdisciplinar para la innovación social:** la transdisciplinariedad se constituye como una aproximación de investigación que surge para abordar las demandas de conocimiento de la sociedad, con miras a resolver problemáticas complejas del mundo real que requieren trascender e integrar paradigmas disciplinarios. Este enfoque busca integrar conocimientos de diversas disciplinas en cuatro niveles (empírico, pragmático, normativo y de valores) con el conocimiento, las perspectivas y las metas de grupos de interés no académicos, y tiene un compromiso explícito con los procesos de cambio y la transformación de las prácticas para lograr las metas planteadas. La transdisciplina resalta la importancia de gestar proyectos de investigación que, desde el proceso de ideación y formulación, integren el conocimiento de diferentes disciplinas con el conocimiento no académico, con el fin de aportar a la solución y gestión de problemas complejos del mundo real. De este modo, promueve la participación efectiva de los actores del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), entre ellos las personas productoras como agentes de I+D+i, facilitando la gestión del conocimiento, la apropiación social de los resultados, la adopción tecnológica y la innovación social para diversificar los modelos de creación de productos, procesos y servicios, la generación de nuevos nichos de mercado y la alternancia de roles en las cadenas de valor.

- 
- **Línea 2 – Apropiación social del conocimiento desde la ciencia ciudadana y la ciencia comunitaria:** la ciencia ciudadana y la ciencia comunitaria son formas de colaboración abierta que contemplan la formulación conjunta de preguntas de investigación, la creación y el refinamiento del diseño de proyectos, la supervisión de experimentos científicos, la recopilación y el análisis de datos, la interpretación de resultados, el seguimiento y la evaluación de proyectos, el desarrollo de tecnologías y aplicaciones, y la generación de descubrimientos y soluciones a problemas. La primera tiene como principio la búsqueda, por parte de las personas investigadoras, de interacciones directas con la comunidad para la construcción, validación y adaptación de conocimientos y desarrollos tecnológicos (la ciencia busca al cliente); la segunda se fundamenta en que la comunidad define sus problemáticas, las socializa con diferentes personas investigadoras y evalúa qué soluciones se ajustan mejor a sus particularidades (el cliente busca a la ciencia). La interacción articulada de estas formas de colaboración abierta facilita la generación de una gobernanza multinivel y multiactor para promover la puesta en marcha y el seguimiento continuo de sistemas locales, regionales y nacionales de innovación.
 - **Línea 3 – Gestión de la ciencia (diplomacia y asesoría científica):** la gestión de la ciencia comprende: i) el liderazgo científico creativo y disruptivo, trascendiendo el asesoramiento en el diseño de políticas públicas basadas en evidencia hacia la toma de decisiones para abordar problemáticas globales, lo que implica ser protagonistas de las agendas país como colectivo para impactar el bienestar de la población; ii) la vinculación del público con la ciencia, a través de la difusión y divulgación de los fundamentos y principios de la investigación científica, contribuyendo a la generación de confianza, a la masificación del conocimiento mediante medios digitales y a la promoción del acceso abierto, no solo a publicaciones científicas, sino también al desarrollo de estos contenidos en formatos y canales dirigidos a públicos diversos; iii) la diversidad y la inclusión, promoviendo la interacción entre personas científicas de diferentes orígenes, etnias, géneros y credos, eliminando barreras en el progreso y desarrollo de la carrera científica, y fomentando el reconocimiento de las acciones y contribuciones locales de personas científicas de distintas razas y nacionalidades; y iv) la investigación colaborativa e interdisciplinaria, que permita el abordaje de problemas complejos, el acceso a fuentes de financiación transnacionales, y oriente la identificación de problemáticas y la entrega de resultados y soluciones desde y hacia la ciudadanía. Es necesario propender por la integración de las perspectivas de empresas, artistas y sociedad civil para una investigación holística orientada a problemas del mundo real. Esta línea enmarca la participación de la investigación agropecuaria en los diálogos ciencia-política y sociedad, a través de la diplomacia científica.
 - **Línea 4 – Análisis territorial e interseccionalidad:** desde el análisis de los sistemas socioecológicos (SSE), se propone comprender el territorio como un entramado de relaciones en el que interactúan variables sociales y ambientales.
- 



Estos SSE son sistemas adaptativos complejos, en los que agentes sociales y biofísicos interactúan y se retroalimentan en múltiples escalas temporales y espaciales. Adoptar el análisis territorial enmarcado en los SSE permite comprender elementos básicos y críticos del funcionamiento y la interacción entre los ecosistemas y la sociedad. Lo anterior implica, además, la inclusión de la percepción de los actores sociales del territorio desde una mirada interseccional, en la que la raza, la clase, el género, la sexualidad, la etnia, la nación, la capacidad y la edad no se conciben como entidades unitarias y excluyentes, sino como fenómenos interrelacionados. La interseccionalidad resalta la necesidad de analizar las relaciones de poder y las desigualdades sociales como una estrategia analítica que aporta nuevos ángulos de comprensión sobre los fenómenos sociales. Las personas pertenecen a más de una comunidad a la vez y pueden experimentar opresiones y privilegios de manera simultánea.

- **Línea 5 – Metodologías de transferencia y extensión rural:** esta línea se orienta a diseñar, desarrollar e implementar la extensión rural y la transferencia de conocimiento y tecnología como líneas de investigación dentro del enfoque de transdisciplinariedad, a partir de los principios de la apropiación social del conocimiento.

Teniendo en cuenta estas líneas, el reto de medición desde las perspectivas de los ejercicios de evaluación de la ciencia es dar evidencia de la alineación y la contribución de los resultados de investigación (nuevo conocimiento) generados en los proyectos de investigación a estas. Para lo anterior, se propone que, de manera anual, se desarrolle la medición propuesta en el Anexo 3 y que, de forma quinquenal, se genere una medición agregada.

De manera complementaria se pueden incluir indicadores relacionados con proyectos formulados vs. ejecutados alineados con el enfoque y sus líneas. Alianzas establecidas de manera formal con relación al enfoque. Número de resultados de investigación asociados al enfoque y sus líneas

8.2. Difusión y divulgación del conocimiento, una estrategia multinivel y multivariable

En un contexto cada vez más globalizado y competitivo, la difusión y la divulgación científica y tecnológica se convierten en elementos fundamentales para el posicionamiento y la visibilidad de una organización. En este sentido, la implementación de una estrategia de difusión y divulgación científica y tecnológica en AGROSAVIA genera valor y reconocimiento a nivel nacional e internacional, mediante la promoción de los avances y resultados obtenidos en sus investigaciones. De esta manera, la organización puede consolidarse como un referente en el sector y atraer la atención de potenciales socios, inversionistas y clientes (AGROSAVIA, 2021).



La difusión y la divulgación de los resultados de investigación pueden tener un impacto positivo en la sociedad; en este sentido, la estrategia debe tener un alcance amplio que permita llegar a los actores clave del sector agropecuario, tanto a nivel nacional como internacional, logrando promover la innovación y el desarrollo sostenible en la producción agrícola y pecuaria (Castillo-Ramírez & Alberich-Pascual, 2017). Dentro del público objetivo se identifican los siguientes:

- Instituciones públicas y privadas que financian y promueven la investigación científica y tecnológica en Colombia y a nivel internacional.
- Comunidades científicas y académicas en Colombia y en el ámbito internacional, con énfasis en las áreas de agroindustria y desarrollo rural sostenible.
- Medios de comunicación nacionales e internacionales interesados en la divulgación científica y tecnológica, en especial aquellos especializados en el sector agropecuario y rural.
- Ciudadanía en general, especialmente población rural y personas productoras agropecuarias interesadas en aplicar los avances científicos y tecnológicos en sus procesos productivos.

Acciones multinivel y multivariable

El desarrollo de la estrategia supone retos a nivel interno y externo, dado que es necesario armonizar procedimientos, acciones de los departamentos, así como políticas y regulaciones que garanticen una adecuada difusión y divulgación. En este sentido, se definieron cinco categorías con las principales tendencias en divulgación y difusión científica y tecnológica, con el fin de establecer contenidos o plataformas, públicos objetivo e indicadores de análisis (Calò, 2022; Corchuelo Rodríguez, 2018; Estrada et al., 2023; Palacios-Jiménez et al., 2021) (tabla 14).

Aproximación a la experiencia y sus principales resultados

Cada año se establece un plan de acción que pone en marcha la estrategia alineada con los objetivos corporativos. Para el año 2022, se destacan logros en la consolidación de la metadatos de las publicaciones de AGROSAVIA en sus 30 años de existencia, además, la diversidad de contenidos y plataformas donde divulgaron las publicaciones (tabla 15)



Tabla 14. Estructura multinivel y multivariable de la estrategia

Categoría	Contenidos y plataformas	Público	Indicador
Identificadores persistentes de autor	Identificadores únicos de autor con filiación AGROSAVIA. Plataformas: · CvLac · Agriperfiles · Página AGROSAVIA · Scopus ID · ORCID · Research ID	Comunidad científica nacional e internacional.	# de perfiles # de publicaciones # de interacciones # Altmetrics
Gestores bibliográficos	Referencias bibliográficas de las publicaciones de los autores con filiación AGROSAVIA. Plataformas: 1. Zotero 2. Mendeley 3. Refworks 4. Citiulike 5. Endnote	Comunidad científica nacional e internacional.	# de publicaciones # de interacciones # Altmetrics
Perfiles científicos o profesionales	Perfil corporativo y de autores con filiación AGROSAVIA. Plataformas: 6. Redalyc 7. Dialnet 8. Google Scholar 9. Dimensions 10. ORCID 11. ResearchGate 12. Academia.edu 13. LinkedIn	Comunidad científica nacional e internacional. Instituciones públicas y privadas. Ciudadanía en general.	# de perfiles # de publicaciones # de interacciones # Altmetrics
Perfiles de par evaluador	Perfil corporativo y de autores con filiación AGROSAVIA. Plataformas: 14. Pubppper 15. Publons 16. CvLac	Comunidad científica nacional e internacional.	# de perfiles # de publicaciones # de interacciones # Altmetrics
Plataformas o medios de publicación	Publicaciones relacionadas con resultados de investigación y productividad de autores con filiación AGROSAVIA. Plataformas: 17. Blog 18. Wikipedia 19. Reddit 20. Hypothes.is 21. FAO 22. Repositorio BAC 23. Yammer 24. Teams	Comunidad científica nacional e internacional. Instituciones públicas y privadas. Ciudadanía en general. Medios de comunicación nacionales e internacionales	# de publicaciones # de interacciones # de descargas # Altmetrics

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Impacto de la estrategia 2022

Categoría	Contenido	Cantidad (2022)
Plataformas o medios de publicación	Publicaciones FAO	115
	Publicaciones con referencia en Wikipedia	60
	Publicaciones en Reddit	26
	Publicaciones en Facebook (grupos temáticos)	21
	Publicaciones en TEAMS	173
	Publicaciones Yammer	123
	Boletines DID	3 (142 vistas)
	Video en YouTube	11 videos (402 reproducciones)
	Publicaciones en Blog	59 (3744 visualizaciones)
	Tablero de datos - ResearchGate	1
	Tablero de datos - Google Scholar	1
	Agrimetrics	3 boletines (595 vistas)
	#NoticiasdelaSemana	7
	Podcast	5 (46 reproducciones)
	Guía selección de revistas	1 (433 vistas)
	Guía selección de congresos	1 (56 vistas)
	Mapa estrategia de divulgación	1 (29 vistas)
	Taxonomía ciencia abierta AGROSAVIA	1 (20 vistas)
	Publicaciones LinkedIn	126
	Publicaciones Twitter	13
	Publicaciones Facebook	1
Identificadores persistentes de autor	Perfiles en Google Scholar investigadores	320 (antes 236)
	Perfiles en ORCID	419 (antes 203)



Categoría	Contenido	Cantidad (2022)
Perfiles científicos o profesionales	Perfil AGROSAVIA en Google Scholar	1895 publicaciones (consolidado)
	Agriperfiles	920 publicaciones
	Dimensions	5,492 publicaciones
Par evaluador	CVLAC	379 (antes 142)
Gestores bibliográficos	Zotero	28814 referencias
	Mendeley	24910 referencias

Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos, se establecieron acciones de mejora encaminadas a aumentar el impacto interno y externo de la divulgación y difusión científica. En este sentido, para 2023 se definió un plan de acción enfocado en incrementar, tanto a nivel interno como externo, la cobertura de los contenidos en las regiones, a partir del trabajo realizado por personas investigadoras y profesionales en los centros de investigación.



Plataformas o medios de publicación





Perfiles científicos o profesionales



Plataformas o medios de publicación





de publicaciones, # de indexaciones Google Scholar, # de lecturas, # de visualizaciones, # de descargas, # Medición Altmetrics



de publicaciones, # de lecturas, # de visualizaciones, # de descargas, # Medición Altmetrics



de publicaciones, # de lecturas, # de visualizaciones, # de descargas, # Medición Altmetrics



de publicaciones, # de lecturas, # de visualizaciones, # de descargas, # Medición Altmetrics



de lecturas, # de visualizaciones, # de descargas, # de artículos publicados con valor 0 en APC



de lecturas, # de visualizaciones, # de descargas, # de artículos publicados con valor 0 en APC

Identificadores persistentes de autor



Plataformas o medios de publicación



Par evaluador



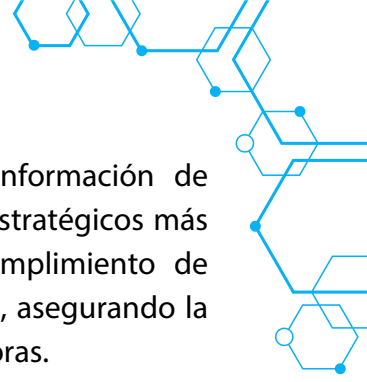


La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA cuenta con 30 años de existencia y con un cúmulo de conocimiento de gran importancia para la comunidad científica a nivel nacional e internacional. No obstante, la puesta en marcha de la estrategia de difusión y divulgación científica y tecnológica en la Corporación supone retos como los siguientes:



8.3. Gestión de datos e información institucional a través de sistemas de gestión de conocimiento

La gestión del conocimiento (GC) comprende dos conceptos principales: la gestión de contenidos y los procesos de colaboración. La mayoría de las organizaciones aplican tecnologías como los sistemas de gestión del conocimiento (SGC) para capturar, recopilar, distribuir y compartir el conocimiento. El propósito de los SGC es crear y desarrollar sistemas de información, a través de las tecnologías de la información, que ayuden a las organizaciones a transformar el conocimiento tácito en conocimiento explícito. Además, los SGC buscan alcanzar objetivos como el conocimiento compartido, la generación de ventajas competitivas y la creación de innovación corporativa (Iskandar et al., 2017).



En el ámbito de la investigación, los SGC se denominan Sistemas de Información de Investigación (SII), los cuales permiten a una institución alinearse con planes estratégicos más amplios. Estos sistemas constituyen una plataforma para promover el cumplimiento de desafíos institucionales y comunicar resultados, defendiendo el acceso abierto, asegurando la capacidad de descubrimiento y apoyando el trabajo de las personas investigadoras.

Estos sistemas se apoyan en gran medida en la gestión de los sistemas de información de bibliotecas; sin embargo, dicha gestión no es suficiente para lograr una integración completa de los datos que conforman los SII, ya que, por lo general, presentan falencias en la información derivada de proyectos, hojas de vida de personas investigadoras, servicios y equipos, que también hacen parte de la gestión de la investigación. En este contexto, se crearon los Sistemas de Información de Investigación Actualizados (*Current Research Information Systems*, CRIS), que estandarizan la manera de almacenar la información de investigación y definen las entidades más relevantes para su integración con unidades, redes y sistemas de información globales, con el fin de maximizar la accesibilidad, la visibilidad y el reconocimiento institucional.

“[...] Los CRIS recopilan una amplia gama de metadatos sobre todos los aspectos de la actividad de investigación llevada a cabo en una institución. Se han desarrollado para ayudar a las personas usuarias en el registro, reporte y toma de decisiones concernientes al proceso de investigación, ya sea que se encuentren en fases de desarrollo de programas, asignación de fondos, evaluación de proyectos, ejecución de proyectos, generación de resultados, evaluación de resultados o transferencia de estos [...]” (De Castro et al., 2014). Estos sistemas pueden tener alcance país, regional, sectorial o institucional (Rodríguez-Terán, 2015), lo que permite identificar que Siembra cuenta con algunos elementos de un CRIS sectorial, con el cual es necesario generar interoperabilidad.

A nivel mundial, se creó el estándar CERIF, desarrollado por la Organización Internacional para la Información de Investigación (euroCRIS), el cual, a través de su repositorio [DRIS](#), reporta 1360 iniciativas de repositorios CRIS a mayo de 2023, distribuidas en 62 países. En América Latina, Perú cuenta con 12 CRIS, seguido por Colombia con seis, correspondientes a dos en la Universidad del Rosario, uno en la Universidad de Medellín, uno en la Universidad de Ibagué, uno en la Pontificia Universidad Javeriana y uno en AGROSAVIA.

Sistema de gestión del conocimiento a nivel nacional: REDCOL

La gestión del conocimiento a nivel nacional, a través de sistemas de gestión del conocimiento (KMS), ha sido liderada por la Red Colombiana de Información Científica (REDCOL), la cual permite el acceso y la difusión de la información científica y tecnológica producida en Colombia y en el mundo. Este sistema fue construido con la participación de 91 instituciones, entre bibliotecas, instituciones de educación superior y centros de investigación y desarrollo, que en conjunto integran 72 repositorios de información de investigación (RIM) y reúnen un total de 242.966 productos de investigación.

REDCOL fue creada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) en el año 2019 y busca la articulación de esfuerzos de los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) en el ámbito de la información, como insumo para fortalecer el desarrollo científico y tecnológico, la apropiación social del conocimiento y la articulación con redes internacionales para la gestión de la información científica.

A continuación se presenta algunos ejemplos de CRIS en diferentes instituciones de carácter nacional.

Pontificia Universidad

Javeriana

Está en CERIF

PeopleSoft



Red Investigadores de Economía



Universidad de Ibagué



Universidad de Medellín



Universidad del Rosario

Está en CERIF



Pontificia Universidad Bolivariana

Está en CERIF



AGROSAVIA

Está en CERIF



Universidad Nacional de Colombia

Desarrollo propio



Universidad EAFIT

Desarrollo propio





CRIS AGROSAVIA

Un Sistema de Gestión del Conocimiento (SGC) de la investigación en AGROSAVIA constituye una herramienta valiosa para la gestión de datos e información institucional. A través de un sistema de gestión del conocimiento (KMS), se centraliza y organiza la información y se pretende mejorar la colaboración y el intercambio de información entre personas investigadoras, personal de soporte a la investigación, gremios, personas productoras agrícolas y otras entidades relacionadas con la transformación del sector agropecuario, de modo que, desde sus respectivos roles, puedan tomar decisiones más informadas, lo que representa una mejora en la eficiencia y la productividad de la gestión del conocimiento.

A lo largo de su trayectoria, AGROSAVIA ha soportado su actividad mediante sistemas de gestión de la información orientados a la administración de proyectos, el almacenamiento de publicaciones, la gestión del recurso humano, la prestación de servicios y el trámite de alianzas. Sin embargo, cada proceso se ha desarrollado de manera aislada por departamento, lo que ha impedido la interoperabilidad de los datos generados por cada uno. Un KMS procura crear una base de conocimiento centralizada, lo que facilita la colaboración y el intercambio de información entre los departamentos y direcciones de AGROSAVIA, mediante la categorización, estandarización y publicación de los datos, en cumplimiento de los principios FAIR: datos localizables, accesibles, interoperables y reutilizables.

AGROSAVIA, a través de su CRIS, busca la creación, el almacenamiento, la recuperación y el uso compartido de información y conocimiento a partir de las entidades definidas dentro del estándar internacional CERIF, entendidas como hechos, objetos o personas con parámetros medibles en cantidad o tiempo. Entre las entidades más relevantes para la Corporación se encuentran las personas investigadoras, los proyectos, los productos u ofertas tecnológicas y las publicaciones en todas sus tipologías.

El Sistema de Información de Investigación Actual cuenta, a corte de 2023, con 409 personas investigadoras, 872 proyectos de investigación, los cuales se clasifican en seis redes de innovación y se desarrollan en 24 centros de investigación a nivel nacional. Asimismo, registra 1.048 eventos en los que las personas investigadoras han compartido conocimiento científico, más de 14.000 publicaciones, 1.585 equipos y 275 servicios técnicos al servicio de la investigación.

8.4. Inteligencia científica institucional

Desde el año 2020, AGROSAVIA estableció, a través de la Circular Reglamentaria 013 del 29 de diciembre, la Política de Inteligencia, Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la Corporación. Esta política establece, en su artículo 4, la puesta en marcha del Sistema de Inteligencia y Vigilancia Estratégica para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación (I+D+i), y define para la institución el concepto de inteligencia y vigilancia, así como su aplicabilidad en las dimensiones de interés para el análisis del contexto.



El Sistema de Inteligencia y Vigilancia se define como una estructura basada en procesos que facilita la interacción entre áreas estratégicas de la organización, tanto a nivel central como territorial. Esta estructura, conformada por un equipo humano altamente especializado, una infraestructura tecnológica orientada a la analítica de datos e información y un portafolio de herramientas, métodos, metodologías y modelos de análisis del entorno, permite, tal como lo señalan las normas internacionales de gestión de la innovación y del conocimiento:

“[...] desarrollar un proceso sistemático de recolección y análisis de información acerca del ambiente científico, tecnológico, de negocios, de los competidores y de la propia organización, que permite comprender los cambios y novedades en el entorno, y comunicar su significado e implicaciones para la toma de decisiones [...]” (AENOR, 2018).

Este proceso sistemático, como se menciona en la política corporativa, cubija las variantes de la inteligencia y la vigilancia, las cuales tienen como línea de base la analítica de datos e información. Las variantes contempladas y desarrolladas en AGROSAVIA son: i) Inteligencia y Vigilancia Científica; ii) Inteligencia y Vigilancia Tecnológica; iii) Inteligencia y Vigilancia Comercial; iv) Inteligencia y Vigilancia Político-Normativa; y v) Inteligencia y Vigilancia Socioambiental y Cultural de los Territorios (entorno).

La implementación del sistema ha enfrentado una serie de retos, entre ellos la articulación integral con las diferentes dependencias que lo conforman; la centralización de actividades, que limita la generación de sinergias óptimas entre los equipos del nivel central y los equipos territoriales; y una baja articulación del sistema de inteligencia y vigilancia con el equipo extendido de analítica de datos.

Con el objetivo de afrontar estos retos, se propone un Sistema Descentralizado de Inteligencia, Vigilancia y Analítica de Datos (SDIVAD) para AGROSAVIA, concebido como un equipo interdisciplinario e interáreas que contempla una interacción híbrida (centralizada y descentralizada) para la implementación de herramientas de inteligencia, vigilancia y analítica de datos orientadas al análisis del entorno sectorial y de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTel), desde cinco enfoques: i) tecnológico, enfocado en las dinámicas de generación y divulgación de productos tecnológicos, como patentes, modelos de utilidad, variedades vegetales, bioinsumos, máquinas y equipos, e innovaciones en procesos y productos; ii) científico, enfocado en las dinámicas de generación y divulgación de productos de conocimiento derivados de proyectos de investigación, particularmente publicaciones científicas y técnicas; iii) comercial, orientado a la dinámica de la cadena de valor de AGROSAVIA y su interacción horizontal y vertical para el posicionamiento de la oferta tecnológica; iv) entorno, enfocado en el análisis de las dinámicas del marco de referencia sectorial a partir de los lineamientos de política pública nacional y territorial; y v) analítica de datos a la medida, enfocada en la naturaleza de los diseños experimentales de los proyectos y actividades de I+D+i.



Para AGROSAVIA, la estructura propuesta del SDIVAD tiene como premisa la descentralización de capacidades. A partir de este enfoque, las organizaciones han logrado acelerar procesos de especialización, modernización y mejora de la eficiencia, así como habilitar a sus colaboradores para contar con mayor autonomía y participación, a través del aprovechamiento del conocimiento tácito y de la experiencia adquirida, propiciando el despliegue de la creatividad, la capacidad de comunicación, la iniciativa y el liderazgo para la generación de soluciones más pertinentes.

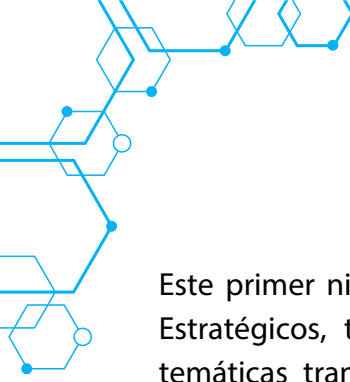
El modelo propuesto se basa en un enfoque en cascada, es decir, con interacciones aguas abajo (downstream) e interacciones aguas arriba (upstream), las cuales tienen como núcleo la inteligencia y la vigilancia, junto con la analítica de datos estratégica. Este enfoque constituye una aproximación válida de carácter holístico que permite orientar las actividades de I+D+i a partir de la gestión de información del pasado, el presente y el futuro, integrando herramientas y disciplinas como la analítica de datos, la inteligencia y vigilancia y la prospectiva, así como el uso de recursos tecnológicos que faciliten la identificación, adquisición, creación, almacenamiento, transferencia, uso, protección y evaluación de datos e información interna y externa para la toma de decisiones (Aguirre, 2015; Ghannay & Ammar-Mamlouk, 2012).

En la figura 79 se presenta la estructura del SDIVAD, la cual tiene como nodo central la articulación de los equipos vinculados a las direcciones nacionales que han desarrollado capacidades, metodologías y productos derivados de la implementación de la inteligencia, la vigilancia y la analítica de datos.



Figura 79. Estructura propuesta sistema descentralizado de inteligencia, vigilancia y analítica de datos (SDIVAD)

Fuente: Elaboración propia



Este primer nivel, denominado Equipo Nodo Central de Coordinación Metodológica y Análisis Estratégicos, tiene como prelación: (1) desarrollar estudios e investigaciones enfocadas en temáticas transversales, temas coyunturales y requerimientos de la alta dirección, así como contribuir a solicitudes derivadas de entidades gubernamentales del orden nacional que impliquen el uso de metodologías de Inteligencia, Vigilancia y Analítica de Datos (I+V+AD); (2) fortalecer y desarrollar las capacidades de los nodos territoriales a través de la transferencia de conocimientos y herramientas para el desarrollo de la I+V+AD en el contexto o área de influencia de los centros de investigación; y (3) actuar como punto focal para el análisis de solicitudes de servicios del sistema provenientes de los centros de investigación, la asignación a los integrantes de los nodos territoriales para su ejecución, la asignación de acompañamientos metodológicos desde el nodo central y el seguimiento al desarrollo del servicio.

El nodo coordinador está integrado por el Equipo Extendido de Analítica de Datos en su nivel de sede central (tres integrantes), el equipo de la Coordinación de Inteligencia Científica del Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y Tecnológica (tres integrantes), el equipo del Departamento de Propiedad Intelectual (tres integrantes), el equipo de la Coordinación de Mercadeo del Departamento de Mercadeo de Tecnologías, Productos y Servicios (ocho integrantes) y el equipo del Departamento de Articulación Institucional (más de cuatro integrantes).

Los equipos de los nodos territoriales de I+V+AD se constituyen como equipos interdisciplinarios e interáreas, con capacidades para el diseño, desarrollo, monitoreo y seguimiento de estudios de inteligencia y vigilancia asociados a proyectos de la agenda corporativa y a iniciativas de análisis del entorno, requeridas por el equipo de dirección de cada centro. Estos equipos se conforman a partir de la interacción de capacidades intercentros (centros de investigación que comparten zonas de influencia) y de capacidades intracentros (personas colaboradoras con experiencia, formación o interés en desarrollar actividades de I+V+AD). Para la primera versión de la estructura del SDIVAD, se definieron cinco nodos territoriales, los cuales estarán conformados por personas colaboradoras en los siguientes roles: Coordinador o Coordinadora de Innovación Regional (líder del nodo), integrante(s) del Equipo Extendido de Analítica de Datos (colíder), profesionales de apoyo a la investigación, profesionales de desarrollo de negocios y profesionales de transferencia. De manera opcional, se podrán vincular personas investigadoras de forma esporádica.

Las funciones de estos nodos son: (1) la recepción de solicitudes de servicios para su priorización y análisis conjunto con el nodo central; (2) la implementación de los servicios de I+V+AD, de acuerdo con la disponibilidad de tiempo de sus integrantes (porcentajes de dedicación establecidos); y (3) el desarrollo de cursos de formación básica y/o de actualización en I+V+AD dirigidos a los equipos de los centros de investigación.

- **Nodo Orinoquía:** tendrá cobertura de los centros de investigación La Libertad y Carimagua, con sus sedes Yopal y la finca experimental Taluma.
- **Nodo Caribe:** tendrá cobertura de los centros de investigación Turipaná (con su sede Carmen de Bolívar), Caribia (con su finca experimental La Trinidad) y Motilonia.
- **Nodo Pacífico:** tendrá cobertura de los centros de investigación El Mira, Obonuco y Palmira, con su sede Popayán.
- **Nodo Andino Oriental:** tendrá cobertura de los centros de investigación La Suiza (con su sede Cúcuta y oficinas en Bucaramanga y el Parque Tecnológico Guatiguará) y Tibaitatá (con sus sedes Tunja y Cimpá).
- **Nodo Andino Occidental:** tendrá cobertura de los centros de investigación Nataima (con su sede Florencia), La Selva (con su sede Manizales) y El Nus.

De manera complementaria, el SDIVAD genera una interacción con el Observatorio del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (OCTIAGRO), con el fin de fortalecer la gestión de este equipo desde una perspectiva metodológica, mediante la transferencia de conocimiento, así como para la movilización de contenidos y estudios realizados por el SDIVAD hacia el SNIA y de los estudios desarrollados por OCTIAGRO hacia los centros de investigación.

de igual manera, los principales resultados de la ejecución de esta estrategia se consolidan en la Colección de Estudios de Inteligencia y Vigilancia, disponible en la Biblioteca Agropecuaria de Colombia.

8.5. Transición a la **ciencia abierta**, recomendaciones institucionales desde la **visión país**

La ciencia abierta ha experimentado un creciente interés a nivel mundial en los últimos años, potenciado por las Recomendaciones de la UNESCO sobre Ciencia Abierta (UNESCO, 2021). Por su parte, en Colombia, el abordaje institucional de estos temas se remonta al lanzamiento de la Política Nacional de Gobierno en Línea en 2008, mediante la cual el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) buscaba, entre otros elementos, promover la transparencia y la participación ciudadana a través de la publicación de información y datos abiertos (Presidencia de la República de Colombia, 2008). Posteriormente, en 2016, el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) 2017–2022, desarrollado por Colciencias, promovió el fortalecimiento de infraestructuras orientadas a mejorar la capacidad científica y tecnológica del país (Colciencias, 2016).

En consecuencia, durante el periodo 2016–2021, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación orientó diversas iniciativas para definir la ruta de la ciencia abierta en el país, hasta que, en 2022, mediante la Resolución 0777 de 2022, se adoptó la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022–2031, la cual establece cinco objetivos estratégicos (Minciencias, 2022):



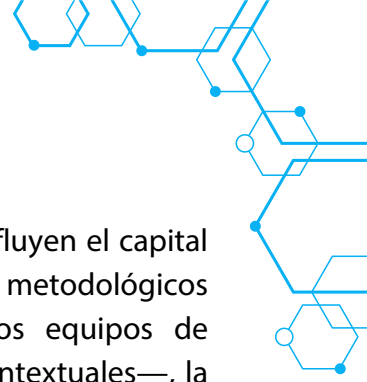
1. Ampliar la adopción y puesta en marcha de políticas, regulaciones, directrices, lineamientos, protocolos y procedimientos en las instituciones estratégicas del modelo de ciencia abierta del país, que fortalezcan el modelo de gobernanza de la ciencia abierta en Colombia.
2. Crear una cultura de apertura, diálogo, inclusión y responsabilidad social entre los actores generadores de conocimiento del país, orientada a generar soluciones a las problemáticas y necesidades de la población.
3. Fortalecer y consolidar los conocimientos, competencias y experticia de los actores estratégicos de la ciencia abierta en Colombia.
4. Instituir un sistema de métricas e incentivos que fomente, valore y reconozca las prácticas, procesos y resultados de ciencia abierta de la comunidad científica colombiana, e integrarlo a los modelos y sistemas de métricas e incentivos de las actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTel) existentes en el país.
5. Optimizar el uso y potenciar las infraestructuras colombianas disponibles para adelantar prácticas y procesos de ciencia abierta, así como para comunicar y acceder a los resultados científicos, tecnológicos y de innovación de interés para Colombia.

8.6. La **inteligencia artificial** en la generación de **conocimiento científico**, ¿un nuevo fenómeno no deseado?

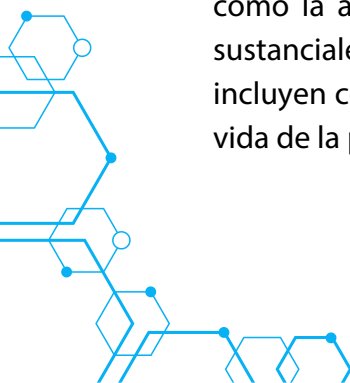
Los procesos de generación de conocimiento científico derivados de las actividades de I+D+i se enmarcan en un referente fundamental: la ética en la investigación. En el contexto de la ciencia, la ética se caracteriza por promover siete principios básicos: i) honestidad e integridad; ii) protección de sujetos humanos; iii) confidencialidad en el tratamiento de datos sensibles; iv) objetividad; v) protección de sujetos animales; vi) respeto a los derechos de autor; y vii) publicación responsable de los resultados de investigación.

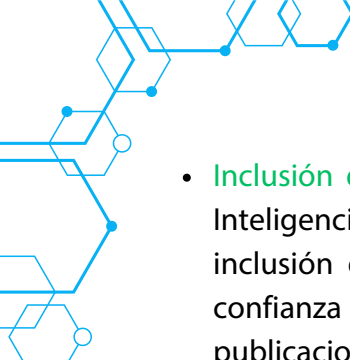
De estos siete principios, la publicación responsable de los resultados de investigación comprende la manera como se entrega a la sociedad el conocimiento generado —en forma de productos, procesos, servicios y nuevas formas de gestión—. Esta responsabilidad implica que los mecanismos de difusión y divulgación, a través de artículos científicos, artículos de revisión, actas de conferencia, capítulos de libro, libros, notas editoriales, artículos cortos, artículos de datos, documentos técnicos, documentos de trabajo, manuales, guías, entre otros, eviten o mitiguen prácticas como el sometimiento simultáneo, la duplicidad de postulaciones, el plagio, la fabricación o falsificación de datos, las asimetrías en el reconocimiento de autorías y los conflictos de interés.





Al igual que en cualquier proceso de gestión del conocimiento, en el que confluyen el capital intelectual, el capital social, las evidencias obtenidas mediante diseños metodológicos cualitativos, cuantitativos e híbridos, y el criterio científico-técnico de los equipos de investigación frente a los fenómenos en estudio —acotados por limitantes contextuales—, la publicación científica puede verse afectada por asimetrías o fenómenos no deseados. En el contexto actual, se han identificado, monitoreado y estudiado diferentes fenómenos que impactan negativamente la ética y, por extensión, la credibilidad de la ciencia y la investigación. Algunos de los más estudiados son:

- **Publicaciones segmentadas o redundantes (salami slicing):** a diferencia de la publicación duplicada, que implica informar exactamente los mismos datos en dos o más publicaciones, el salami slicing consiste en fragmentar un estudio amplio en dos o más publicaciones, denominadas “rebanadas” (slices) de un mismo estudio (Talbott, 2016).
 - **Autoplagio (self-plagiarism):** de acuerdo con Lin (2020), el autoplagio se conceptualiza como la reutilización parcial o total de contenidos de manuscritos o publicaciones previas, adaptados o no, en una nueva publicación, sin la referencia adecuada a su fuente de origen.
 - **Publicaciones por vía rápida (fast-track publishing):** mecanismos de publicación en los que los tiempos entre la entrega del manuscrito y la versión publicada son inferiores a los esperados en el conjunto de revistas de una comunidad científica determinada (Raitskaya y Tikhonova, 2021).
 - **Ola depredadora (revistas, editoriales y eventos depredadores):** en la última década, las dinámicas de la ciencia abierta y los modelos de medición y evaluación de la productividad en las instituciones de I+D+i han propiciado un fenómeno no deseado que ha permeado los diferentes canales de visibilización y posicionamiento de los resultados de investigación, definido como “fenómeno depredador” (Nisha et al., 2020).
 - **Desconocimiento de autoría (ghost authorship):** según Justin et al. (2021), ocurre cuando una persona autora, pese a cumplir con los criterios de contribución a la conceptualización, al levantamiento o análisis de datos, a la escritura crítica del trabajo, a la aprobación de la versión final del documento y al compromiso con los procesos de revisión por pares, es excluida de la versión publicada.
 - **Atribución de autoría (gift authorship):** de acuerdo con Jawaid y Jawaid (2020), se define como la adjudicación de autoría a personas que no han realizado aportes intelectuales sustanciales ni contribuciones significativas a un manuscrito, pero cuyos nombres se incluyen con fines de legitimación, prestigio, amistad u otros beneficios durante el ciclo de vida de la publicación.
- 

- 
- **Inclusión de autoría (backdoor authorship):** término propuesto por el Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y Tecnológica de AGROSAVIA, que hace referencia a la inclusión de miembros de comités editoriales como autores, a partir de relaciones de confianza entre autores y editores, para facilitar aprobaciones o participaciones masivas en publicaciones.
 - **Doble militancia (unauthorized affiliation):** ocurre cuando una persona investigadora atribuye una publicación a una institución con la cual no tiene un vínculo vigente, cuando la temática no se relaciona con las actividades de la organización o cuando publica sobre temáticas afines a su afiliación exclusiva, pero a nombre de otra institución.

Además de los fenómenos mencionados, el contexto actual de la cuarta revolución industrial ha dado lugar a la emergencia de un nuevo potencial fenómeno no deseado: el uso inapropiado de la inteligencia artificial en el ciclo de vida de la publicación científica.

El desarrollo científico y tecnológico, potenciado por la cuarta revolución industrial, ha permeado los diferentes sectores de la economía, incluido el sector agropecuario. Sin embargo, al igual que ocurrió con las tecnologías TIC en revoluciones industriales previas, estas tecnologías están sujetas a la paradoja del “Dr. Jekyll y Mr. Hyde” de la sociedad de la información y el conocimiento: a sus impactos positivos se suman impactos negativos, principalmente relacionados con la intensificación de la desigualdad, los daños medioambientales y las tensiones sociales. En este contexto, los diseños metodológicos para actividades de I+D+i que incorporen tecnologías como la inteligencia artificial, la computación cuántica, el internet de las cosas, la nanotecnología o los materiales avanzados deben considerar las interacciones entre lo biofísico y lo digital. De este modo, las innovaciones desarrolladas podrán dar respuesta a problemas locales con impacto global y facilitar la adaptación de soluciones globales a necesidades locales.

Desde hace varios años se ha evidenciado la contribución de la inteligencia artificial al procesamiento de grandes volúmenes de datos para la predicción de comportamientos y variables de respuesta en aplicaciones como la agricultura, la medicina y la ingeniería. Estos desarrollos se materializan en modelos con capacidad para detectar rostros en imágenes, clasificar imágenes médicas o identificar y clasificar usos del suelo en imágenes satelitales o capturadas mediante vehículos aéreos no tripulados. Un ejemplo cercano para la Corporación es el uso de inteligencia artificial en la predicción de planes de fertilización, a partir del análisis de datos de muestras de suelo.

El uso de la inteligencia artificial se ha extendido de manera significativa en el contexto científico durante el último lustro. No obstante, inicialmente la comunidad científica manifestaba reservas frente al uso de estas “cajas negras” para la solución de problemas, debido a la dificultad de explicar sus resultados en un lenguaje comprensible. Este cuestionamiento impulsó el desarrollo de enfoques orientados a transformar dichas cajas negras en “vitrinas transparentes”, mediante modelos descriptivos que combinan lenguajes matemáticos y de programación.



Hasta hace algunos años, el rol de la inteligencia artificial se concebía principalmente como una herramienta complementaria para responder preguntas de investigación previamente formuladas. En el contexto actual, su uso se ha extendido a otras fases de la investigación científica, como la justificación de la pregunta de investigación. Herramientas como Elicit o Scispace permiten realizar búsquedas en literatura científica a partir de relaciones causales entre variables, facilitando la identificación de referencias que sustentan o descartan dichas relaciones. Asimismo, plataformas como Semantic Scholar, Research Rabbit y Connected Papers apoyan la construcción de revisiones bibliográficas sistemáticas a partir de conjuntos iniciales de artículos, mediante el cálculo de similitudes entre publicaciones. Incluso existen herramientas que permiten interactuar con sistemas de inteligencia artificial previamente entrenados con artículos científicos, como Scicopilot, con el fin de analizar contenidos, explicar tablas, ecuaciones matemáticas o modelos presentes en dichos documentos.

Otro ámbito en el que la inteligencia artificial ha incursionado es el apoyo a la construcción de código para el procesamiento y análisis de datos de investigación. Estas herramientas pueden transformar lenguaje natural en fragmentos de código ejecutable, generar visualizaciones, tablas y otros insumos utilizados en artículos científicos, e incluso asistir en la documentación del código para facilitar su comprensión por parte de la comunidad científica.

Asimismo, la inteligencia artificial permite adecuar el lenguaje natural según el público objetivo, reescribiendo textos informales en registros más formales y acordes con terminologías disciplinares específicas. En este sentido, actúa como apoyo en la corrección de estilo, así como en la verificación gramatical y ortográfica, resultando útil en la elaboración de textos científicos y otros tipos de escritura académica.

Existen, además, herramientas de generación de imágenes basadas en inteligencia artificial que permiten producir ilustraciones a partir de descripciones en lenguaje natural. En la comunicación científica, estas herramientas resultan especialmente útiles para la elaboración de esquemas, bocetos y gráficos que describan diseños experimentales o representen hallazgos potenciales.

Todo lo anterior conduce a una nueva “zona gris” en el uso de la inteligencia artificial en la investigación científica, ejemplificada por herramientas como ChatGPT. Esta inteligencia artificial, entrenada con grandes volúmenes de información disponible en internet, ha suscitado un amplio debate en distintos sectores sociales, incluida la comunidad científica, debido a su capacidad para sostener conversaciones y responder preguntas con base en información previamente procesada. Las discusiones han oscilado entre escenarios optimistas —como la educación personalizada— y visiones críticas o apocalípticas, asociadas al posible reemplazo de actividades creativas, editoriales e incluso investigativas.





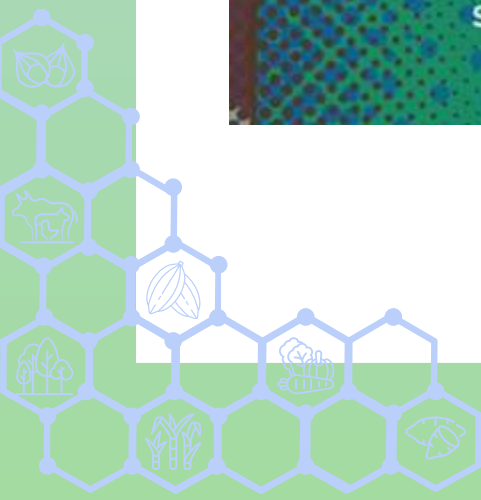
En la comunidad científica se han realizado experimentos en los que artículos completos fueron elaborados mediante esta inteligencia artificial, e incluso se ha registrado su inclusión como autora en revistas revisadas por pares. Algunos ejercicios ocultaron el uso de estas herramientas a revisores y editores, con el propósito de evaluar su capacidad de detección, mientras que otros analizaron si las personas revisoras podían identificar textos generados por inteligencia artificial. Como respuesta, diversas revistas han comenzado a ajustar sus políticas editoriales, estableciendo lineamientos específicos sobre el uso de inteligencia artificial, incluyendo restricciones o condiciones para su aceptación.

Este debate plantea interrogantes clave: si la inteligencia artificial actúa como asistente de investigación, ¿debe declararse como parte de los métodos utilizados?, ¿es éticamente aceptable solicitarle la elaboración completa de un artículo científico?, ¿debe intervenir desde la formulación de la pregunta de investigación?

La principal consideración frente a este fenómeno emergente es que la inteligencia artificial puede entenderse como un colaborador más en la generación de conocimiento. Sin embargo, el uso inadecuado de estas herramientas puede desvirtuar el objetivo central del artículo científico dentro del sistema global de ciencia y tecnología.

Los artículos científicos no constituyen el fin último de un proceso investigativo, sino un medio para comunicar los hallazgos de un proceso riguroso de investigación. En este sentido, lo fundamental es el resultado del proceso investigativo y la manera como este se comunica a la sociedad. Las tareas que hasta ahora ha desempeñado la inteligencia artificial, al igual que otras herramientas de apoyo a la investigación, son de carácter complementario y buscan facilitar que la persona investigadora se concentre en su labor esencial: formular preguntas relevantes y, mediante el método científico, contrastar y validar las respuestas obtenidas.







Referencias

"Si lo sabes, está bien; si no lo sabes, descúbrela"

Barbara McClintock

AENOR. (2018). Norma española UNE 166006: Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia.

AENOR. <https://www.une.org>

Aguado-López, E., Becerril-García, A., & Chávez-Ávila, S. (2019). Reflexión sobre la publicación académica y el acceso abierto a partir de la experiencia de Redalyc. *Palabra Clave*, 8(2), e067.

<https://doi.org/10.24215/18539912e067>

Aguirre, J. (2015). Strategic intelligence: A system to manage innovation. *Estudios Gerenciales*, 31(134), 100–110. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.07.001>

Angell, M. (1986). Publish or perish: A proposal. *Annals of Internal Medicine*, 104(2), 261–262. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-104-2-261>

Apfelbaum, D. S., & Stadler, D. (2021). A crash course in creative commons licensing. *Serials Review*, 47(3–4). <https://doi.org/10.1080/00987913.2021.1963634>

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>

Aria, M., Cuccurullo, C., D'aniello, L., Misuraca, M., Spano, M. (2022). Thematic Analysis as a New Culturomic Tool: The Social Media Coverage on COVID-19 1 Pandemic in Italy. *Sustainability (Switzerland)* 14(6) <https://doi.org/10.3390/su14063643>

Bartol, T., Budimir, G., Juznic, P., & Stopar, K. (2016). Mapping and classification of agriculture in Web of Science: Other subject categories and research fields may benefit. *Scientometrics*, 109(2), 979–996. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2071-6>

Beall'slist. (2018). Beall's list of predatory journals and publishers. <https://beallslist.net/>

Björk, B. C., & Catani, P. (2016). Peer review in megajournals compared with traditional scholarly journals: Does it make a difference? *Learned Publishing*, 29(1), 12–17. <https://doi.org/10.1002/leap.1007>

Bornmann, L., Mutz, R., & Daniel, H. D. (2008). Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A comparison of nine different variants of the h index using data from biomedicine. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(5), 830–837. <https://doi.org/10.1002/asi.20806>



- Callaway, E., & Powell, K. (2016). Biologists urged to hug a preprint. *Nature*, 530(7590), 265. <https://doi.org/10.1038/530265a>
- Callon, M., Courtial, J.P., Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics* 22(1) <https://doi.org/10.1007/BF02019280>
- Calò, L. N. (2022). Métricas de impacto y evaluación de la ciencia. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 39(2), 226–232. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2022.392.11171>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2009). "Mode 3" and "Quadruple Helix": Toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3–4), 201–234. <https://doi.org/10.1504/ijtm.2009.023374>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2012). Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2062-0>
- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2019). Mode 1, Mode 2, and Mode 3: Triple Helix and Quadruple Helix. In E. G. Carayannis & D. F. J. Campbell (Eds.), *Smart quintuple helix innovation systems* (pp. 17–30). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01517-6_3
- Castillo-Ramírez, I., & Alberich-Pascual, J. (2017). Análisis de estrategias de difusión de contenidos y actividad en redes sociales en revistas de divulgación científica: Factores de interacción, visibilidad e impacto. *Estudios Sobre el Mensaje Periodístico*, 23(2), 1045–1056. <https://doi.org/10.5209/ESMP.58031>
- Castro, A. M. G. de. (2001). Prospecção de cadeias produtivas e gestão da informação. *Transinformação*, 13(2), 55–72. <https://doi.org/10.1590/S0103-37862001000200004>
- Chen, C. (2017). Science mapping: A systematic review of the literature. *Journal of Data and Information Science*, 2(2), 1–40. <https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0006>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609–1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>
- Colciencias. (2016). Plan nacional de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC 2017-2022. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/plan-ctei-tic-2017-2022_0.pdf
- Corchuelo-Rodríguez, C. A. (2022). Guía para la selección de revistas para publicación. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7308018>
- Corchuelo Rodríguez, C. A. (2018). Visibilidad científica y académica en la web 2.0: Análisis de grupos de investigación de la Universidad de La Sabana. *Información, Cultura y Sociedad*, (38). <https://doi.org/10.34096/ics.i38.3724>
- Cuccurullo, C., Aria, M., & Sarto, F. (2016). Foundations and trends in performance management. A twenty-five years bibliometric analysis in business and public administration domains. *Scientometrics*, 108(2), 1057–1078. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1948-8>





De Castro, P., Shearer, K., & Summann, F. (2014). The gradual merging of repository and CRIS solutions to meet institutional research information management requirements. *Procedia Computer Science*, 33, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.06.007>

De Freitas, N., & Morin, E. (1994). Charter of transdisciplinarity. Centre International de Recherche et Etudes Transdisciplinaires.

De Solla Price, D. J. (1989). The science of science. *Science and Public Policy*, 16(3), 152–153. <https://doi.org/10.1093/spp/16.3.152>

Departamento Nacional de Planeación. (2008). Política nacional de seguridad alimentaria y nutricional (Documento CONPES 113). <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Conpes/Conpes%20113%20de%202008.pdf>

Dresbeck, R. (2015). SciVal. *Journal of the Medical Library Association*, 103(3), 160–161. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.103.3.018>

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). SciVal (Versión 1.0) [Software]. <https://www.scival.com/>

Estrada, J. M. C., Nacipucha, N. S., Romero, R. M., Morales, W. A., Ortiz, N. C., & Quimis, M. P. (2023). Gestión del contenido en redes sociales, por revistas científicas indexadas en SciELO España. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 56, 194–213.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Sustainable food systems: Concept and framework [Policy brief]. <https://www.fao.org/3/CA2079EN/CA2079EN.pdf>

Flórez-Martínez, D. H., & Uribe-Galvis, C. P. (2020). Fourth industrial revolution technologies for agriculture sector: A trend analysis in agriculture 4.0. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.11>

Flórez-Martínez, D. H., Contreras-Pedraza, C. A., & Rodríguez, J. (2021). A systematic analysis of non-centrifugal sugar cane processing: Research and new trends. *Trends in Food Science and Technology*, 107, 415–428. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.011>

Flórez, D., & Uribe, C. (2017). Guía metodológica para el análisis de sistemas productivos agroindustriales regionales a través de herramientas de gestión estratégica.

Flórez Martínez, D. H., Sánchez Torres, J. M., & Rodríguez Romero, C. A. (2021). Towards a conceptual model for knowledge management processes integration into strategic decision-making. *International Journal of Knowledge Management Studies*, 12(1). <https://doi.org/10.1504/ijkms.2021.10039672>





Fraser, N., Brierley, L., Dey, G., Polka, J. K., Pálffy, M., Nanni, F., & Coates, J. A. (2021). The evolving role of preprints in the dissemination of COVID-19 research and their impact on the science communication landscape. *PLoS Biology*, 19(4), e3000959.

Fortunato, S., Bergstrom, C. T., Börner, K., Evans, J. A., Helbing, D., Milojević, S., ... & Barabási, A. L. (2018). Science of science. *Science*, 359(6379), eaao0185.

Froghi, S., Ahmed, K., Finch, A., Fitzpatrick, J. M., Khan, M. S., & Dasgupta, P. (2012). Indicators for research performance evaluation: An overview. *BJU International*, 109(3), 321–324.
<https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2011.10856.x>

Garcia-Garcia, L. A., & Rodríguez, M. (2018). Competitive and technology intelligence to reveal the most influential authors and inter-institutional collaborations on additive manufacturing for hand orthoses. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 8(3), 32–44.
<https://doi.org/10.37380/jisib.v8i3.364>

García, M., Castellanos, O., & Monroy, S. (2008). Implementación de sistemas de inteligencia tecnológica desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Ingeniería e Investigación*, 28(2), 108–118.

Ghannay, J. C., & Ben Ammar-Mamlouk, Z. (2012). Synergy between competitive intelligence and knowledge management: A key for competitive advantage. In J. G. Cegarra (Ed.), *Proceedings of the 13th European Conference on Knowledge Management: ECKM* (p. 198). Academic Conferences Limited. http://www.academic-bookshop.com/ourshop/prod_2223254-ECKM-2012-Proceedings-of-the-13th-European-Conference-on-Knowledge-Management-Cartagena-Spain-CD-version.html

Gibbons, M. (1997). *La nueva producción del conocimiento: La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas* (pp. 11–30). Pomares-Corredor.

Glänzel, W., & Moed, H. F. (2002). Journal impact measures in bibliometric research. *Scientometrics*, 53(2), 171–193. <https://doi.org/10.1023/A:1014848323806>

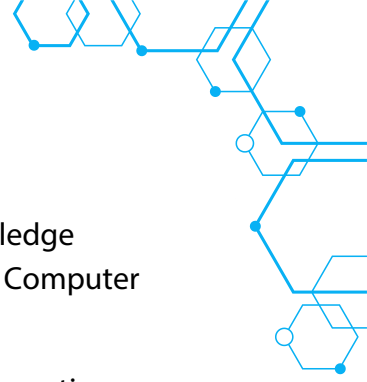
González Alcaide, G., & Gorraiz, J. I. (2018). Assessment of researchers through bibliometric indicators: The area of Information and Library Science in Spain as a case study (2001–2015). *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 3, 15. <https://doi.org/10.3389/frma.2018.00015>

Google. (2023). Inclusion guidelines for webmasters. Google Scholar.
<https://scholar.google.com/intl/es/scholar/inclusion.html>

Guterman, E. L., & Braunstein, L. Z. (2020). Preprints during the COVID-19 pandemic: Public health emergencies and medical literature. *Journal of Hospital Medicine*, 15(10), 602–603.
<https://doi.org/10.12788/JHM.3491>

Hemlin, S., Allwood, C. M., & Martin, B. R. (2004). *Creative knowledge environments: The influences on creativity in research and innovation*. Edward Elgar.
<https://doi.org/10.4337/9781845421687>

Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569–16572.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>



Iskandar, K., Jambak, M. I., Kosala, R., & Prabowo, H. (2017). Current issue on knowledge management system for future research: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 116, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.10.011>

Ismail, S., Nason, E., Marjanovic, S., & Grant, J. (2012). Bibliometrics as a tool for supporting prospective R&D decision-making in the health sciences: Strengths, weaknesses and options for future development. *RAND Health Quarterly*, 2(3).

Jacobsen, A., Azevedo, R. de M., Juty, N., Batista, D., Coles, S., Cornet, R., Courtot, M., Crosas, M., Dumontier, M., Evelo, C. T., Goble, C., Guizzardi, G., Hansen, K. K., Hasnain, A., Hettne, K., Heringa, J., Hooft, R. W. W., Imming, M., Jeffery, K. G., ... Schultes, E. (2020). FAIR principles: Interpretations and implementation considerations. *Data Intelligence*, 2(1–2), 10–29. https://doi.org/10.1162/dint_r_00024

Jahn, T., Bergmann, M., & Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics*, 79, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.017>

Jain, R. K., Triandis, H. C., & Weick, C. W. (2010). Managing research, development, and innovation: Managing the unmanageable (3rd ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470917275>

Jawaid, S. A., & Jawaid, M. (2020). Some useful tips to detect gift authorship. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 36(6), 1649–1652. <https://doi.org/10.12669/pjms.36.6.3154>

Juntsch, E. (1979). Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. En L. Apostel, G. Berger, A. Briggs, & G. Michaud (Eds.), *Interdisciplinariedad: Problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades*. ANUIES.

Justin, G. A., Pelton, R. W., Woreta, F. A., & Legault, G. L. (2021). Authorship ethics: A practical approach. *American Journal of Ophthalmology*, 224, 204–208. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.09.022>

Khodabakhshian, A., Khosravi, M., & Mashayekhi, A. (2013). R&D project portfolio in research and development, part of a whole in R&D strategy. En *Proceedings of the 31st International Conference of the System Dynamics Society* (pp. 1745–1769). System Dynamics Society.

King, J. (1987). A review of bibliometric and other science indicators and their role in research evaluation. *Journal of Information Science*, 13(5), 261–276. <https://doi.org/10.1177/016555158701300501>

Leydesdorff, L. (2005). Evaluation of research and evolution of science indicators. *Current Science*, 89(9), 1510–1517.

Leydesdorff, L., & Milojević, S. (2015). Scientometrics. En J. D. Wright (Ed.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (2nd ed., pp. 322–327). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.85030-8>



Leydesdorff, L., Ràfols, I., & Milojević, S. (2020). Bridging the divide between qualitative and quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(3), 918–926.

https://doi.org/10.1162/qss_e_00061

Lin, W. Y. C. (2020). Self-plagiarism in academic journal articles: From the perspectives of international editors-in-chief in editorial and COPE case. *Scientometrics*, 123(1), 355–390.

<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03373-0>

Machovec, G. (2020). Pandemic impacts on library consortia and their sustainability. *Journal of Library Administration*, 60(5), 577–584. <https://doi.org/10.1080/01930826.2020.1760558>

Martín-Martín, A., Thelwall, M., Orduna-Malea, E., & Delgado López-Cózar, E. (2021). Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: A multidisciplinary comparison of coverage via citations. *Scientometrics*, 126(1), 871–906.

Marx, W., Bornmann, L., Barth, A., & Leydesdorff, L. (2014). Detecting the historical roots of research fields by reference publication year spectroscopy (RPYS). *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 65(4), 751–764. <https://doi.org/10.1002/asi.23089>

Mazov, N. A., Gureev, V. N., & Glinskikh, V. N. (2020). The methodological basis of defining research trends and fronts. *Scientific and Technical Information Processing*, 47(4), 221–231.

<https://doi.org/10.3103/S0147688220040036>

Medina Vásquez, J., Becerra, S., & Castaño, P. (2014). *Prospectiva y política pública para el cambio estructural en América Latina y el Caribe*. CEPAL.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). Convocatoria nacional para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y para el reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2022). Resolución 0777 de 2022: Política nacional de ciencia abierta 2022-2031. https://minciencias.gov.co/pdf/pdfreader?url=https://minciencias.gov.co/sites/default/files/politica_nacional_de_ciencia_abierta_-2022_-

[url=https://minciencias.gov.co/sites/default/files/politica_nacional_de_ciencia_abierta_-2022_-](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/politica_nacional_de_ciencia_abierta_-2022_-)

Mingers, J., & Leydesdorff, L. (2015). A review of theory and practice in scientometrics. *European Journal of Operational Research*, 246(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.04.002>

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), e290103. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>

Morin, E. (1984). *Ciencia con conciencia: Pensamiento crítico/Pensamiento utópico*. Quark, (36).

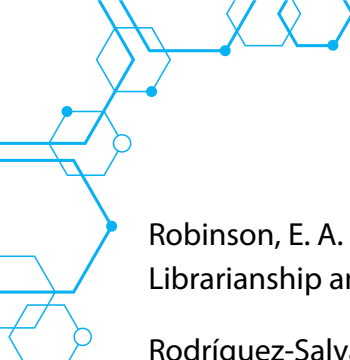
Muhonen, R., Benneworth, P., & Olmos-Peñuela, J. (2019). From productive interactions to impact pathways: Understanding the key dimensions in developing SSH research societal impact. *Research Evaluation*, 29(1), 34–47. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvz003>





- Narin, F., & Hamilton, K. S. (1996). Bibliometric performance measures. *Scientometrics*, 36(3), 293–310. <https://doi.org/10.1007/BF02129596>.
- Neff, B. D., & Olden, J. D. (2006). Is peer review a game of chance? *BioScience*, 56(4), 333–340. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[333:IPRAGO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[333:IPRAGO]2.0.CO;2).
- Nisha, F., Das, A., & Tripathi, M. (2020). Stemming the rising tide of predatory journals and conferences: A selective review of literature. *Annals of Library and Information Studies*, 67(3), 163–173. <https://doi.org/10.56042/alis.v67i3.32442>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1996). Declaración de Roma sobre la seguridad alimentaria mundial. Cumbre Mundial sobre la Alimentación. <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.HTM>.
- Ortega, J. L. (2020). Altmetrics data providers: A meta-analysis review of the coverage of metrics and publication. *El Profesional de la Información*, 29(1), e290116.
- Palacios-Jimenez, P., Mori-Diestra, K., Limaymanta, C. H., Loyola-Romaní, J., & Gregorio-Chaviano, O. (2021). Bibliometric and social network analysis of the Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública (2010-2019). *E-Ciencias de la Información*, 11(1).
- Perc, M. (2010). Zipf's law and log-normal distributions in measures of scientific output across fields and institutions: 40 years of Slovenia's research as an example. *Journal of Informetrics*, 4(3), 358–364. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.03.001>.
- Pisano, G. (2012). Creating an R&D strategy [Documento de trabajo]. Harvard Business School. <https://pdfs.semanticscholar.org/6194/b07fcd1095d53c2d8cb8ee27eba32ec5f894.pdf>.
- Presidencia de la República de Colombia. (2008). Decreto 1151 de 2008. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=29774>.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25(4), 348–349.
- Porter, M. E. (1991). Towards a dynamic theory of strategy. *Strategic Management Journal*, 12(s2), 95–117. <https://doi.org/10.1002/smj.4250121008>.
- Price, D. D. S. (1976). A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. *Journal of the American Society for Information Science*, 27(5), 292–306. <https://doi.org/10.1002/asi.4630270505>.
- Raitskaya, L., & Tikhonova, E. (2021). COVID-19: An impromptu or trend-setting factor in research on language and education? *Journal of Language and Education*, 7(4), 4–8. <https://doi.org/10.17323/JLE.2021.13458>.





Robinson, E. A. (2021). Review of Creative Commons for educators and librarians. *Journal of Librarianship and Scholarly Communication*, 9(1), eP2375. <https://doi.org/10.31274/jlsc.12904>

Rodríguez-Salvador, M., Río-Belver, R. M., & Garechana-Anacabe, G. (2017). Scientometric and patentometric analyses to determine the knowledge landscape in innovative technologies: The case of 3D bioprinting. *PLoS ONE*, 12(6), e0180375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180375>

Rodríguez Terán, Á. (2015). *Sistemas de gestión de la investigación: Aproximación a los CRIS institucionales*.

Sánchez-Torres, J. M., & Palop-Marro, F. (2002). Herramientas de software especializadas para vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

https://www.researchgate.net/publication/31842359_Herramientas_de_software_para_la_practica_en_la_empresa_de_la_vigilancia_tecnologica_e_inteligencia_competitiva_evaluacion_comparativa_JM_Sanchez_Torres_pref_de_Eduardo_Rios_Pita_presen_de_Fernando_Pa

Sarwar, R., Zia, A., Nawaz, R., Fayoumi, A., Aljohani, N. R., & Hassan, S. U. (2021). Webometrics: Evolution of social media presence of universities. *Scientometrics*, 126(2), 1049–1069. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03804-y>

SCImago. (2016). *SJR - SCImago journal & country rank* [Base de datos]. <https://www.scimagojr.com/>

Simon, G. (2009). Concepto y gobernanza internacional de la seguridad alimentaria: De dónde venimos y hacia dónde vamos. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, (224), 19–45. <https://ageconsearch.umn.edu/record/185957/>

Talbott, J. A. (2016). Salami slicing, duplicative publication, and data set utilization: Where to draw the line. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 204(11), 879–880. <https://doi.org/10.1097/NMD.0000000000000630>

Thelwall, M., & Kousha, K. (2015). Web indicators for research evaluation. Part 1: Citations and links to academic articles from the web. *Profesional de la Información*, 24(5), 587–606. <https://doi.org/10.3145/epi.2015.sep.08>

Tian, Q., Ma, J., Liang, J., Kwok, R. C. W., & Liu, O. (2005). An organizational decision support system for effective R&D project selection. *Decision Support Systems*, 39(3), 403–413. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2003.08.005>

Tóth, G., Hermann, T., Szatmári, G., & Pásztor, L. (2016). Maps of heavy metals in the soils of the European Union and proposed priority areas for detailed assessment. *Science of the Total Environment*, 565, 1054–1062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.115>

Trigo, E. J., Pomareda, C., & Villarreal, F. (2012). Los INIA en ALC: Desafíos para la innovación agraria. En Situación y desempeño de la agricultura en ALC desde la perspectiva tecnológica (p. 63). [Editorial no identificada].

Trigo, E., Mateo, N., & Falconi, C. (2013). Innovación agropecuaria en América Latina y el Caribe: Escenarios y mecanismos institucionales (Nota Técnica No. IDB-TN-528). Banco Interamericano de Desarrollo.

Trigo, E. J., & Elverdin, P. (2020). Los sistemas de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria de América Latina y el Caribe en el marco de los nuevos escenarios de ciencia y tecnología. *Revista Compromiso Social*, (3), 8–32. <https://doi.org/10.5377/recoso.v2i3.13437>

UNESCO. (2021). Recomendación de la UNESCO sobre la ciencia abierta. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949_spa

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053–1070. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). VOSviewer (Versión 1.6.15) [Software]. <https://www.vosviewer.com/>

Van Raan, A. F. J. (1997). Scientometrics: State-of-the-art. *Scientometrics*, 38(1), 205–218. <https://doi.org/10.1007/BF02461131>

Vélez Cuartas, G., Uribe-Tirado, A., Restrepo-Quintero, D., Ochoa-Gutierrez, J., Pallares, C., Gómez-Molina, H. F., Suárez-Tamayo, M., & Calle, J. (2019). Hacia un modelo de medición de la ciencia desde el Sur Global: Métricas responsables. *Palabra Clave (La Plata)*, 8(2), e068. <https://doi.org/10.24215/18539912e068>

Villa, C. F. H., Arango, D. A. G., Mesa, E. D. A., García, A. G., Aconcha, R. B., Movilla, J. G. S., & López, A. P. A. (2017). Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en la formación para la investigación en ingeniería. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 179–197. <https://doi.org/10.22507/rli.v14n1a16>

Vinkler, P. (2011). Scientometrics and scientometricians in 2011. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(1), 200–201. <https://doi.org/10.1002/asi.21521>

Visser, M., Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). Large-scale comparison of bibliographic data sources: Web of Science, Scopus, Dimensions, and CrossRef. En *Proceedings of the 17th International Conference on Scientometrics and Informetrics (ISSI 2019) (Vol. 2, pp. 2358–2369)*.



Vommaro, P., & Rovelli, L. (2022). Desafíos a la evaluación de la investigación orientada a la movilización del conocimiento en transición hacia la ciencia abierta: Un análisis a partir del caso de los Grupos de Trabajo del Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. *Analecta Política*, 12(23). <https://doi.org/10.18566/apolit.v12n23.a02>

Waltman, L. (2018). *Bibliometrics for research management and research evaluation: A brief introduction*. Centre for Science and Technology Studies. https://www.cwts.nl/pdf/CWTS_bibliometrics.pdf

Waltman, L., Van Eck, N. J., & Noyons, E. C. M. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4(4), 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.07.002>

Wani, Z. A., & Zainab, T. (2017). A review of eminence of scientometric indicators in scientific research productivity. *COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management*, 11(2), 273–285. <https://doi.org/10.1080/09737766.2017.1306179>

Wilsdon, J. (2017). *The metric tide: Independent review of the role of metrics in research assessment and management*. SAGE. <https://doi.org/10.4135/9781473978782>

Yang, K., & Meho, L. I. (2006). Citation analysis: A comparison of Google Scholar, Scopus, and Web of Science. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 43(1), 1–15. <https://doi.org/10.1002/meet.14504301185>



Anexos

Anexo 1

Nombre del Grupo	2006	2008	2010	2011	2012	640 de 2013	693 de 2014	737 de 2015	781 de 2017	833 de 2018	894 de 2021
CIMPA Estación Experimental	A	B	A	A	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Control biológico de plagas agrícolas	A	A	No avalado	A1	Reconocido	B	A1	A	A	A1	A1
Ecología y agricultura inteligente para la sostenibilidad y competitividad de los sistemas de producción en el trópico	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	B	A
Grupo de alimentos - Frutales	A	Avalado - No Reconocido	A	A1	Reconocido	A1	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Grupo de investigación e innovación en salud y bienestar animal	B	C	B	C	Reconocido	Reconocido - No Medido	C	C	B	A	A
Grupo regional de investigación participativa de los pequeños productores de la costa atlántica	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Reconocido - No Medido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Grupo Interdisciplinario de Investigación en Fruticultura Tropical	Avalado - No Reconocido	B	No avalado	B	Reconocido	B	No avalado	B	B	B	No avalado
Grupo de Análisis Espacio-Temporal y Manejo de Fenómenos Fitosanitarios	Avalado - No Reconocido	C	B	B	Reconocido	Reconocido - No Medido	No avalado	Avalado - No Reconocido	C	A	A
Grupo de Investigación en Manejo Integrado de Suelos y Aguas	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado

Nombre del Grupo	2006	2008	2010	2011	2012	640 de 2013	693 de 2014	737 de 2015	781 de 2017	833 de 2018	894 de 2021
Grupo de Investigación en Producción y Salud Animal en el Trópico	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Innovación Tecnológica de Procesos Agroindustriales para el Desarrollo Rural	C	B	C	C	Reconocido	Reconocido - No Medido	B	C	C	A	A1
Grupo de Investigación en Manejo Integrado de Plagas de Áreas Tropicales	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Grupo de Recursos Genéticos en los Sistemas de producción Animal	Avalado - No reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Microbiología y Nutrición Animal del Trópico	B	A1	A1	A1	Reconocido	B	A1	A1	A1	A1	A1
Raíces del Futuro - Manejo de suelo, agua y planta	B	B	B	B	Reconocido	B	C	Reconocido - No Medido	C	B	A1
Sistemas Agropecuarios Sostenibles	Avalado - No reconocido	C	B	B	Reconocido	Reconocido - No Medido	A	A1	A1	A1	A1
Estudios Socioeconómicos-Corpoica	B	D	D	D	Reconocido	D	D	D	C	C	C
Transferencia e Información tecnológica	Avalado - No reconocido	D	Avalado - No reconocido	D	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Cultivos Hortofrutícolas del trópico alto	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Rizosfera	Avalado - No reconocido	D	D	D	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	C	B	C

Nombre del Grupo	2006	2008	2010	2011	2012	640 de 2013	693 de 2014	737 de 2015	781 de 2017	833 de 2018	894 de 2021
Reproducción Tropical	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	B	Reconocido	A1	C	B	A	A1	A1
Grupo de Investigación Interdisciplinario de Recursos Genéticos y Mejoramiento de Solanáceas	Avalado - No reconocido	D	C	C	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
MACORA-Manejo y Control de Residuos Agropecuarios	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Grupo de Investigación agrícola y pecuaria "Motilonia"	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Recursos genéticos y biotecnología animal	A	A	A	A	Reconocido	B	A1	A	A	A1	A1
Biología del desarrollo	C	No avalado	No avalado	Reconocido	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Sistemas agrícolas del Trópico (SAT)	Avalado - No reconocido	D	Avalado - No reconocido	D	Reconocido	Reconocido - No Medido	C	C	A	A	A1
Grupo Nacional de Investigación en Ecofisiología Vegetal & Ecosistemas Terrestres-GIEFNET	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	C	Reconocido	D	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Agricultura de Conservación	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Transitorios	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Ecofisiología y productividad de cultivos en condiciones tropicales de Colombia	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	C	C	Reconocido	Reconocido - No Medido	No avalado	C	Reconocido - No Medido	No avalado	No avalado

Nombre del Grupo	2006	2008	2010	2011	2012	640 de 2013	693 de 2014	737 de 2015	781 de 2017	833 de 2018	894 de 2021
Grupo Interdisciplinario cultivos semestrales valle calido del alto magdalena	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Agricultura de Conservación Para Suelos de Trópico Bajo	No avalado	No avalado	No avalado	Reconocido	Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	A
Grupo de Investigación y Transferencia El Nus	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
estación Experimental La Suiza	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Centro de Investigación y Desarrollo en tecnológico en Sistemas Agroforestales, Silvopastoriles y Especies de economía Campesina	Avalado - No reconocido	C	C	C	Reconocido	C	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado
Mejoramiento y Producción de Especies Andinas y Tropicales	A	Avalado - No reconocido	D	B	Reconocido	B	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Recursos biofisicos en el trópico Alto	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Uso y Conservación de la Biodiversidad Amazónico	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
saber común y sistemas de producción agropecuaria	Avalado - No reconocido	No avalado	D	D	Reconocido	Avalado - No reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Recursos Genéticos y Mejoramiento de Frutales Andinos	Avalado - No reconocido	C	C	C	Reconocido	Reconocido - No Medido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Investigación en frutas del trópico	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	C	C	Reconocido	B	No avalado	A1	A1	A1	A1

Nombre del Grupo	2006	2008	2010	2011	2012	640 de 2013	693 de 2014	737 de 2015	781 de 2017	833 de 2018	894 de 2021
Grupo de Investigación Agrícola del Pacífico Colombiano	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Mejoramiento genético de cultivos agroindustriales para el trópico	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	D	D	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Dinámica Epidemiológica en Ecosistemas Tropicales	Avalado - No reconocido	D	D	D	Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado
Reverdecer	Avalado - No reconocido	D	D	D	Reconocido	Reconocido - No Medido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
GECECOR	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Calidad e inocuidad para la cadena de producción bovina del trópico bajo	Avalado - No reconocido	D	No avalado	Reconocido	Reconocido	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Pastos y forrajes tropicales	NA	Avalado - No reconocido	D	D	Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	Avalado - No Reconocido	C
Grupo de Investigación en Sistemas de Producción Agropecuarios para el Caribe Colombiano	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Reconocido - No Medido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
agroforestería Tropical	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	Avalado - No Reconocido	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado
Mejoramiento Genético Vegetal, Uso y Aprovechamiento de la Agrobiodiversidad (MGVA)	Avalado - No reconocido	A	A	A1	Reconocido	A	A	B	B	A1	A1
Grupo de Investigación en Innovación y Agroindustria (GIIA)	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	C	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado	No avalado

Nombre del Grupo	2006	2008	2010	2011	2012	640 de 2013	693 de 2014	737 de 2015	781 de 2017	833 de 2018	894 de 2021
Investigación y vigilancia integrada de la resistencia antimicrobiana	NA	Avalado - No reconocido	Avalado - No reconocido	Reconocido	Reconocido	C	Avalado - No reconocido	C	C	Reconocido - No Medido	A
Innovaciones tecnológicas para agregar valor a recursos agrícolas (ITAV)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Avalado - No reconocido	Avalado - No Medido	C	A1
Bioproductos y Bioprocesos Agropecuarios	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Avalado - No Medido	C	B
Bioprospección de Biomoléculas y Microorganismos con Aplicaciones Agropecuarias	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Avalado - No reconocido	Reconocido - No Medido	B
Cambios sociotécnicos para el desarrollo de la innovación en el sector agropecuario	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Reconocido - No Medido	C

Anexo 2

ISSN	Título	País	Institución editora	APC
1676-5680	GENETICS AND MOLECULAR RESEARCH	Brasil	Research Foundation of Ribeirão Preto (Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto)	US\$ 750.00
0011-3891	CURRENT SCIENCE	India	Publisher: Indian Academy of Sciences	10.000 rupias
0015-4040	FLORIDA ENTOMOLOGIST: AN INTERNATIONAL JOURNAL FOR THE AMERICAS	United States	Florida Entomological Society	925 (USD)
0021-9525	Journal of Cell Biology	United States	Rockefeller University Press	5,300 US
2279-7084	Journal of Entomological and Acarological Research	Italy	Publisher: PAGEPress Publications	250 (EUR)
1870-0462	Tropical and Subtropical Agroecosystems	México	<i>Universidad Autónoma de Yucatán</i>	150 (USD)
2156-8456	ADVANCES IN BIOSCIENCE AND BIOTECHNOLOGY	United States	ADVANCES IN BIOSCIENCE AND BIOTECHNOLOGY	\$1199 (US)
0191-2917	Plant Disease	United States	The American Phytopathological Society	\$1000 (US)
2448-6671	Revista mexicana de ciencias forestales	México	<i>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias</i>	900 (MXN)
0924-2244	TRENDS IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY	Netherlands	<i>Elsevier</i>	4,920 (USA)
2475-1456	IEEE control systems letters	United States	<i>IEEE</i>	\$2,345 USD
0798-1015	Revista ESPACIOS	Venezuela	Grupo Editorial Espacios GEES	180 US\$
0100-5405	SUMMA PHYTOPATHOLOGICA	Brasil	Grupo Paulista de Fitopatologia	R\$ 200,00 (reales)
2045-7758	ECOLOGY AND EVOLUTION	United Kingdom	<i>Wiley</i>	\$2350 USD
1684-5315	AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY	Nigeria	AFRICAN JOURNALS ONLINE (AJOL)	\$250 USD
1991-637X	AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH		Academic Journals	\$600 (USD)
2177-5133	Comunicata Scientiae	Brasil	Federal University of Piauí	\$600 reales
2576-4462	Horticulture International Journal	Hungria	MedCrave Group	\$ 1200 (USD)
1676-5680	Genetics and Molecular Research	Brasil	Research Foundation of Ribeirão Preto (Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto)	\$ 750.00 (USD)

ISSN	Título	País	Institución editora	APC
1027-152X	REVISTA CHAPINGO. SERIE HORTICULTURA	México	Universidad Autónoma Chapingo	\$200 (USD)
1742-7584	International Journal of Insect Science	United Kingdom	SAGE Publications	\$750 (USD)
2007-0934	La Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (REMEXCA)	México	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	\$1 500.00 (pesos mexicanos)
2141-2529	Journal of Veterinary Medicine and Animal Health	Nigeria	Academic Journals	\$550 (USA)
2145-2660	Vitae	Colombia	Scopus	\$100 (USD)
2165-5391	Caryologia	Italy	Firenze University Press	150 (EUR)
0305-7364	ANNALS OF BOTANY	United Kingdom	Oxford University Press	GPB 2511,945
0101-2061	Food Science and Technology	Brasil	<i>Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos</i>	750 (USD)
0718-0764	Información tecnológica	Chile	Centro de Información Tecnológica	400 (USD)
0031-949X	Phytopathology*	United States	The American Phytopathological Society (APS)	\$3,150 (USD)
0185-3309	Revista mexicana de fitopatología	México	Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C.	1000.00 MXN
1525-3163	JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE	United States	Oxford University Press	4000 (USD)
1567-214X	PalArch's Journal of Archaeology of Egypt / Egyptology	Austria	PalArch's Journals	USD 700
2073-4395	Agronomy	Switzerland	MDPI	2000 (CHF)
2769-7746	International Journal on Agriculture Research and Environmental Sciences	United States	Skeena Publishers	\$1299
2571-581X	Frontiers in Sustainable Food Systems	<i>Switzerland</i>	<i>Frontiers Media S.A.</i>	950 (USD)
2409-1618	Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales	Bolivia	<i>Universidad Mayor de San Andrés</i>	15 (USD)



ISSN	Título	País	Institución editora	APC
0035-9203	Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene	United Kingdom	Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene	GBP 2326
2236-9724	Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável	Brasil	Universidade Federal de Viçosa	340 reales
1665-2738	Revista mexicana de ingeniería química	México	Universidad Autónoma Metropolitana	USD \$150
0011-3891	Current Science	India	Indian Academy of Sciences	rupias \$3000
2662-4044	CABI Agriculture and Bioscience	United Kingdom	BMC	\$860 (GBP)
1420-3049	Molecules	Switzerland	MDPI	2300 (CHF)
1550-9087	Industrial Biotechnology	United States	Mary Ann Liebert, Inc., publishers	\$3,600 USD
2073-4441	WATER	Switzerland	MDPI	2200 (CHF)
1519-6984,	Brazilian Journal of Biology	Brasil	Instituto Internacional de Ecologia	680 (USD)
1664-302X	Frontiers in Microbiology	Switzerland	Frontiers Media S.A.	2950 (USD)
0034-737X	Revista Ceres	Brasil	Universidade Federal De Viçosa	250 (BRL)
2673-6225	Frontiers in Animal Science	Switzerland	Frontiers Media S.A.	1150 (USD)
1664-462X	Frontiers in Plant Science	Switzerland	Frontiers Media S.A.	2950 (USD)
2673-611X	Frontiers in Conservation Science	Switzerland	Frontiers Media S.A.	1900 (USD)



Anexo 3: Medición quinquenal de indicadores según enfoques estratégicos

Indicadores básicos								
Indicadores propuestos	Medición por pilar		Medición vs. Colombia		Medición vs. Latinoamérica		Medición vs. El mundo	
			% de participación	Total, Colombia	% de participación	Total, LAC	% de participación	Total, Mundo
N° de publicaciones	Pilar 1							
	Pilar 2							
	Pilar 3							
	Pilar 4							
	Total, enfoque							
N° de citaciones recibidas	Pilar 1							
	Pilar 2							
	Pilar 3							
	Pilar 4							
	Total, enfoque							
Índice h de las publicaciones	Pilar 1							
	Pilar 2							
	Pilar 3							
	Pilar 4							
	Total, enfoque							

Indicadores de relacionamientos para la generación de conocimiento					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de instituciones nacionales					
Número de instituciones internacionales					
Porcentaje de colaboración internacional					
Porcentaje de colaboración nacional					

Indicadores alineación con los ODS					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de publicaciones en el ODS más afín					
Número de publicaciones en el segundo ODS más afín					
Número de publicaciones en el ter ODS más afín					

Indicadores alineación con los resultados obtenidos: Bioeconomía					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de publicaciones relacionadas con bioproductos					
Número de publicaciones relacionadas con bioprospección en microorganismos					
Número de publicaciones relacionadas con bioprospección en plantas					
Número de publicaciones relacionadas con bioprospección en insectos					
Número de publicaciones que relaciona prácticas y metodologías de conservación y uso sostenible de la biodiversidad					
Número de publicaciones relacionadas con modelos productivos basados en bioeconomía circular					



Indicadores alineación con los resultados obtenidos: Agricultura climáticamente inteligente y sostenible					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de publicaciones relacionadas con mitigación y prevención de los efectos del cambio y la variabilidad climática en sistemas productivos					
Número de publicaciones relacionadas con modelos de estimación de los beneficios económicos de prácticas ambientalmente sostenibles.					
Número de publicaciones relacionadas con la implementación de tecnologías de la 4RI					
Número de publicaciones relacionadas con resiliencia de ecosistemas y paisajes agropecuarios					
Número de publicaciones que relaciona prácticas y metodologías de conservación y uso sostenible de la biodiversidad					
Número de publicaciones relacionadas con avances en sistemas productivos desde la agricultura 4.0					

Indicadores alineación con los resultados obtenidos. Seguridad alimentaria y nutricional.					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de publicaciones relacionadas con sistemas productivos que hacen parte de la canasta familiar					
Número de publicaciones relacionadas con implementación de métodos, metodologías y modelos de calidad e inocuidad en sistemas productivos					
Número de publicaciones relacionadas alimentos funcionales, super alimentos y alimentos fortificados					
Número de publicaciones relacionadas con cultivos huérfanos o de subsistencia.					
Número de publicaciones que relaciona prácticas y metodologías de agricultura familiar, campesina y comunitaria en el marco de la seguridad alimentaria					
Número de publicaciones relacionadas con avances en sistemas productivos desde la agricultura 4.0					

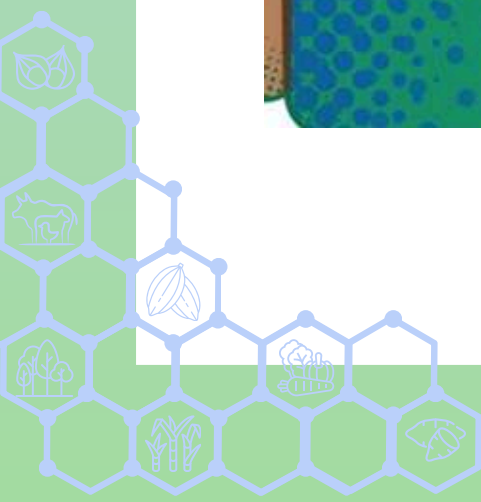




Indicadores alineación con los resultados obtenidos. Nuevos sistemas agroalimentarios					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de publicaciones orientadas a investigación en la cadena de suministros.					
Número de publicaciones relacionadas con el análisis de sistemas locales, regionales o nacionales de alimentación					
Número de publicaciones relacionadas con el uso sostenible del suelo					
Número de publicaciones relacionadas con los límites de la naturaleza					
Número de publicaciones que relaciona prácticas y metodologías de trabajos con agroecosistemas.					
Numero de publicaciones relacionadas con nuevos modelos productivos					

Indicadores alineación con los resultados obtenidos					
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3	Pilar 4	Enfoque
Número de publicaciones con coautores con afiliaciones institucionales de empresas privadas, organismos internacionales, organizaciones no gubernamentales, asociaciones de productores.					
Número de publicaciones relacionadas con implementación de métodos, metodologías y modelos de innovación social, investigación abierta o investigación participativa					
Número de publicaciones cuyo diseño metodológico contemple aspectos relacionados con ciencia ciudadana, ciencia comunitaria					
Número de publicaciones afines a la apropiación social del conocimiento					
Número de publicaciones que relaciona prácticas y metodologías de trabajos con sistemas locales o regionales de innovación					
Número de publicaciones relacionadas con dos o más áreas del conocimiento					
Número de publicaciones relacionadas con las temáticas de extensión y asistencia técnica agropecuaria.					





Conozca a los **autores**



Diego Hernando
Flórez Martínez

Ingeniero Químico, Magíster en Ingeniería Industrial, Ph.D. Ingeniería, industria y organizaciones, MBA Transformación digital.

Actualmente, lidera el equipo del Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica y Tecnológica de AGROSAVIA y el Grupo de Investigación de Estudios Socioeconómicos. Sus líneas de investigación se enfocan en la gestión del conocimiento, la ciencia, la tecnología y la innovación; el análisis de cadenas de valor agroindustriales; el diseño de metodologías para el análisis del contexto científico y tecnológico del sector agropecuario; y la implementación de métodos cuantitativos y cualitativos para el diseño de futuros (prospectiva y previsión estratégica).



Carlos Alberto
Contreras Pedraza

Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería Agrícola.

Cuenta con experiencia en investigación y ejecución de proyectos en gestión tecnológica, gestión del conocimiento y direccionamiento estratégico de sectores productivos. Ha participado en estudios estratégicos para cadenas agroindustriales, elaboración de indicadores de ciencia, tecnología e innovación (CTI) y manejo de bases de datos científicas y comerciales. Desde 2011 colabora con el Observatorio del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y la plataforma SIEMBRA. Actualmente se desempeña como Coordinador de Inteligencia Científica en AGROSAVIA y desarrolla ejercicios de vigilancia tecnológica, prospectiva, benchmarking y diagnóstico tecnológico.



Leidy Johanna
Cárdenas Solano

Ingeniera Industrial, Magíster en Ingeniería Industrial.

Certificada como Ciudadana de Datos y Científica de Datos por MinTIC y Correlation One, con conocimientos en ISO 27001:2013 y Transformación Digital. Cuenta con más de diez años de experiencia en valoración financiera de tecnologías, transferencia tecnológica y formulación de proyectos de I+D+i para el Sistema General de Regalías, Minciencias y cooperación internacional. En los últimos cinco años ha trabajado en equipos de vigilancia tecnológica, escaneos científicos y estructuración de casos de negocio en transición energética y agroindustria. Ha gestionado recursos superiores a \$13.000 millones para proyectos de beneficios tributarios y ha contribuido en la estructuración de centros de investigación y KPIs estratégicos en CT+i.

Conozca a los **autores**



Alexis Morales
Castañeda

Ingeniero Agrónomo, Magíster en Gestión de Agronegocios y Mercados Sostenibles.

Cuenta con experiencia en vigilancia científica y tecnológica, inteligencia competitiva, análisis de redes de investigación, información de propiedad intelectual y redacción de patentes. Su trabajo se ha enfocado en el análisis de información bibliográfica y procesamiento con software de análisis bibliométrico con el fin de contribuir al análisis de tendencias en investigación, desarrollo e innovación para el sector agropecuario.



Camilo Alejandro
Corchuelo Rodríguez

Profesional con más de 15 años de experiencia diseñando e implementando estrategias para la visibilidad, medición y gestión del conocimiento científico. Experto en el ecosistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel) colombiano (Minciencias), con dominio en cienciometría, políticas de ciencia abierta, apropiación social del conocimiento y posicionamiento editorial. Lidera transformaciones digitales en instituciones académicas y gubernamentales, incrementando el impacto y la transparencia de la producción investigativa mediante el uso avanzado de métricas, plataformas tecnológicas y marcos metodológicos ágiles.



María Esperanza
Mora Niviayo

Economista, Magíster en Inteligencia de Negocio.

Cuenta con más de 10 años de experiencia dentro de los que se destaca, análisis cienciométricos, modelos de medición y reconocimiento institucional, grupos de investigación e investigadores, así como gestión de información científica. Cuenta con experiencia en el desarrollo de tableros de control en Power BI y el análisis de información proveniente de plataformas científicas, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia. Se destaca en la generación de contenidos estratégicos para la divulgación científica y el trabajo contribuye al posicionamiento institucional, la visibilidad de la producción científica y la consolidación de la huella digital científica de la Corporación.

Conozca a los autores



Betty Jazmín
Gutiérrez

Ingeniera Agrícola, Magister en Ingeniería Agrícola, Magister en Ciencia de Datos, Estudiante de Doctorado Meteorología.

Actualmente investiga en modelamiento hidrológico y manejo de suelos. En el ámbito agrícola cuenta con conocimiento en manejo de cultivos transitorios, alta competencia para el análisis de datos espectrales de la alta resolución, estudio de series temporales de clima, manejo de imágenes multiespectrales y SIG, con habilidades en programación en R, Python y lenguajes de consulta SQL. Con experiencia en análisis bibliométrico, cienciometría e ingeniería de datos a través de procesos de ETL para construcción y mantenimiento de repositorios de información.



César Augusto
Vargas

Ingeniero, magíster en Ciencias de la Computación y doctor en Ingeniería Eléctrica e Informática, este investigador explora cómo las matemáticas y la computación pueden ayudar a comprender la biodiversidad. Su trabajo combina biología, modelado matemático y herramientas de aprendizaje automático para analizar grandes volúmenes de datos biológicos y orientar nuevas preguntas de investigación. Le interesan especialmente los procesos que explican cómo surgen y se mantienen las interacciones entre organismos, desde la relación entre huéspedes y patógenos hasta el comportamiento de moléculas dentro de una célula. Su enfoque integra ecuaciones diferenciales, procesos estocásticos y análisis de datos para estudiar sistemas biológicos complejos.



Alcira María Delgado
Sánchez

Ingeniera Agroindustrial, Magíster en Educación.

Con más de 10 años de experiencia en el diseño y aplicación de estrategias didácticas y comunicativas orientadas a la vinculación de la ciencia y la tecnología agropecuaria con diferentes públicos. Experta en comunicación pública de la ciencia, adaptación de contenido científico y estrategias didácticas para la apropiación de conocimiento. Áreas de interés en investigación: comunicación pública de la ciencia, la adopción de tecnologías por parte de productores agropecuarios y el desarrollo de competencias digitales educativas.





Treinta años de investigación e innovación al servicio del campo colombiano se reúnen, por primera vez, en un análisis cienciométrico riguroso que mide, mapea y reflexiona sobre la generación de conocimiento de AGROSAVIA. Apoyado en bases de datos como Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar, y enriquecido con métricas alternativas, este libro reconstruye la trayectoria científica y tecnológica de la corporación entre 1993 y 2022: su evolución temática, sus principales redes de coautoría nacional e internacional, sus aliados estratégicos, sus contribuciones a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el lugar que hoy ocupa entre los institutos nacionales de investigación agropecuaria de América Latina y el Caribe.

Más allá del recuento histórico, la obra propone una mirada hacia adelante. Articula los retos de la gestión del conocimiento en I+D+i —desde los enfoques de bioeconomía, agricultura climáticamente inteligente, seguridad alimentaria, nuevos sistemas agroalimentarios e inclusión social— con las transformaciones que la ciencia abierta y la inteligencia artificial están imponiendo a la práctica investigativa. Dirigido a investigadores, gestores de ciencia, formuladores de política pública y comunidades académicas, este es un libro escrito tanto para celebrar lo logrado como para preguntarse, con honestidad y método, hacia dónde debe orientarse la generación de conocimiento agropecuario en las próximas décadas.

