

GUÍA PROCEDIMENTAL DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN PALMA DE ACEITE

Guía procedimental de vigilancia tecnológica en palma de aceite

Publicación del Centro de Investigación
en Palma de Aceite, Cenipalma

Consuelo Velasco Zambrano

Directora General (e)

Mauricio Mosquera Montoya

Director de Investigación (e)

Elaborado por:

María Camila Rodríguez Cruz

Asistente de investigación

Claudia Marcela Cortés Prieto

Asistente de investigación (2022-2024)

Yurany Dayanna Rivera Méndez

Investigadora asociada

Yolanda Moreno Muñoz

Responsable de Publicaciones

Ximena Díaz Ortiz

Diseñadora Gráfica

ISBN: 978-628-7711-15-0

Cenipalma

Calle 98 N.º 70-91, piso 14

PBX: (57-601) 3138600

www.cenipalma.org

Bogotá, D.C., Colombia

Octubre de 2026

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
 CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL Y ESTRATÉGICO	 11
1.1. Definición y alcance de la vigilancia tecnológica	12
A. Atributos sistemáticos de la vigilancia tecnológica	12
B. Transformación de los datos mediante vigilancia tecnológica	14
1.2. Vigilancia tecnológica vs. inteligencia estratégica	16
A. Arquitectura de la inteligencia estratégica	16
B. El salto de la vigilancia tecnológica a la inteligencia estratégica	18
1.3. Implementación de la vigilancia tecnológica	19
A. Según la etapa del proyecto	20
B. Según los niveles de madurez tecnológica (TRL: Technology Readiness Level)	21
C. Según el ciclo de vida del producto/tecnología	23
 CAPÍTULO 2: CICLO DE VIDA DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA	 26
2.1. Identificación y diagnóstico	27
A. Definición de Factores Críticos de Vigilancia	27
B. Protocolo de captación de necesidades	29
2.2. Búsqueda y captación de la información	31
A. Fuentes de información obligatorias	31
B. Arquitectura de consultas (lógica booleana)	32
2.3. Análisis y procesamiento	34

A. Registro y trazabilidad de la vigilancia tecnológica (<i>Master Query</i>)	35
B. Procesamiento y curaduría de datos	36
C. Herramientas de analítica avanzadas	37
2.4. Interpretación	38
2.5. Difusión y comunicación de resultados	40

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS ANALÍTICAS: CRITERIOS DE SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS 41

3.1. Sinergia metodológica: ecosistemas de herramientas	42
---	----

CAPÍTULO 4: HERRAMIENTAS ANALÍTICAS (GUÍAS PASO A PASO) 44

4.1. Scopus: el motor de búsqueda	45
A. Guía paso a paso para la operación de Scopus	45
B. Códigos de campo esenciales	48
C. Interpretación de las estadísticas de Scopus	49
D. Scopus AI simplificando procesos	52
4.2. Lens: búsqueda de patentes y enlaces académicos	54
A. Guía paso a paso para la operación de Lens	55
B. Ventajas comparativas: ¿por qué usar Lens frente a otros buscadores?	59
C. El código IPC	60
D. Interpretación de los resultados de Lens.org para el caso de estudio	63
4.3. ScientoPy: análisis de tendencias y crecimiento	66
A. Guía paso a paso para la operación de ScientoPy	67

B. Interpretación de resultados de ScientoPy	70
4.4. VOSviewer: visualización de redes y paisaje tecnológico	72
A. Guía paso a paso para la operación de VOSviewer	72
B. Interpretación de los mapas de Vosviewer	77
4.5. SciMAT: evolución longitudinal y mapas estratégicos	78
A. Guía paso a paso para la operación de SciMAT	79
B. Interpretación del diagrama estratégico	89
C. Interpretación del estudio de caso aplicado: análisis evolutivo y estratégico en SciMAT	91
4.6. Bibliometrix (Biblioshiny): integración multidimensional y evolución temática	98
A. Guía paso a paso para la operación de Biblioshiny (sin código)	99
B. Recomendaciones técnicas para el análisis	117
C. Análisis de estructura de conocimiento	117
D. El mapa de evolución temática (<i>Thematic evolution</i>)	118
E. Diferenciación de métodos de agrupación (<i>clustering</i>)	119
F. Aplicación práctica: resultados del estudio de caso en Biblioshiny	119

CAPÍTULO 5: COMUNICACIÓN DE RESULTADOS Y TOMA DE DECISIONES 129

5.1. El Informe de VT (Aplicación al estudio de caso)	130
5.2. El Ciclo de decisión estratégica	134
5.3. Productos de difusión según el público objetivo	137

CONSIDERACIONES FINALES 139

GLOSARIO 140

Referencias bibliográficas 143

Tabla de figuras

Figura 1	Transformación de la información mediante el proceso de vigilancia tecnológica	15
Figura 2	Escala de niveles de madurez tecnológica (TRL)	21
Figura 3	Relación entre el ciclo de vida de un producto y la vigilancia tecnológica oportuna	23
Figura 4	Fases del ciclo de vida de la vigilancia tecnológica (VT)	27
Figura 5	Fases de diagnóstico de necesidades del proyecto o sector	29
Figura 6	Embudo de limpieza desde la idea a la búsqueda en bases de datos	30
Figura 7	Uso de operadores*: AND/OR/NOT para mayor precisión en las búsquedas en bases de datos mediante lógica booleana	33
Figura 8	Jerarquización de hallazgos para una comunicación efectiva	40
Figura 9	Documentos por año, resultados del dataset de análisis de Scopus	50
Figura 10	Documentos por país, resultados del dataset de análisis de Scopus	50
Figura 11	Documentos por afiliación, resultados del dataset de análisis de Scopus	51
Figura 12	Documentos por autor, resultados del dataset de análisis de Scopus	52
Figura 13	Distribución de códigos IPC en la búsqueda exploratoria de Lens.org	62
Figura 14	Distribución de los principales solicitantes de patentes (Top Applicants) en el estudio de caso de palma de aceite	64
Figura 15	Distribución de documentos de patentes por código de clasificación IPCR en el estudio de caso de palma de aceite	65

Figura 16	Mapa global de documentos de patentes por jurisdicciones e indicadores de citación relacional	66
Figura 17	Red de colaboración entre autores relacionado con el caso de estudio del mejoramiento de la productividad en palma de aceite	77
Figura 18	Diagrama estratégico de SciMAT: clasificación de temas según centralidad y densidad	91
Figura 19	Diagrama estratégico del estudio de caso sobre la mejora de la productividad en la palma de aceite en el periodo 2019-2020	92
Figura 20	Diagrama estratégico del estudio de caso sobre la mejora de la productividad de la palma de aceite en el periodo 2021-2023	94
Figura 21	Diagrama estratégico del estudio de caso sobre la mejora de la productividad en la palma de aceite en el periodo 2024-2026	96
Figura 22	Información general del campo científico del estudio de caso <i>Mejora de la productividad en la palma de aceite</i> (2019-2026) obtenida mediante Biblioshiny	120
Figura 23	Distribución de las fuentes editoriales más relevantes por volumen de publicaciones en el estudio de caso <i>Mejora de la productividad en la palma de aceite</i> (2019-2026)	121
Figura 24	Estructura conceptual del vocabulario técnico mediante diagrama de ocurrencias, nube de palabras (<i>WordCloud</i>) y mapa de árbol jerárquico (<i>TreeMap</i>)	122
Figura 25	Análisis de la capacidad científica por país: volumen de autores de correspondencia, distribución geográfica de la producción y <i>ranking</i> de impacto por citación global (2019-2026)	124
Figura 26	Diagrama de flujo relacional (<i>Sankey Diagram</i>) de la evolución temática en el estudio de caso sobre <i>Mejora de la productividad en la palma de aceite</i> en los subperiodos 2019-2020, 2021-2023 y 2024-2026	125
Figura 27	Diagnóstico de priorización de temáticas de investigación en Cenipalma	135

Tablas

Tabla 1	Comparativo entre vigilancia tecnológica (VT) e inteligencia estratégica (IE)	19
Tabla 2	Alcance de la vigilancia tecnológica (VT) según los niveles de madurez tecnológica (TRL)	22
Tabla 3	Clasificación y alcance de los Factores Críticos de Vigilancia (FCV)	28
Tabla 4	Registro de búsqueda y trazabilidad	36
Tabla 5	Matriz de hallazgos tecnológicos en decisiones	39
Tabla 6	Matriz comparativa de herramientas analíticas	42
Tabla 7	Protocolo operativo de Scopus AI	53
Tabla 8	Matriz comparativa de los diferentes buscadores de patentes	59
Tabla 9	Áreas temáticas y Clasificación Internacional de Patentes (IPC)	62
Tabla 10	Fragmento de la matriz de resultados por autores en ScientoPy	71
Tabla 11	Fases del procesamiento en SciMAT	79
Tabla 12	Estructuras de análisis de Biblioshiny	117
Tabla 13	Matriz de transiciones conceptuales e índices de inclusión (<i>Inclusion Index</i>) por subperiodos de análisis (2019-2026)	125
Tabla 14	Productos de difusión según público objetivo	137

Introducción

La capacidad de un centro de investigación para transformar los flujos de datos globales en decisiones estratégicas es un factor determinante de su competitividad y sostenibilidad en la agroindustria moderna. El presente manual procedimental de vigilancia tecnológica* (VT) ha sido diseñado como un estándar operativo para los profesionales de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), con el propósito de establecer un lenguaje común para identificar oportunidades y mitigar riesgos técnicos con rigor científico (Benavides Velasco & Quintana García, 2006).

Este documento trasciende la guía de usuario convencional para facilitar la planeación y la toma de decisiones en los proyectos de investigación, desarrollo, extensión e innovación de Cenipalma. Bajo este enfoque, el manual se presenta como una guía teórica y práctica que se desarrolla a través de un estudio de caso denominado *Mejora de la productividad en la palma de aceite*. Este caso de estudio se articulará de manera transversal en cada capítulo, con el fin de ilustrar la aplicación de la VT desde la identificación de necesidades hasta la implementación de resultados en el sector. De esta manera, la captura y el análisis sistematizado de metadatos* científicos y de patentes se convierten en el eje de una estrategia dirigida a optimizar la inversión de recursos, asegurar la libertad de operación y posicionar la investigación de la corporación en la frontera del conocimiento global.

Nota al lector: los términos técnicos, siglas y conceptos especializados señalados con un asterisco (*) a lo largo del texto cuentan con su respectiva definición en la sección de *Glosario*, ubicada al final del documento.

Objetivo general

Estandarizar el proceso de captura, procesamiento y análisis de información estratégica mediante una ruta metodológica reproducible, que permita orientar la toma de decisiones y la planeación de proyectos con base en evidencia técnica.

Alcance

Este manual sirve de guía para todos los colaboradores de Cenipalma vinculados a los procesos de investigación, desarrollo, extensión e innovación. Su alcance abarca desde el diagnóstico inicial de necesidades y la definición de los Factores Críticos de Vigilancia* (FCV) hasta la consolidación de informes y recomendaciones estratégicas para la planeación y la inversión.

Como componente práctico, el manual incluye el desarrollo, paso a paso, del caso de estudio *Mejora de la productividad en la palma de aceite*, que servirá para ilustrar la aplicación de cada etapa del proceso de vigilancia en un contexto real del sector.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL Y ESTRATÉGICO

El entorno actual se caracteriza por una sobrecarga de información y de obsolescencia científica y tecnológica. En este contexto, el Capítulo 1 establece las bases teóricas y estratégicas necesarias para comprender la vigilancia tecnológica (VT) como la brújula que orienta la planeación en investigación, desarrollo, extensión e innovación.

1.1. Definición y alcance de la vigilancia tecnológica

Desde una perspectiva de gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTel), la vigilancia tecnológica (VT) trasciende la revisión bibliográfica y la búsqueda ocasional de información. De acuerdo con la norma UNE 166006 (Asociación Española de Normalización [AENOR], 2018), la VT se define como un proceso sistemático y estructurado de captura, análisis y transferencia de conocimiento sobre avances científicos y desarrollos técnicos, con el propósito de mitigar la incertidumbre y optimizar la toma de decisiones estratégicas (Benavides Velasco & Quintana García, 2006).

La VT constituye una herramienta de inteligencia competitiva que permite identificar señales débiles* en el entorno, anticipar cambios disruptivos y evitar la duplicidad de esfuerzos en investigación.

Para llevar estos conceptos a la práctica, el manual desarrollará a lo largo de sus secciones el caso de estudio *Mejora de la productividad en la palma de aceite*. En esta etapa conceptual, la VT se aplica para comprender el estado actual de los rendimientos a escala global y detectar tecnologías o métodos emergentes que están marcando la frontera del conocimiento en el cultivo de palma de aceite.



Atributos sistemáticos de la vigilancia tecnológica

Para que el ejercicio de monitoreo adquiriera el rigor científico necesario y no se limite a una simple búsqueda, debe estructurarse en torno a cuatro dimensiones (Rojas, 2023):



Sistematicidad operativa

La vigilancia tecnológica (VT) no es una actividad ocasional o improvisada, sino un proceso sistemático y permanente que requiere la implementación de una metodología reproducible. Este proceso incluye el diseño de ecuaciones de búsqueda, la selección de fuentes indexadas y el análisis pertinente de los datos colectados.



Selectividad basada en Factores Críticos de Vigilancia (FCV)

Ante la sobrecarga de información (*infoxicación*), el proceso se focaliza mediante la definición de FCV. Estos factores corresponden a variables críticas, como tecnologías, procesos y normativas, que tienen un impacto directo en el éxito o la viabilidad de una temática de investigación.



Continuidad temporal

La obsolescencia del conocimiento científico es acelerada. Por lo tanto, la vigilancia tecnológica (VT) se concibe como un proceso cíclico y permanente que permite actualizar de manera constante la frontera del conocimiento. En términos sencillos, la VT puede considerarse el radar para la actualización de temáticas.

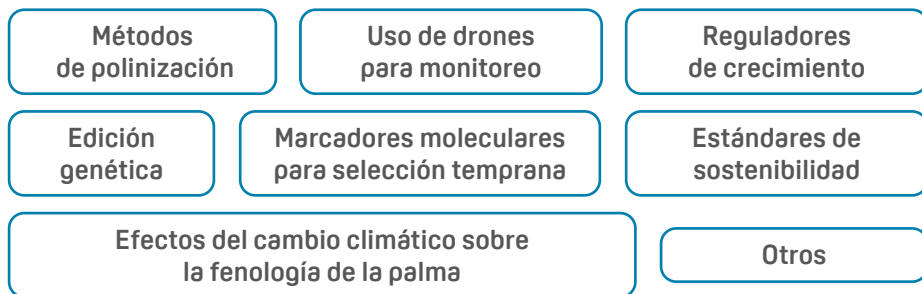


Capacidad de transformación

El valor de la VT no reside en la acumulación documental, sino en el procesamiento de datos crudos para su conversión en inteligencia accionable. Esta capacidad permite reducir la incertidumbre tecnológica y fundamentar la toma de decisiones en la anticipación de tendencias, en lugar de limitarse a responder a cambios ya impuestos por el entorno.



En el caso de estudio *Mejora de la productividad en la palma de aceite*, estos atributos se reflejan cuando el interesado no solo busca “palma de aceite”, sino que define FCV específicos que inciden en el rendimiento, como:



El propósito es mantener un monitoreo continuo que permita detectar nuevas patentes o publicaciones con potencial para modificar el rumbo de la investigación.



B Transformación de los datos mediante vigilancia tecnológica

Para que la vigilancia tecnológica (VT) sea efectiva, los datos deben depurarse a través de un proceso de refinamiento que permita eliminar información irrelevante o duplicada, resaltar las señales tecnológicas con potencial de aplicación real en el sector y garantizar la integridad y la utilidad de los hallazgos. A continuación, se describe el proceso mediante el cual el análisis de la información adquiere valor y pasa del dato a la inteligencia (Figura 1). Este proceso será ejemplificado con el estudio de caso:

- **Dato bibliométrico:** registro primario obtenido de una base de datos. En el estudio de caso, corresponde, por ejemplo, a la identificación de una patente o un artículo en la plataforma de base de datos llamada Scopus sobre una nueva molécula para la inducción de frutos.



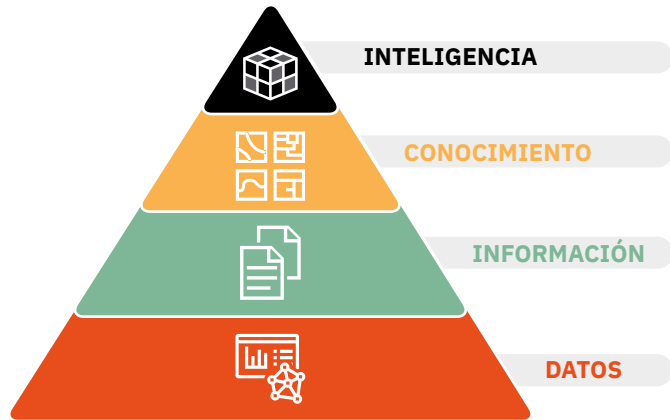


Figura 1. Transformación de la información mediante el proceso de vigilancia tecnológica.

Fuente: elaboración propia basada en Rojas (2023).

- **Información estructurada:** dato analizado en su contexto técnico. Siguiendo el ejemplo, esto implica analizar las propiedades de dicha molécula y su efectividad específica para la mitigación de fallas en la formación de racimos en cultivos tropicales.
- **Conocimiento técnico:** síntesis y evaluación de la información por parte del experto para determinar su viabilidad técnica. Según el ejemplo, en este punto se determina la correlación técnica entre la nueva tecnología de inducción y las capacidades instaladas, como laboratorios, personal y equipos, necesarias para su validación.
- **Inteligencia estratégica:** recomendación prospectiva para la dirección. En el caso de estudio, esto se traduce, con respecto a la productividad, en una recomendación para iniciar protocolos de validación de campo o licenciamiento, con el fin de sustituir insumos convencionales por esta nueva alternativa tecnológica.

En el contexto de la agroindustria, la vigilancia tecnológica (VT) adquiere una relevancia crítica. La identificación temprana de nuevas tecnologías permite desarrollar capacidades locales con antelación o evaluar alternativas de transferencia tecnológica, de manera que contribuye a salvaguardar la competitividad de la industria nacional frente a sus pares globales.

1.2. Vigilancia tecnológica vs. inteligencia estratégica

Es necesario establecer la distinción conceptual entre el monitoreo técnico especializado y la interpretación del entorno global. Mientras que la vigilancia tecnológica (VT) aporta elementos para valorar la viabilidad del saber hacer, la inteligencia estratégica (IE)* determina la pertinencia y la oportunidad de la inversión en dicho desarrollo.



A Arquitectura de la inteligencia estratégica

La inteligencia estratégica (IE) constituye un marco integrador que trasciende el análisis técnico para incorporar variables críticas del entorno. Esta estructura se desglosa en cuatro dimensiones operativas interdependientes (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2015; Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019), las cuales se aplicarán al caso de estudio de este manual:

1. Vigilancia tecnológica



Se enfoca en la frontera del conocimiento y el estado de la técnica. Su objeto de estudio son los descubrimientos científicos, las patentes, los modelos de utilidad y las normas técnicas, cuyo análisis permite detectar tendencias en la investigación básica. Para el caso de estudio, por ejemplo, se analizarían los descubrimientos en fisiología vegetal y las patentes sobre nuevos métodos de polinización con el fin de identificar dichas tendencias.

2. Vigilancia competitiva



Realiza un análisis detallado de los actores del ecosistema, como centros homólogos, universidades y *spin-offs*. Evalúa las redes de colaboración, los investigadores destacados y las capacidades de financiamiento que lideran el avance tecnológico a escala mundial.

3. Vigilancia comercial



Monitorea las dinámicas del mercado, las tendencias de consumo, los proveedores de insumos críticos y la evolución de las necesidades de los beneficiarios finales de la investigación. Siguiendo el ejemplo, en esta dimensión se observarían la evolución de los precios de los inductores de crecimiento y la disponibilidad de equipos de aplicación, así como las demandas de los beneficiarios finales en el sector palmicultor.

4. Vigilancia del entorno



Observa factores exógenos no tecnológicos, entre los que se encuentran legislaciones ambientales; tratados comerciales, como las normativas de deforestación de la Unión Europea, y aspectos socioeconómicos y geopolíticos.



La diferencia clave entre la realización de una búsqueda y una vigilancia radica en la intencionalidad estratégica. El objetivo es anticipar el ciclo de vida de las tecnologías, mitigar riesgos de infracción de propiedad intelectual y detectar nichos de colaboración científica antes de que se conviertan en estándares de mercado (Rojas, 2023).



B Salto de la vigilancia tecnológica a la inteligencia estratégica

Es fundamental no confundir el proceso con el producto. La vigilancia tecnológica (VT) es el esfuerzo sistemático de detección y captura de información, de naturaleza eminentemente descriptiva. La inteligencia estratégica (IE) es el producto de valor agregado resultante de la síntesis y el análisis crítico de dicha información, de naturaleza prospectiva y prescriptiva (Tabla 1).

Nota aclaratoria: no existe inteligencia robusta sin una vigilancia previa; además, la vigilancia sin inteligencia puede derivar en una infoxicación de datos carentes de utilidad práctica (Rojas, 2023).



En el marco del caso de estudio *Mejora de la productividad en la palma de aceite*, la VT permite generar un mapa de coocurrencia que, por ejemplo, facilita identificar la relación directa entre la polinización asistida y el ácido naftalenacético. Sin embargo, la transición hacia la IE se produce cuando, después de analizar este mapa y el entorno comercial, se emite una recomendación estratégica sobre si resulta más rentable para la institución desarrollar una fórmula propia o adquirir una licencia tecnológica ya existente.

Tabla 1. Comparativo entre vigilancia tecnológica (VT) e inteligencia estratégica (IE).

Característica	Vigilancia tecnológica (VT)	Inteligencia estratégica (IE)
Objeto de estudio	El desarrollo técnico-científico, el saber hacer.	El posicionamiento y la competitividad global de Cenipalma.
Fuentes principales	Patentes, artículos indexados, bases de datos científicas, analítica bibliométrica.	Informes de mercado sectoriales, prospectiva legal, inteligencia de mercado.
Horizonte temporal	Corto y mediano plazo (estado del arte).	Largo plazo (tendencias y escenarios futuros).
Resultado típico	Fichas técnicas, mapas de coocurrencia*.	Plan estratégico, recomendación de inversión, análisis de riesgos.
Pregunta clave	¿Cómo opera la tecnología y cuál es su novedad?	¿Cómo impacta la herramienta tecnológica en el sector y qué decisiones debe tomar Cenipalma?

Fuente: adaptado de Rojas (2023).

1.3. Implementación de la vigilancia tecnológica

La VT no debe concebirse como un mecanismo de respuesta inmediata ante crisis tecnológicas, sino como un componente intrínseco del ciclo de vida de los proyectos de investigación, desarrollo, extensión e innovación. Su implementación es necesaria en los siguientes escenarios:



A Según la etapa del proyecto

La intensidad y el alcance de la vigilancia evolucionan conforme al nivel de madurez del proyecto (Rivera Méndez & Romero, 2021; Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019):

1. Fase de ideación y formulación (preproyecto)



El objetivo es validar la originalidad y la libertad de operación*. Se debe verificar la ausencia de duplicidad para justificar la asignación de recursos y evaluar el nivel de novedad inventiva. En el marco de la productividad, esto implica asegurar que una nueva propuesta de fertilización inteligente o un método de cosecha mecanizada, por ejemplo, no infrinja derechos de propiedad intelectual ya existentes.

2. Fase de ejecución (desarrollo)



Se activa el seguimiento de la madurez tecnológica. El propósito es detectar tecnologías emergentes o cambios en el panorama de la propiedad intelectual que pueden invalidar la ruta crítica del proyecto y permitir un ajuste técnico oportuno. Por ejemplo, si mientras se investiga el control biológico de una plaga que afecta el rendimiento surge una herramienta de edición genética (CRISPR) que soluciona el problema de raíz, la VT permite reorientar la estrategia de investigación.

3. Fase de cierre y transferencia (posproyecto)



Se orienta hacia la vigilancia de la comercialización y la protección de resultados. En esta etapa se identifican los adoptantes tecnológicos, se mitigan los riesgos de infracción comercial y se define la estrategia de protección definitiva. Siguiendo el caso de estudio, la vigilancia permite identificar qué segmentos del sector palmicultor cuentan con la capacidad instalada para incorporar tecnologías de agricultura de precisión que optimicen sus rendimientos.

B Según los niveles de madurez tecnológica (TRL: Technology Readiness Level)

La profundidad, el alcance y los objetivos de un estudio de VT están intrínsecamente ligados al nivel de madurez de la tecnología (Rivera & Romero, 2023; Quintero Vargas, 2019), medido a través de la escala TRL (sigla en inglés de *Technology Readiness Level*) (Figura 2).

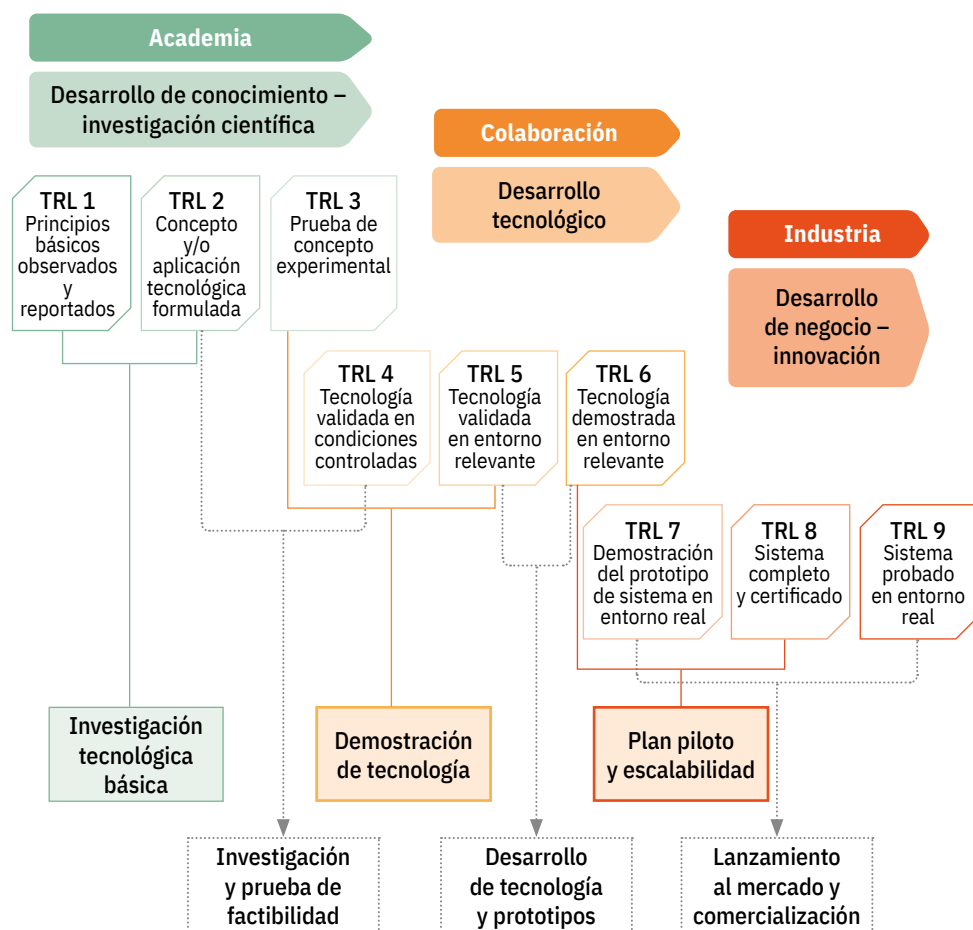


Figura 2. Escala de niveles de madurez tecnológica (TRL).

Fuente: basado en el modelo institucional de Cenipalma (Rivera & Romero, 2023) y The Big Bang Partnership Limited (2010-2026).

Dado que las necesidades de información varían según el nivel de madurez tecnológica, es necesario adaptar las fuentes y el alcance de la búsqueda al estado de desarrollo de la tecnología. Esta correspondencia permite asegurar la pertinencia técnica y optimizar el uso de los recursos institucionales (Tabla 2) (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias], 2021; Rivera & Romero, 2023; Quintero Vargas, 2019).

Tabla 2. Alcance de la vigilancia tecnológica (VT) según los niveles de madurez tecnológica (TRL).

TRL	Estado de desarrollo	Enfoque de la vigilancia
TRL 1-3	Investigación básica y prueba de concepto	Vigilancia de exploración: busca comprender la ciencia básica y las teorías emergentes. Ejemplo: investigación sobre el uso de biochar derivado de biomasa de palma para la retención de nutrientes. - Fuentes: literatura científica indexada, tesis doctorales y análisis bibliométrico de publicaciones en bases de datos como Scopus y Web of Science (WoS).
TRL 4-6	Prototipado y validación	Vigilancia del desarrollo tecnológico: monitorea aplicaciones experimentales y validación de prototipos en entornos controlados. Ejemplo: validación de sistemas de riego inteligentes en lotes experimentales. - Fuentes: patentes de invención, modelos de utilidad y prototipos, y reportes técnicos.
TRL 7-9	Validación en entorno real y operación	Vigilancia de implementación - competitivo, comercial: identifica competidores, barreras de entrada y posibles restricciones a la libertad de operación. Ejemplo: despliegue de drones (UAV) para la fertilización foliar y mapeo multispectral en plantaciones comerciales. - Fuentes: normas técnicas (ISO, ICONTEC), estándares industriales, inteligencia de mercado, ferias y eventos tecnológicos, noticias de mercado, análisis de la competencia directa.

Fuente: adaptado de Minciencias (2021) y Rivera y Romero (2023).





C Según el ciclo de vida del producto/tecnología

La implementación temprana de la VT es indispensable, pues esta responde a una lógica de optimización de recursos y mitigación de riesgos financieros, cuya finalidad es garantizar que el presupuesto se asigne al desarrollo de productos o tecnologías con alta viabilidad. En las etapas iniciales de un producto, la incertidumbre técnica es máxima, pero también hay mayor flexibilidad para reorientar el desarrollo con los respectivos costos secundarios (Duening *et al.*, 2021). Retrasar la vigilancia tecnológica incrementa exponencialmente el riesgo de invertir en tecnologías obsoletas o en líneas de desarrollo redundantes, cuyos costos de corrección pueden comprometer los presupuestos institucionales.

De acuerdo con Duening *et al.* (2021), la relación entre el ciclo de vida de un producto o tecnología y la VT se fundamenta en tres momentos críticos dentro de su trayectoria, desde su concepción hasta su agotamiento (Figura 3):

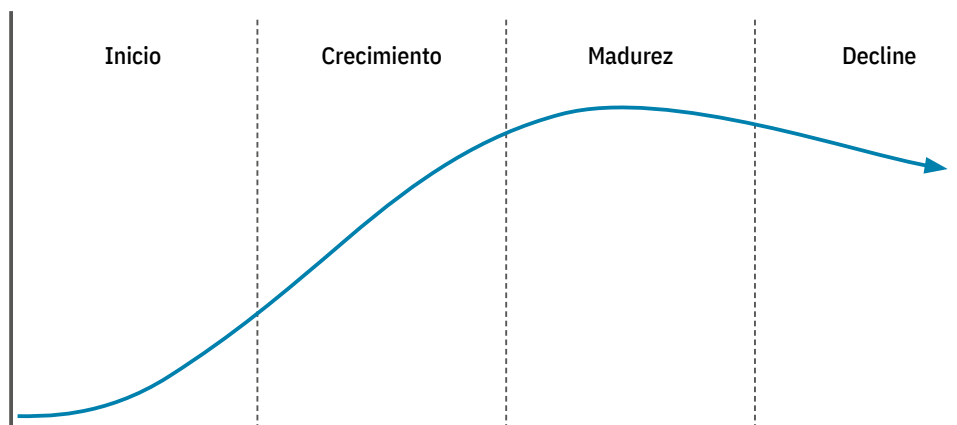


Figura 3. Relación entre el ciclo de vida de un producto y la vigilancia tecnológica oportuna.

Fuente: adaptado de Duening *et al.* (2021).

1. Fase de inicio (máxima flexibilidad)

Es la etapa en la que la implementación de la VT puede generar mayor eficiencia financiera, debido a que la inversión acumulada aún es baja. Los hallazgos obtenidos pueden reorientar el desarrollo del proyecto sin generar pérdidas significativas. En esta fase, la vigilancia actúa como un filtro de viabilidad.



Al investigar nuevas enmiendas edáficas, como el biochar (Uttran *et al.*, 2023), la VT aporta información para evaluar la pertinencia de la dirección tecnológica antes de comprometer recursos económicos en ensayos de campo a gran escala.

2. Fase de crecimiento (validación de la inversión)

En esta etapa, la VT permite monitorear el escalamiento de una tecnología en el entorno real del mercado global, y contribuye a evitar la dispersión del presupuesto en variantes técnicas con bajas probabilidades de consolidación frente a la competencia.



La adopción de sensores de internet de las cosas (IoT, siglas de *Internet of Things*) para el riego inteligente (Abubakar *et al.*, 2023), en la cual la vigilancia tecnológica permite identificar los estándares de comunicación con mayor adopción y destinar la inversión hacia soluciones con mejores perspectivas de compatibilidad futura.

3. Madurez y declive (prevención de riesgos)

Si la vigilancia tecnológica se realiza de manera tardía durante la madurez, el riesgo de invertir en rutas de desarrollo redundantes es crítico. Detectar una tecnología cuando ya inició su fase de declive representa una pérdida de recursos, pues estos se estarían asignando a soluciones que el entorno ya está desplazando.



Invertir en la mecanización de las cosechas basadas en combustibles fósiles cuando la vigilancia del entorno evidencia una transición global hacia fuentes de energías más limpias, podría reducir la pertinencia del proyecto en el corto plazo (Siswanto & Gunawan, 2025; Zhao *et al.*, 2023).

El objetivo de la VT es identificar oportunamente señales que permitan posicionarse en la transición entre las fases de inicio y crecimiento del ciclo de vida de un producto, para evitar comprometer capital en aquellos que han alcanzado su techo de madurez.

CAPÍTULO 2

CICLO DE VIDA
DE LA VIGILANCIA
TECNOLÓGICA

Una vez establecida la fundamentación estratégica, es fundamental definir la arquitectura operativa que rige el ciclo de vida de la vigilancia tecnológica. Este capítulo detalla el flujo metodológico secuencial, que comienza desde el diagnóstico de las necesidades de información hasta la transferencia de la vigilancia tecnológica para la toma de decisiones.

El objetivo de esta sección es proporcionar una hoja de ruta que garantice la trazabilidad y el rigor científico en cada etapa. La estandarización del proceso permite que la identificación, la recuperación y el análisis de la información no sean ejercicios intuitivos, sino un protocolo reproducible que permite transformar una incertidumbre técnica en una metodología clara. A continuación, se describe el ciclo de vida de la VT, el cual actúa como el engranaje principal para el desarrollo de los proyectos.

El proceso de la VT se articula en un ciclo de cinco fases secuenciales (Figura 4) que garantizan la trazabilidad y la calidad del conocimiento generado (Golovatchev & Budde, 2010; Gutiérrez, 2025; Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019).



 **Figura 4.** Fases del ciclo de vida de la vigilancia tecnológica (VT).
Fuente: elaboración propia a partir de Rojas (2023) y Quintero Vargas (2019).



A lo largo de este capítulo, se utilizará el caso de estudio de *Mejora de la productividad en la palma de aceite* para ilustrar la ejecución práctica de cada fase.

2.1. Identificación y diagnóstico

Su propósito es definir qué se va a vigilar mediante Factores Críticos de Vigilancia (FCV) operables y técnicamente delimitados, según una necesidad institucional genérica. Esta fase es el cimiento del proceso, ya que una definición ambigua de los factores conduce a una recuperación de información excesiva e irrelevante.



A Definición de Factores Críticos de Vigilancia

Los Factores Críticos de Vigilancia (FCV) son las variables críticas (científicas, tecnológicas o normativas) que condicionan

la viabilidad de un proyecto. Un FCV robusto debe poseer tres atributos: (1) especificidad; es decir, una delimitación precisa del nicho tecnológico o científico para evitar la dispersión; (2) relevancia, entendida como su impacto directo en la toma de decisiones, y (3) que sea medible o, en otras palabras, que sea capaz de ser rastreado y cuantificado con base en datos especializados (González & Gómez, 2015; Rojas, 2023).

No todos los factores demandan la misma intensidad analítica ni provienen de las mismas fuentes, por lo que pueden categorizarse según una estructura operativa para facilitar su monitoreo (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación y alcance de los Factores Críticos de Vigilancia (FCV).

Categoría de FCV	Alcance del monitoreo
Tecnológico	Evolución de maquinaria, procesos y protocolos de extracción.
Científico	Fronteras del conocimiento, ciencia básica o aplicada y descubrimientos en disciplinas transversales.
Competitivo	Dinámicas de cooperación y competencia de otros centros de investigación, universidades o empresas líderes.
Normativo	Estándares de calidad, regulaciones y certificaciones.

Fuente: adaptado de González y Gómez (2015), y Rojas (2023).

Para aterrizar esta fase sin limitarse a un solo tema se debe considerar que, en el ámbito de la productividad, la identificación de FCV permite que el colaborador decida si su vigilancia se enfocará en la categoría científica (p. ej., nuevos genotipos), tecnológica (p. ej., sensores de precisión) o normativa (p. ej., requisitos de exportación), y así garantizar que el esfuerzo de búsqueda se alinee con los objetivos de Cenipalma.

B Protocolo de captación de necesidades

Implica cuestionar el entorno del proyecto a través de tres fases (Figura 5): (1) identificación de la brecha de conocimiento, que consiste en la definición del problema técnico; (2) análisis de la vigencia de las soluciones actuales, entendido como la evaluación de las tecnologías existentes, y (3) la ubicación de los líderes globales, a través de la identificación de actores de referencia (Asociación Española de Normalización [AENOR], 2018).



Figura 5. Fases de diagnóstico de necesidades del proyecto o sector.

Fuente: elaboración propia a partir de Asociación Española de Normalización (AENOR) (2018).

Una vez identificados los factores, se realiza una limpieza técnica de la información para convertir las preguntas en términos de búsqueda estructurados.

La Figura 6 representa el proceso de refinamiento, el cual está dividido en cuatro niveles operativos que inician con la idea general, cuyo punto de partida es una intención institucional

amplia; por ejemplo, la mejora de la productividad en palma de aceite. Posteriormente, esta idea se contextualiza en una pregunta problema específica de carácter técnico que guía el estudio; por ejemplo, ¿cómo aumentar el rendimiento de aceite por hectárea de forma sostenible? A continuación, el colaborador desglosa dicha pregunta en FCV a través del protocolo de captación de necesidades, lo cual permite determinar si, para el caso de estudio, la brecha de conocimiento corresponde al campo de la genética, la fertilización de precisión o el control biológico de plagas. Finalmente, el ejercicio culmina con la definición de las palabras clave (*keywords*) mediante la traducción de los FCV a términos técnicos y operadores booleanos, tales como “Oil Palm” AND Biocontrol AND “Precision agriculture”. Este filtrado técnico garantiza que la vigilancia trascienda la intuición y se enfoque con precisión en la frontera del conocimiento, de manera que se proporcionen los insumos finales necesarios para iniciar la exploración en las bases de datos (Rojas, 2023).

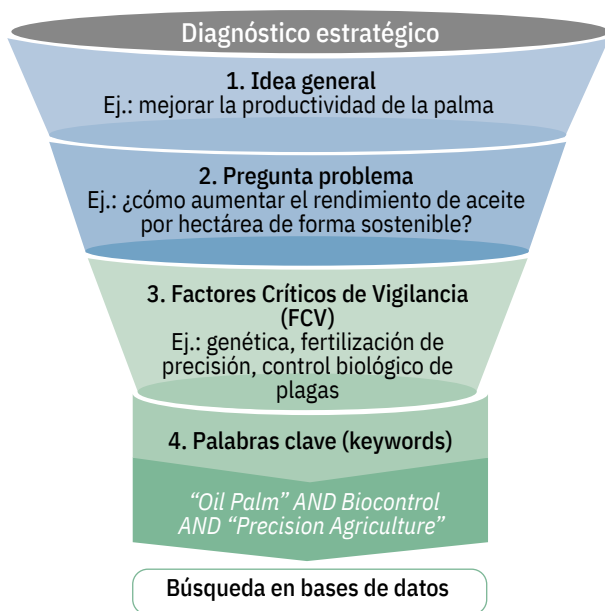


Figura 6. Embudo de limpieza desde la idea a la búsqueda en bases de datos.
Fuente: elaboración propia a partir de Rojas (2023).

2.2. Búsqueda y captación de la información

El éxito de esta fase radica en la capacidad para traducir conceptos técnicos en ecuaciones de búsqueda estructuradas que minimicen el ruido documental y maximicen la exhaustividad (González & Gómez, 2015; Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019). Un proceso de captación riguroso garantiza que la información recuperada sea la base sólida sobre la cual se construirán las propuestas de investigación y desarrollo futuras.



A Fuentes de información obligatorias

Para garantizar la integridad del estudio es necesario consultar fuentes heterogéneas que cubran las dimensiones científica, tecnológica y de mercado.

- **Repositorios y bases de datos científicas:** plataformas como Scopus, ScienceDirect y Wiley Online Library permiten identificar la frontera del conocimiento y las tendencias en investigación básica y aplicada.
- **Bases de datos de propiedad intelectual:** herramientas como Espacenet, Google Patents y Lens.org, esta última destacada por su capacidad de integración artículo-patente, son fuentes críticas para evaluar la libertad de operación y detectar tecnologías protegidas.
- **Fuentes de inteligencia sectorial:** consulta de referentes técnicos y normativos globales, como el MPOB (Malaysian Palm Oil Board); organismos de sostenibilidad, como RSPO e ISCC, y bases de datos macroeconómicas, como FAOSTAT.

Una vez que el colaborador localiza la brecha de conocimiento mediante el refinamiento realizado con el embudo de limpieza, procede a consultar estas fuentes obligatorias de acuerdo con su naturaleza técnica. De este modo, la selección de la base de datos responde directamente al área de interés: si la necesidad es científica (como la genética o el control biológico), se priorizan los repositorios científicos; si es de carácter tecnológico (como maquinaria o fertilización de precisión), se consultan las bases de datos de patentes, y si corresponde a temas de inteligencia sectorial (como estándares o mercado), se recurre a los referentes globales del sector. Esta sincronización asegura que la vigilancia se enfoque con precisión en los referentes que lideran o inciden en cada área de interés, lo que garantiza una respuesta integral al problema de la mejora de la productividad.



B Arquitectura de consultas (lógica booleana)

Las bases de datos operan bajo estructuras lógicas (Quintero Vargas, 2019), para lo que el uso de operadores es fundamental (Figura 7):

- **AND (intersección):** restringe la búsqueda. Recupera resultados que contengan todos los términos especificados.
Ejemplo: “Oil Palm” AND “Precision agriculture”.
- **OR (unión):** amplía el espectro. Recupera resultados que contengan al menos uno de los términos. Resulta ideal para sinónimos o descriptores relacionados.
Ejemplo: “Biofertilizer” OR “Organic fertilizer”.
- **NOT (exclusión):** elimina ruido o sesgo temático irrelevante. Excluye documentos que contengan el término especificado.
Ejemplo: “Palm Oil” NOT “Biodiesel” (resulta útil en este caso si el interés solamente es la productividad agrícola y no los biocombustibles).

- **Sintaxis de precisión:**

Comillas (“ ”): se utilizan para buscar frases exactas. Son fundamentales para términos compuestos. No es lo mismo buscar Oil Palm (términos separados) que “Oil Palm” (frase exacta).

Truncadores (*): permiten recuperar todas las variantes de una raíz. Ejemplo: Productiv* puede recuperar términos como Productivity, Productive, Productividad, Productiveness, entre otros.

Paréntesis (): permiten agrupar lógicas complejas y determinar el orden de ejecución de la fórmula de búsqueda (similar a una operación matemática).

- **Fórmula o ecuación de búsqueda:** estructura de búsqueda compuesta por los términos de interés y los operadores booleanos, con el uso adecuado de las comillas, los truncadores y los paréntesis, bajo la siguiente arquitectura formal:

Ecuación general: (“Término A*” OR “Término B”)

AND (“Término C*” OR “Término D”)

Ejemplo: (“Oil Palm” OR “Elaeis guineensis”)

AND (“Yield” OR “Productivity”)

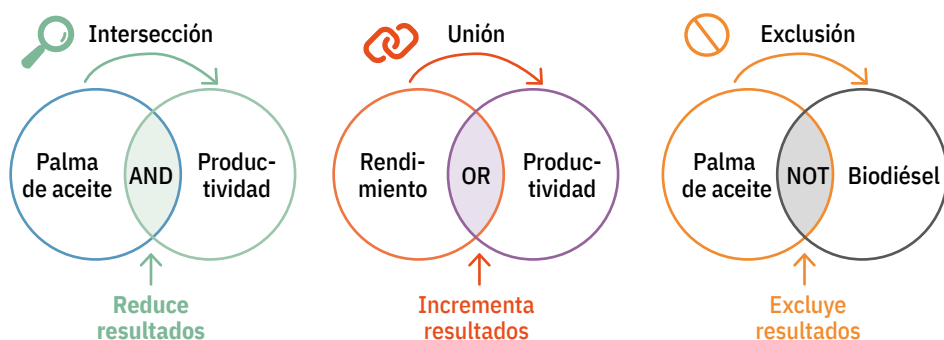


Figura 7. Uso de operadores*: AND, OR y NOT para mayor precisión en las búsquedas en bases de datos mediante lógica booleana.

Fuente: elaboración propia a partir de Rojas (2023) y Quintero Vargas (2019).



A continuación, se describen los términos utilizados en la Figura 7 con cada operador, los cuales reflejan la aplicación práctica en el estudio de caso.

- **AND (intersección):** “Palma de aceite” AND “Productividad” ejemplifica una búsqueda específica que restringe los resultados solo a documentos en los que ambos conceptos coexisten. Ilustra cómo el operador reduce los resultados para encontrar datos precisos sobre la productividad del cultivo.
- **OR (unión):** “Rendimiento” OR “Productividad” combina dos conceptos sinónimos o complementarios en la industria. Muestra cómo el operador amplía el espectro de la búsqueda para capturar diferentes formas de referirse al éxito productivo e incrementa el volumen de resultados útiles.
- **NOT (exclusión):** “Palma de aceite” NOT “Biodiésel” ejemplifica la posibilidad de eliminar el ruido temático. Permite excluir resultados relacionados con el procesamiento industrial de combustibles y garantiza que la vigilancia se mantenga enfocada exclusivamente en el ámbito agrícola y el rendimiento en campo.

2.3. Análisis y procesamiento

El propósito de esta fase es convertir el volumen de datos brutos recuperados durante la captación en información estructurada, eliminar el ruido y preparar los insumos para la analítica avanzada (González & Gómez, 2015; Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019). En este punto, la calidad del dato prima sobre la cantidad, para garantizar que solo la información relevante pase a la etapa de evaluación estratégica.



A Registro y trazabilidad de la vigilancia tecnológica (*Master Query*)

Todo ejercicio de búsqueda de VT debe documentarse en un registro de trazabilidad que permita la replicabilidad del estudio. Para ello, se debe consolidar la ecuación de búsqueda* de manera que sintetice los FCV definidos en la fase de diagnóstico.

Con el fin de obtener un volumen de información manejable y representativo, se recomienda estructurar la consulta mediante el uso de grupos temáticos. En lugar de exigir todos los factores críticos en una sola búsqueda, la *Master Query* agrupa, en el caso de estudio, el cultivo con el objetivo (productividad) y mantiene los factores técnicos como opcionales o los aborda mediante búsquedas modulares.

Ejemplo de estructura de consulta:

("Oil Palm" OR "Elaeis guineensis")
AND (Yield OR Productivity OR Efficiency)
AND (Fertilization OR Irrigation OR "Pest control")
OR "Precision agriculture" OR Technology)

Nota: la agrupación de los factores técnicos en un solo paréntesis con el operador OR permite que Scopus recupere artículos que aborden cualquiera de estos temas aplicados a la palma, sin la obligación de que aparezcan de manera simultánea.

A diferencia de las bases de datos científicas, las bases de datos de patentes requieren un filtrado por campos (título, resumen o reivindicaciones) para evitar que las menciones genéricas inflen los resultados. Para el objetivo de productividad, se recomienda restringir la búsqueda a los campos en los que se define el objeto real de la patente, de la siguiente manera:



Ecuación de búsqueda refinada para Lens.org:

"Oil Palm" OR "Elaeis guineensis" AND (Yield OR Productivity)
AND (Fertiliz* OR Irrigat* OR "Pest control" OR Technology)

Asimismo, se recomienda guardar las ecuaciones de cada una de las búsquedas realizadas para asegurar la trazabilidad futura (Tabla 4).

Tabla 4. Registro de búsqueda y trazabilidad.

Fecha	Base de datos	Ecuación de búsqueda	Filtros aplicados	Resultados
06/05/26	Scopus	TITLE-ABS-KEY ((“Oil Palm” OR “Elaeis guineensis”) AND (Yield OR Productivity) AND (Fertiliz* OR Irrigat* OR “Pest control” OR Technology))	Subj: AGRI; Lang: English; Type: ar, re; Year: 2019- 2026	176
07/05/26	Lens.org	“Oil Palm” OR “Elaeis guineensis” AND (Yield OR Productivity) AND (Fertiliz* OR Irrigat* OR “Pest control” OR Technology)	Filters: Published Date = (2019-01- 01 - 2026-05- 25); Document Type = (Patent Application, Granted Patent); Legal Status = (Active)	948

Fuente: elaboración propia basada en datos obtenidos de Scopus (2026) y Lens.org (2026).

B Procesamiento y curaduría de datos

Antes del análisis, los datos deben someterse a un proceso de normalización para asegurar la calidad y la veracidad de los resultados finales. Este proceso de curaduría se compone de tres acciones:



Eliminación de duplicados: proceso crítico cuando se trabaja con múltiples bases de datos (p. ej., Scopus + Lens). La detección y la eliminación de registros repetidos evita sesgos en las métricas de citación o frecuencia.



Normalización de términos: estandarización de nombres de instituciones, autores y palabras clave. Esta acción garantiza que el *software* de análisis los contabilice como un solo concepto unificado.



Limpieza de ruido: revisión de títulos y resúmenes (*abstracts*) para descartar documentos que, aunque cumplan con la ecuación de búsqueda, no responden al problema técnico planteado.



C Herramientas de analítica avanzada

El procesamiento culmina con la carga de los archivos en plataformas especializadas que permiten visualizar la *arquitectura del conocimiento*. Estas herramientas facilitan la interpretación de grandes volúmenes de datos mediante diferentes enfoques.

- **Bibliometrix (Biblioshiny):** se utiliza para el análisis estadístico global mediante el cálculo de indicadores de impacto (como el *H-index* de autores y revistas) y la identificación de tendencias longitudinales; es decir, la evolución de temas en el tiempo (Aria & Cuccurullo, 2017). En el caso de estudio, el análisis de estos indicadores permite identificar los países con mayor impacto científico y las revistas que lideran la comunicación de hallazgos sobre eficiencia y rendimiento. Por lo tanto, facilita la selección de las fuentes más influyentes para la investigación.
- **VOSviewer:** especializado en el mapeo visual de redes de colaboración institucional y mapas de coocurrencia de tér-

minos (Kirby, 2023). Es fundamental para visualizar cómo se conectan los conceptos e identificar nichos tecnológicos.

- **ScientoPy**: herramienta de código abierto desarrollada en Python y optimizada para el análisis de series temporales. Es ideal para identificar los temas con mayor tasa de crecimiento y realizar comparativas detalladas entre diferentes tópicos a lo largo del tiempo (Cruz-Ordóñez *et al.*, 2018; Ruiz-Rosero *et al.*, 2019).
- **SciMAT**: se emplea para el análisis de la evolución de campos científicos mediante diagramas estratégicos y de densidad (Cobo *et al.*, n. d.; Cobo *et al.*, 2012). Facilita la comprensión sobre cómo ha evolucionado un concepto a través del tiempo.

En esta fase se consolida un conjunto de datos (*dataset*) depurado en formatos de intercambio de datos bibliográficos (.csv o .bib), lo cual garantiza que el análisis posterior se base en información íntegra, trazable y de alta calidad científica (Contreras-Sáez, 2025; Quintero Vargas, 2019).

2.4. Interpretación

Es la fase crítica del ciclo, en la que se trasciende la descripción de los datos para generar inteligencia prescriptiva. El objetivo no es solo reportar qué se encontró, sino también interpretar cómo esos hallazgos impactan el futuro técnico y financiero del proyecto (Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019).

Los resultados del procesamiento deben someterse a una evaluación basada en tres aspectos:

1. Determinar si la tecnología en estudio se encuentra en su fase de emergencia, crecimiento o si los datos muestran señales de declive (obsolescencia).

2. Analizar el panorama de patentes para identificar áreas huérfanas de conocimiento o riesgos de infracción que podrían bloquear la comercialización futura.
3. Localizar instituciones líderes para lograr posibles alianzas estratégicas o identificar nuevos actores que irrumpen con tecnologías disruptivas.



Para garantizar que los resultados de la vigilancia se comuniquen con claridad, se recomienda sintetizar la interpretación en una estructura organizada como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Matriz de hallazgos tecnológicos para la toma de decisiones.

Hallazgo clave	Interpretación técnica	Acción recomendada
Presencia de patentes chinas sobre fertilización biológica y manejo.	Se identifican instituciones de China que lideran el desarrollo de biofertilizantes basados en subproductos de la palma.	Evaluar el desarrollo de biofertilizantes con microorganismos nativos para favorecer la novedad frente a las tecnologías asiáticas detectadas.
Crecimiento en publicaciones sobre monitoreo digital (Scopus).	La integración de herramientas de agricultura de precisión (drones y sensores) es la tendencia dominante para el diagnóstico de la salud del cultivo.	Priorizar la capacitación técnica en procesamiento de imágenes multispectrales para la detección temprana de estrés hídrico.
Emergencia de estudios en genómica aplicados a la morfología.	Existe interés científico en la identificación de marcadores genéticos que controlan la arquitectura de la planta (p. ej., reducción de altura).	Considerar la incorporación de marcadores genéticos en los programas de mejoramiento para desarrollar variedades de porte bajo que faciliten la cosecha mecanizada y mejoren la eficiencia operativa.

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la vigilancia tecnológica desarrollada para el caso de estudio.

Al finalizar esta fase se obtiene un conjunto de recomendaciones validadas por evidencia científica y técnica. Estos insumos quedan listos para ser presentados a los tomadores de decisiones en la etapa final del ciclo de vigilancia.

2.5. Difusión y comunicación de resultados

El objetivo de esta fase final es socializar la vigilancia generada de manera oportuna y estratégica. En esta etapa se define el entregable (alertas, boletines o informes) y se organiza la información bajo la estructura de pirámide invertida (Figura 8) (Gupta & Bharti, 2025; Keith *et al.*, 2020), para garantizar que la recomendación estratégica sea lo primero que reciba el tomador de decisiones (Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019).



Figura 8. Jerarquización de hallazgos para una comunicación efectiva.

Fuente: elaboración propia a partir de la adaptación del modelo de pirámide invertida Gupta & Bharti, 2025.

Para asegurar que la vigilancia tecnológica se traduzca en valor tangible, el Capítulo 5 detalla cómo estructurar informes de elevado impacto y cómo utilizar los resultados analíticos para orientar la hoja de ruta de Cenipalma de manera efectiva.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS ANALÍTICAS: CRITERIOS DE SELECCIÓN

Tras la estructuración del ciclo de vigilancia tecnológica y la definición de los Factores Críticos de Vigilancia (FCV), el paso siguiente corresponde al procesamiento de grandes volúmenes de datos bibliográficos y de patentes. El éxito de esta etapa no depende de la cantidad o el tipo de *software* utilizado, sino de la pertinencia de la herramienta elegida frente a la complejidad del problema técnico planteado.

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar un marco comparativo de las principales soluciones analíticas empleadas en la actualidad. El análisis abarca desde entornos de visualización de redes como VOSviewer hasta plataformas de analítica de tendencias temporales, como ScientoPy, y herramientas estadísticas avanzadas como Bibliometrix y SciMAT. A través de criterios técnicos de selección, como la capacidad de procesamiento, la curva de aprendizaje y la operabilidad de formatos (.bib, .csv), esta sección sirve como guía para la optimización de los recursos. De este modo, se garantiza que los resultados obtenidos posean el rigor científico necesario para la toma de decisiones institucionales.

3.1. Sinergia metodológica: ecosistemas de herramientas

En la VT, el uso aislado de una sola plataforma puede generar sesgo de perspectiva y limitar la profundidad del análisis. Por lo tanto, se sugiere no abordar estos programas como opciones excluyentes, sino integrarlos en un flujo de trabajo de datos robusto donde cada *software* mitigue las limitaciones técnicas de los demás.

A continuación, se presenta la comparativa técnica de las herramientas y se vincula su funcionalidad con la utilidad práctica para el análisis de productividad en palma de aceite (Tabla 6).

Tabla 6. Matriz comparativa de herramientas analíticas.

Dimensión de análisis	VOSviewer (Kirby, 2023)	ScientoPy (Cruz-Ordóñez <i>et al.</i> , 2018; Ruiz-Rosero <i>et al.</i> , 2019)	SciMAT (Cobo <i>et al.</i> , n. d.; Cobo <i>et al.</i> , 2012)	Bibliometrix (Biblioshiny) (Aria & Cuccurullo, 2017)
Enfoque principal	Relacional (topología de redes)	Evolutivo (tasas de crecimiento)	Longitudinal (trayectorias temporales)	Multidimensional (estadística y redes)

CONTINÚA

Dimensión de análisis	VOSviewer (Kirby, 2023)	ScientoPy (Cruz-Ordóñez <i>et al.</i> , 2018; Ruiz-Rosero <i>et al.</i> , 2019)	SciMAT (Cobo <i>et al.</i> , n. d.; Cobo <i>et al.</i> , 2012)	Bibliometrix (Biblioshiny) (Aria & Cuccurullo, 2017)
Unidad de valor	Fuerza de enlace (<i>link strength</i>)	Productividad relativa y APY*	Centralidad y densidad en matriz	Indicadores de impacto (h-index) y flujo temático
Ventaja	Es el radar de los actores. Su ventaja reside en la identificación visual de clústeres que operan de forma aislada o independiente dentro de la red	Es el termómetro de las tendencias, la herramienta más eficaz para el análisis bibliométrico* cuantitativo y el filtrado rápido de ruido	Es el marco del conocimiento. Su funcionalidad permite identificar <i>temas motor</i> ; es decir, aquellos conceptos que impulsan la frontera del conocimiento	Es un programa que genera un informe muy completo, además de estético. Sin embargo, su uso exclusivo podría carecer de la precisión de filtrado masivo que ofrece ScientoPy o del detalle en la limpieza semántica profunda que brinda SciMAT
Uso	Identificación de líderes y grupos. Responde a la pregunta: ¿quiénes son los aliados y competidores clave?	Validación de tendencias emergentes. Responde a la pregunta: ¿hay crecimiento real y reciente de algún tema?	Prospección del ciclo de vida (auge/declive). Responde a la pregunta: ¿hacia dónde se mueve el conocimiento a largo plazo?	Diagnóstico global y evolución del frente de investigación. Uso del mapa temático de evolución para identificar convergencias. Responde a la pregunta: ¿cómo ha evolucionado el tema?
Entregable	Mapa de expertos: directorio de posibles aliados internacionales para proyectos de transferencia tecnológica	Reporte de tendencias: listado de tecnologías prioritarias para la inversión a corto plazo	Mapa estratégico de evolución: identificación de temas motores y temas en declive dentro de la agroindustria	Informe de impacto sectorial: balance de las revistas, autores y tendencias más influyentes.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4

HERRAMIENTAS
ANALÍTICAS
(GUÍAS PASO A PASO)

En esta fase, se transita de la recuperación de información hacia la bibliometría aplicada. El objetivo es procesar volúmenes masivos de datos para extraer patrones de comportamiento científico y tecnológico que no son perceptibles mediante una lectura tradicional. Para garantizar que los resultados sean reproducibles y de elevada calidad técnica, este capítulo detalla los protocolos, paso a paso, de las principales herramientas utilizadas en vigilancia tecnológica.

A continuación, se describen los protocolos de exportación de datos desde Scopus y Lens.org, seguidos del flujo de procesamiento en las plataformas ScientoPy, VOSviewer, SciMAT y Bibliometrix. Estas guías están estructuradas de manera lógica y secuencial, lo que permite transformar datos brutos en análisis con rigor científico, aplicados directamente a la resolución de interrogantes, en este caso, al tema de estudio *Mejora de la productividad en la palma de aceite*.



4.1. Scopus: el motor de búsqueda

Más allá de su función como repositorio bibliográfico, Scopus, producido por Elsevier, se posiciona como una infraestructura crítica de analítica de datos. Su valor para la vigilancia tecnológica reside en la curaduría y la normalización de los metadatos, lo que permite realizar un diagnóstico preliminar del estado de la ciencia con un elevado grado de fiabilidad estadística (Elsevier, 2026a).

En el flujo de trabajo de este manual, Scopus actúa como la fuente primaria para la exportación de archivos con extensiones .csv y .bib, los cuales alimentarán posteriormente las herramientas de visualización avanzada.

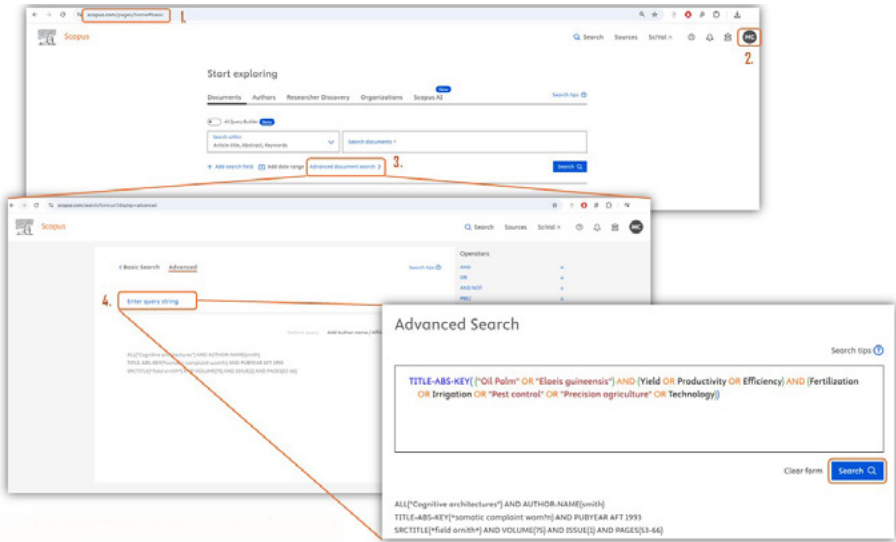


A Guía paso a paso para la operación de Scopus

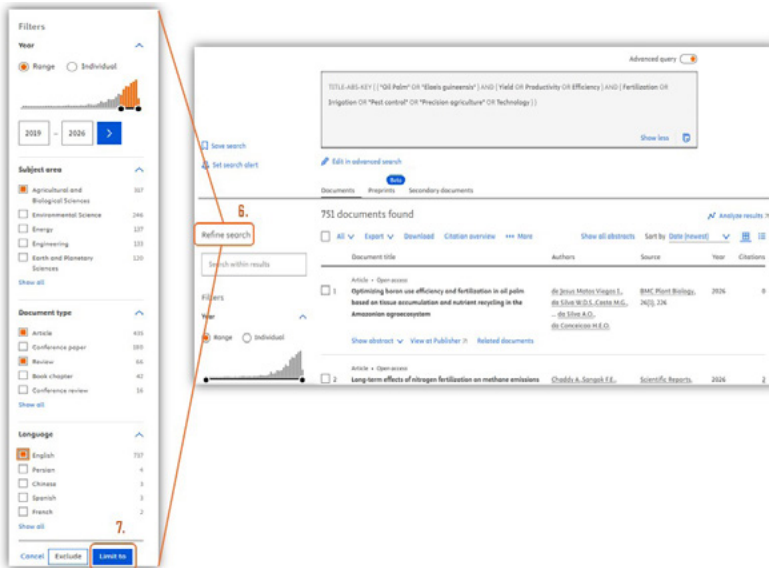
1. Ingresar a <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>
2. Asegurarse de tener acceso mediante la suscripción institucional luego de hacer clic en el botón *Check access*.

Nota: para la ejecución de los pasos 1 y 2, el usuario puede orientarse con la infografía titulada “Acceso y navegación en Scopus”, disponible en el Anexo 1 de este manual.

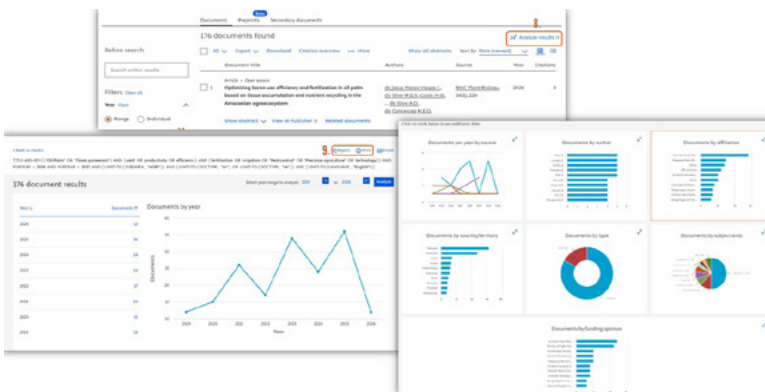
3. Seleccionar *Advanced document search* o búsqueda avanzada.
4. Ingresar la ecuación de búsqueda definida en el Capítulo 2 en el campo *Enter query string*.
5. Seleccionar *Search* o buscar.



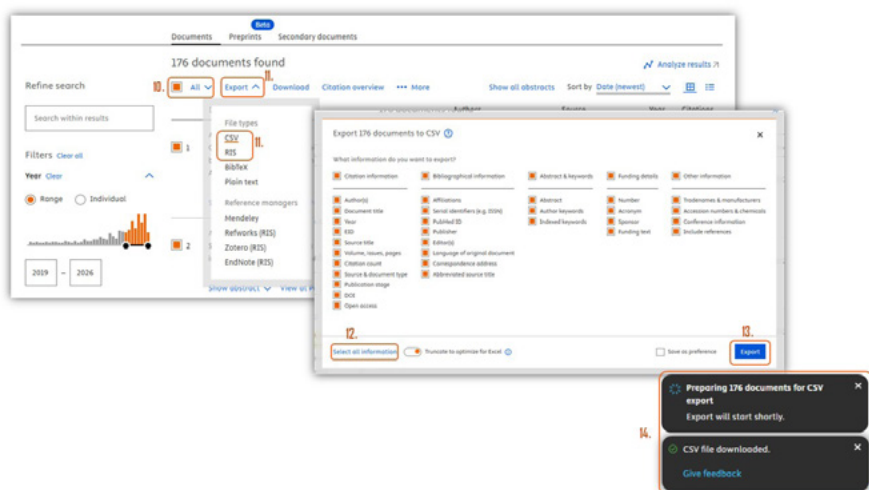
6. Refinar la búsqueda mediante los filtros del panel izquierdo (*Year*, *Subject area*, *Document type*). En el estudio de caso de este manual se sugiere seleccionar los últimos seis años (*Year*), el área de *Agricultural and Biological Sciences* (*Subject area*) y tipos de documento como *Article* o *Review*.
7. Seleccionar *Limit to* (para incluir) o *Exclude* (para eliminar ítems no relacionados).



8. Para el análisis visual, seleccionar la opción *Analyze results*. A continuación, se abrirá una ventana con gráficos de producción por año, país, autor, afiliación, entre otros.
9. Para descargar gráficos o tablas, hacer clic en *Export* y seleccionar el formato requerido.



10. Para exportar la información de los documentos de la búsqueda, marcar la opción *All* para seleccionar todos los documentos.
11. Hacer clic en *Export* y, en la lista desplegable, seleccionar el formato CSV (para Excel/VOSviewer) o .ris/BibText (para SciMAT/ScientoPy/ Bibliometrix).
12. En la nueva ventana, marcar *Select all information*. Esta opción es fundamental para no perder los *Abstracts* y *Keywords*.
13. Hacer clic en *Export*.
14. Verificar que se haya descargado el archivo consolidado.



B Códigos de campo esenciales

Para realizar búsquedas minuciosas es necesario conocer estos códigos de campo de la búsqueda avanzada. A continuación, se presenta su uso para refinar la búsqueda en el ejemplo de productividad en palma de aceite.

- **TITLE-ABS-KEY:** es de uso frecuente y permite buscar en las tres áreas críticas del documento: título, resumen y palabras clave.

Aplicación en el caso: se utilizó para asegurar que los conceptos “oil palm” o “productivity”, por ejemplo, aparecieran en el núcleo del documento y no solo de forma marginal.

- **AFFILCOUNTRY:** filtra resultados en los que al menos un autor está afiliado a una institución ubicada en el país de interés.
- **AUTHKEY:** permite buscar específicamente en las palabras clave definidas por el autor (evita el ruido del resumen).
Aplicación en el caso: se empleó AUTHKEY (“precision agriculture”) para descartar artículos generales que mencionaban la tecnología en el resumen, pero no se centraban en ella.
- **PUBYEAR:** permite limitar la búsqueda por año de publicación.
Aplicación al caso: se configuró PUBEYEAR > 2019 para garantizar que los resultados analizados correspondieran a la frontera actual y no a resultados obsoletos.

Interpretación de las estadísticas de Scopus

Antes de exportar las gráficas de los análisis, Scopus ofrece un tablero de control estadístico (*Analyze results*). A continuación, se describen los criterios de interpretación de los gráficos y los hallazgos obtenidos en el caso de estudio de palma de aceite:

1. **Documents by year:** permite evaluar la vigencia del tema. Una curva ascendente, como la observada en el *dataset* de productividad (2019-2026) (Figura 9), clasifica al FCV como un tema en auge. Si la curva se estabiliza o desciende, se interpreta como una tecnología madura o en desuso.



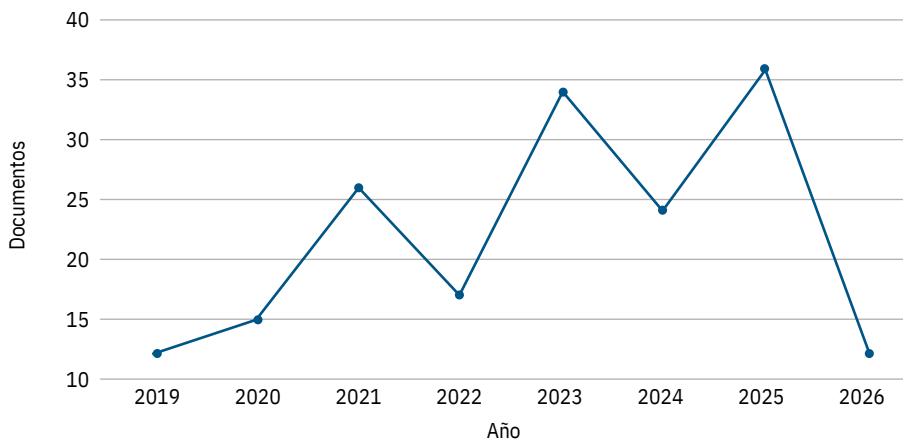


Figura 9. Documentos por año, resultados del dataset de análisis de Scopus. Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Scopus para el caso de estudio.

2. Documents by country: identifica las potencias mundiales en la materia. En los resultados obtenidos (Figura 10), se observa el dominio de Malasia e Indonesia, lo que establece un punto de referencia global para contrastar la producción científica local.

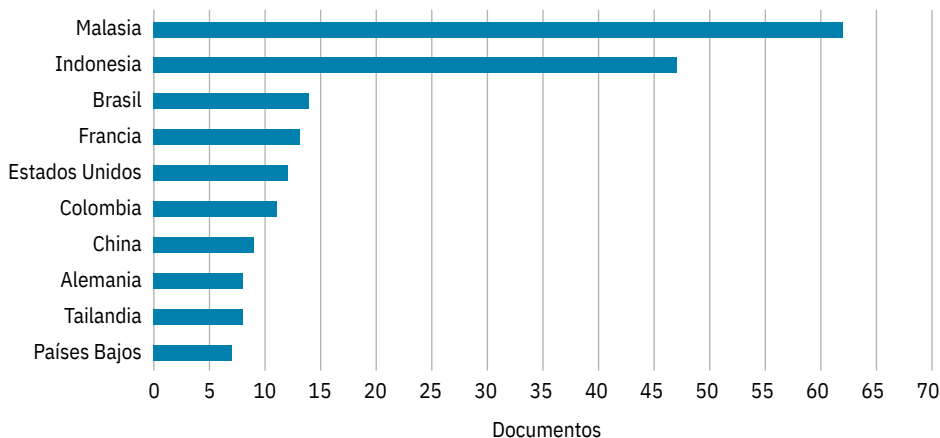


Figura 10. Documentos por país, resultados del dataset de análisis de Scopus. Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Scopus para el caso de estudio.



3. Documents by affiliation: indica cuáles organizaciones concentran el conocimiento. Para el caso de estudio (Figura 11), resalta la presencia de la Universiti Putra Malaysia y el Malaysian Palm Oil Board (MPOB). Este dato es importante para identificar posibles aliados estratégicos o centros de referencia.

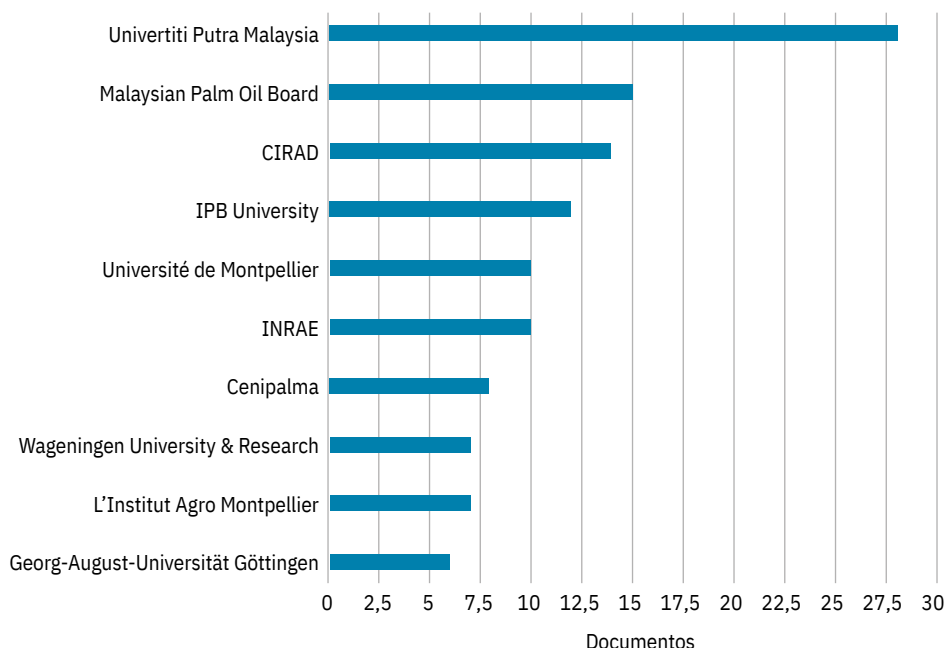


Figura 11. Documentos por afiliación, resultados del dataset de análisis de Scopus.

Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Scopus para el caso de estudio.



4. Documents by author: identifica los investigadores con mayor producción en el área. Permite reconocer a los referentes globales cuyos trabajos deben ser consultados de manera constante, para garantizar el rigor de la investigación. Para el caso relacionado con la mejora de la productividad, se identifican como referentes globales a Idris, Z.; Lamade, E.; Ollivier, J.; Tcherkez, G. y Tjoa, A. (Figura 12).

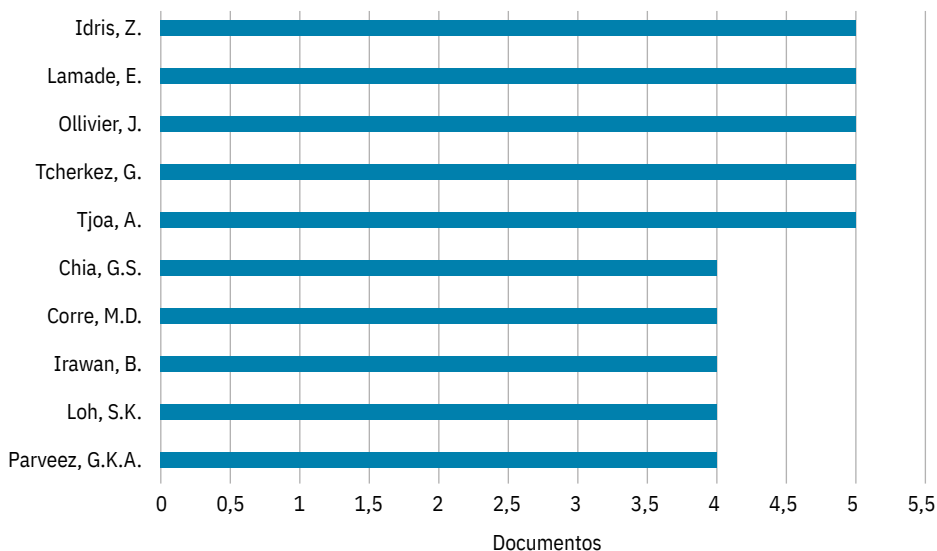


Figura 12. Documentos por autor, resultados del dataset de análisis de Scopus. Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Scopus para el caso de estudio.



Scopus AI para simplificar procesos

La integración de inteligencia artificial mediante Scopus AI (Elsevier, 2026b) en el flujo de trabajo no solo permite interactuar con un modelo de lenguaje, sino también utilizar una herramienta de búsqueda basada en evidencia que optimiza las fases críticas de la vigilancia tecnológica (Tabla 7). Dado que Cenipalma cuenta con la licencia de Scopus AI, su aplicación en esta fase se centra en tres funciones principales:

- 1. Síntesis de conceptos complejos:** permite decodificar interacciones complejas, como la correlación entre temáticas, mediante resúmenes que integran múltiples fuentes validadas.
- 2. Identificación de autores principales:** conecta con investigadores que no necesariamente aparecen en los primeros lugares por volumen, pero cuyos trabajos son la base de la tecnología actual.

3. Mitigación de sesgos: al operar bajo una arquitectura de RAG* (*Retrieval-Augmented Generation*) sobre la base de datos de Scopus, la herramienta reduce el riesgo de alucinaciones típicas de la IA genérica y garantiza que cada afirmación esté respaldada por un DOI rastreable.

Tabla 7. Protocolo operativo de Scopus AI.

Fase	Acción técnica	Finalidad
1. Planteamiento de la pregunta	Sustituir cadenas de palabras clave por preguntas de investigación estructuradas, las cuales pueden ser tanto en inglés como en español. Ejemplo: “ <i>What are the technologies to improve productivity in oil palm?</i> ”	Superar las limitaciones de búsqueda booleana y permitir la captura del contexto técnico completo del problema.
2. Revisión de referencias	Scopus AI generará un resumen. Se debe realizar la trazabilidad de las citas obtenidas mediante el acceso directo al artículo fuente, con el fin de explorar la temática en detalle.	Validar la rigurosidad de los hallazgos y profundizar en la metodología de los estudios originales.
3. Exploración del mapa conceptual	Usar la función <i>Expanded Summary</i> y mapas conceptuales dinámicos para identificar temas relacionados que no se incluyeron en la pregunta inicial.	Identificar frentes de investigación emergentes o temas periféricos que no fueron contemplados en la hipótesis inicial.



Fuente: elaboración propia basada en Elsevier (2026b).

A continuación, se detalla el procedimiento para transformar un interrogante técnico en una hoja de ruta estratégica, para lo cual se utilizan los resultados obtenidos en el caso de estudio de este manual.



A partir de la consulta realizada con la pregunta de investigación *What are the technologies to improve productivity in oil palm?* se obtuvieron los siguientes pilares tecnológicos que podrían orientar la vigilancia sobre este tema:

1. **Agricultura de precisión y digital:** los resultados destacan el uso de *Remote Sensing* y *Machine Learning* para la detección temprana de enfermedades. Scopus AI identifica que la integración del IoT con sensores de humedad permite una toma de decisiones basada en datos reales de la plantación.
2. **Mecanización y automatización:** se identifica la emergencia de herramientas de corte por láser y dispositivos mecanizados (p. ej., cortadora eléctrica) para optimizar la cosecha, lo que responde directamente al reto de la escasez de mano de obra.
3. **Biotecnología y mejoramiento:** la IA resalta el papel de la genómica y la selección asistida por marcadores en el desarrollo de variedades de alta producción y resistencia a condiciones de estrés.

Nota: es necesario reconocer que Scopus AI funciona como un acelerador que puede reducir el tiempo de prospección del estado del arte. No obstante, la herramienta constituye un soporte para la síntesis y no sustituye el análisis crítico. Por lo tanto, se requiere la validación final del experto para asegurar que el conocimiento extraído se traduzca en decisiones viables para los proyectos institucionales.

4.2. Lens: búsqueda de patentes y enlaces académicos

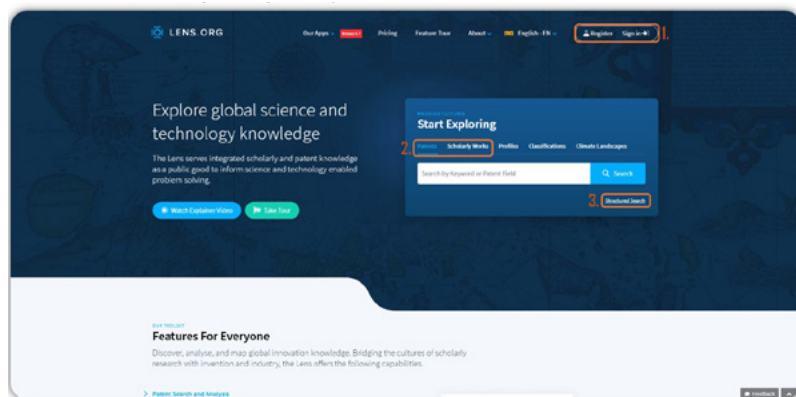
Lens es una herramienta abierta de metadatos que integra más de 150 millones de registros de patentes con literatura académica de elevado nivel. Su valor diferenciador reside en su capacidad para rastrear el tránsito del conocimiento científico hacia la protección comercial, lo que permite identificar el panorama de invenciones en el sector (Lens, 2026).

Para los propósitos de este manual, Lens.org es el motor principal para el análisis de la libertad de operación y la detección de brechas tecnológicas.



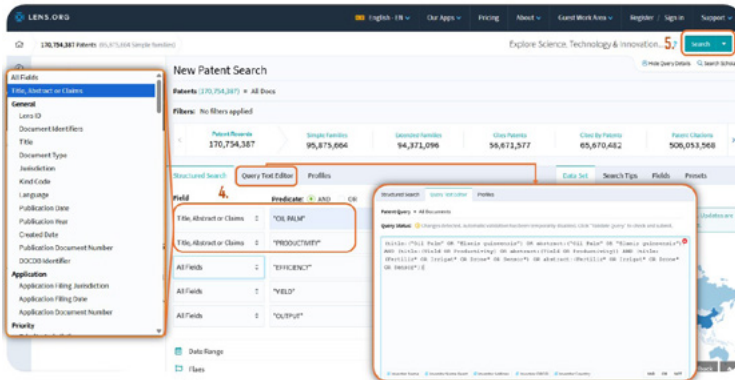
A Guía paso a paso para la operación de Lens

1. **Ingresar a Lens.org:** se recomienda realizar el registro gratuito en el enlace <https://www.lens.org/> para habilitar la exportación masiva de datos (hasta 50.000 registros).
2. **Configurar el *dataset*:** para hacerlo se requiere seleccionar el módulo de interés; ya sea *Patents* (para propiedad industrial) o *Scholar* (para artículos académicos). En el caso de un análisis de vigilancia tecnológica, se debe iniciar por *Patents*.
3. **Seleccionar *Structured Search* en la interfaz de consulta:** esta opción permite un control preciso de los campos de búsqueda, de manera que evita el ruido de una búsqueda simple.

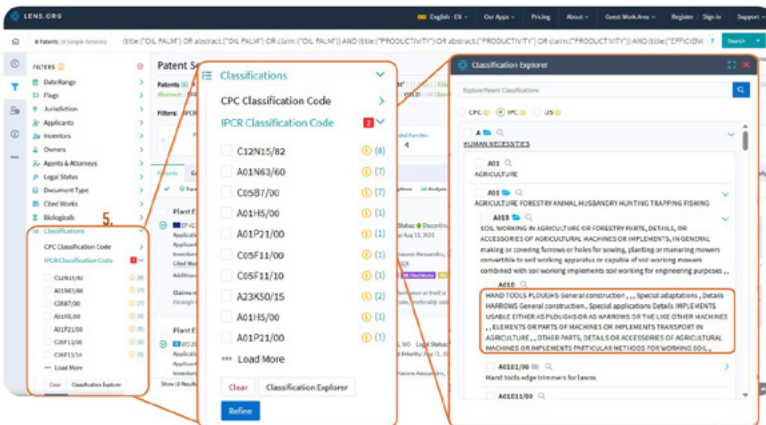


4. **Ejecutar la ecuación de búsqueda, generada en el Capítulo 2, en *Structured Search*:** ingresar los términos en los campos correspondientes (*Title*, *Abstract* o *Claims*). En este paso es

fundamental el uso de operadores booleanos. Otra alternativa para ingresar la ecuación de búsqueda se habilita al seleccionar la pestaña *Query Text Editor*.



5. Incluir códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), también conocida como IPC por sus siglas en inglés, para el caso exclusivo de patentes: asegura que los resultados pertenezcan al dominio técnico correcto.

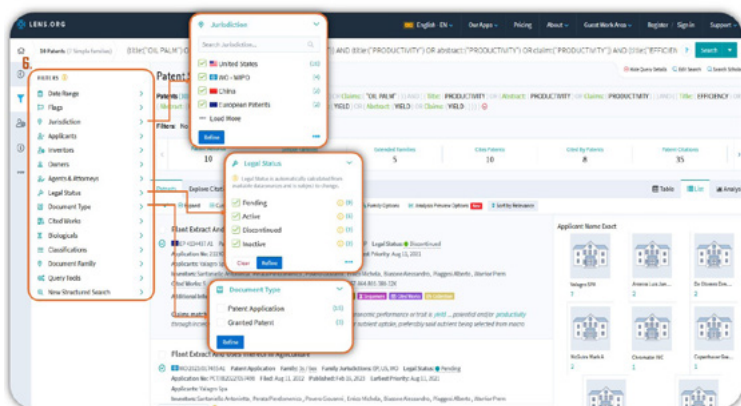


6. Emplear el panel de filtros (*Filters*), ubicado en la sección izquierda de la interfaz, para la optimización del conjunto de datos: este proceso permite la segmentación de la información con base en los criterios técnicos relacionados a continuación.

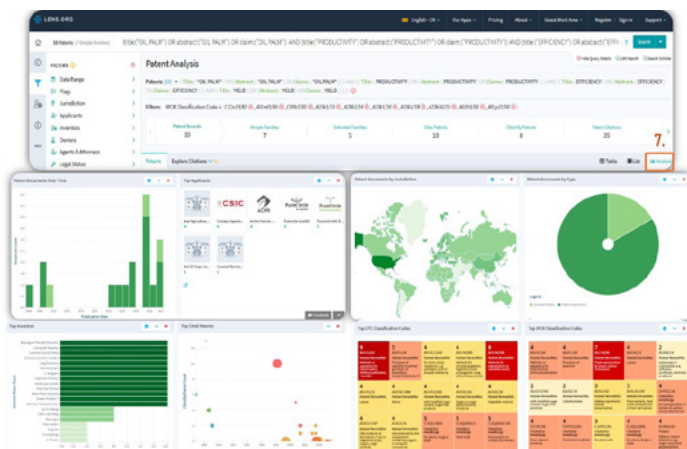
Jurisdiction: países donde se reclama la protección.

Document Type: patentes concedidas frente a solicitudes (Applications).

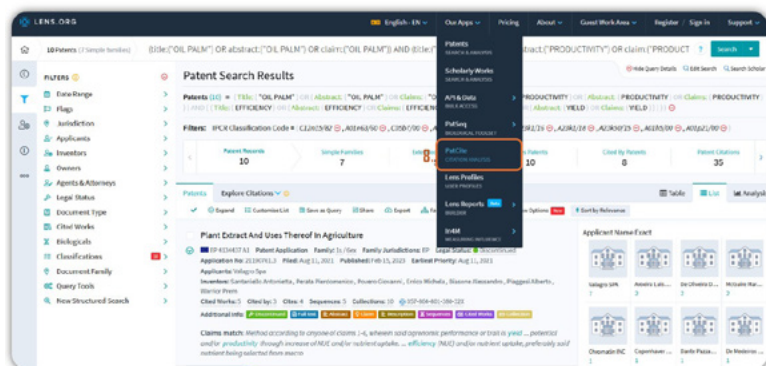
Legal Status: identifica patentes vigentes, vencidas o abandonadas.



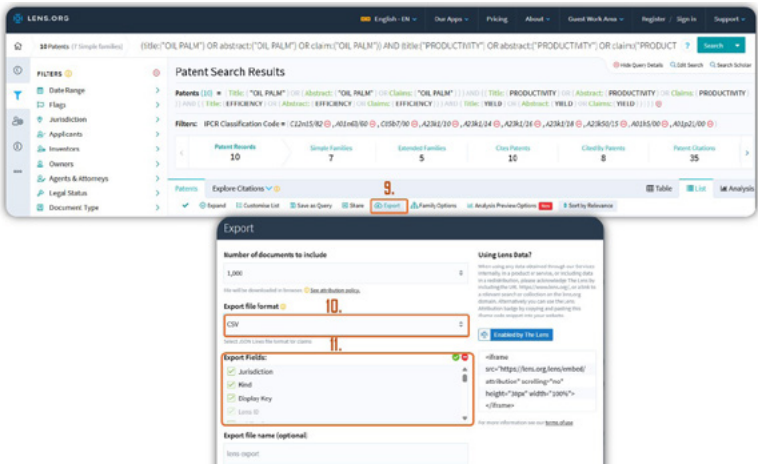
7. Hacer clic en la pestaña **Analysis**, para revisar el paisaje tecnológico: activa la generación automática de tableros de consulta interactivos con la distribución de familias de patentes por año, inventores principales y empresas líderes (Assignees).



8. Utilizar la herramienta *PatCite*, para visualizar redes de citación: su utilidad es la exploración de artículos científicos que están siendo citados por las patentes y la identificación del impacto real de la investigación en la industria.



9. Exportar los documentos para el análisis externo mediante el siguiente protocolo:
 - Seleccionar los documentos de interés (o marcar *Select all*).
 - Hacer clic en el botón *Export*.
10. Elegir el formato según la herramienta para el posterior procesamiento:
 - **CSV / JSON:** son aptos para el análisis de datos en Excel y limpieza en R o Python.
 - **RIS / BibTeX:** sirven para integrar con Bibliometrix, SciMAT o VOSviewer.
11. Seleccionar los metadatos de interés en el menú de exportación: es necesaria la marcación de campos como *Abstract*, *Claims*, *Full Author List*, *IPCs* y *Citations*, ya que, sin ellos, el análisis relacional posterior no sería viable.
12. Hacer clic en *Export*: la plataforma procesa la solicitud y envía un enlace de descarga o una notificación al panel del usuario que indica la disponibilidad del archivo consolidado.



B Ventajas comparativas: ¿por qué usar Lens frente a otros buscadores?

A diferencia de los buscadores genéricos, Lens.org permite vincular directamente la producción científica con el mercado tecnológico y, por lo tanto, identificar si las patentes globales están citando el conocimiento generado localmente. Esto es vital para determinar la ventaja competitiva y asegurar que los recursos se enfoquen en tecnologías con espacio libre en el ámbito de la propiedad industrial. La Tabla 8 presenta las características de los buscadores de patentes más utilizados en estudios de vigilancia tecnológica.

Tabla 8. Matriz comparativa de los diferentes buscadores de patentes.

Característica	Lens.org (Lens, 2026)	Google Patents (Noruzi & Abdekhoda, 2014)	Espacenet (Martin & Derrien, 2018)
Enlace ciencia-patente	Vincula artículos de Scopus/PubMed con patentes.	Limitado a enlaces básicos.	Nulo o muy manual.

CONTINUÁ

Característica	Lens.org (Lens, 2026)	Google Patents (Noruzi & Abdekhoda, 2014)	Espacenet (Marttin & Derrien, 2018)
Limpieza de datos	Agrupar automáticamente las patentes por familias para evitar duplicidades.	Muestra cada publicación por separado.	Uso de familias DOCDB*.
Análisis visual	<i>Dashboards</i> dinámicos disponibles para informes de vigilancia.	Inexistente (solo listado).	Básico (gráficos estáticos).
Exportación masiva	Hasta 50.000 registros con metadatos completos.	Muy limitada y propensa a bloqueos.	Limitada a 500 registros por vez.
Costo/acceso	Acceso abierto y gratuito con capacidades analíticas robustas similares a las de herramientas de bases de datos de pago.	Acceso gratuito, pero con funcionalidades de análisis de datos significativamente limitadas.	Acceso gratuito con orientación a la búsqueda del estado del arte y análisis de validez legal.

Fuente: elaboración propia basada en Lens (2026), Marttin & Derrien (2018) y Noruzi *et al.* (2014).

Mientras que Scopus presenta qué se está investigando, Lens.org muestra qué se está protegiendo y quién es el titular. El uso de Lens permite verificar que el proyecto no solo sea novedoso en el papel, sino también identificar si las herramientas o los resultados de interés no están protegidos y, por lo tanto, evaluar la posibilidad de su utilización con fines comerciales.

El código IPC

Para realizar búsquedas de patentes en Lens con alto rigor técnico es necesario utilizar palabras clave y la Clasificación Internacional de Patentes (IPC, *International Patent Classification*) (World Intellectual Property Organization [WIPO], 2022). Este sistema de codificación permite indexar las invenciones según el área tecnológica a la que pertenecen, con independencia del idioma o de los términos comerciales empleados por los inventores.

¿Por qué es vital usarlo?

- **Elimina la ambigüedad:** evita la recuperación de documentos irrelevantes; por ejemplo, al combinar términos de búsqueda con códigos IPC específicos, es posible restringir la recuperación de documentos al campo tecnológico de interés. Por ejemplo, el término “oil” puede referirse tanto a aceites vegetales como a petróleo; sin embargo, al utilizar códigos IPC asociados a aceites y grasas de origen vegetal, se reduce significativamente la recuperación de patentes relacionadas con petróleo crudo, combustibles o lubricantes.
- **Supera las barreras del idioma:** los códigos poseen un carácter universal. El análisis permite recuperar tecnologías registradas en diferentes idiomas, como chino o alemán, sin necesidad de traducir la ecuación de búsqueda a múltiples lenguas.

Guía rápida para encontrar códigos IPC

1. Introducir una consulta base mediante palabras clave. Ejemplo: “oil palm” AND “productivity”.
2. Buscar la sección *IPCR Classification code* en el panel izquierdo.
3. Observar los códigos que más se repiten en la muestra. En el estudio de caso (Figura 13), se destacan el código C05G3/80, correspondiente a mezclas de fertilizantes como componentes específicos, y el código A01C21/100, correspondiente a métodos de fertilización.
4. Aplicar el operador de truncamiento, el cual corresponde a un asterisco (*), al final del código raíz; por ejemplo, C05G*. Esta acción permite ampliar la búsqueda para incluir automáticamente todas las subclases del nicho analizado.



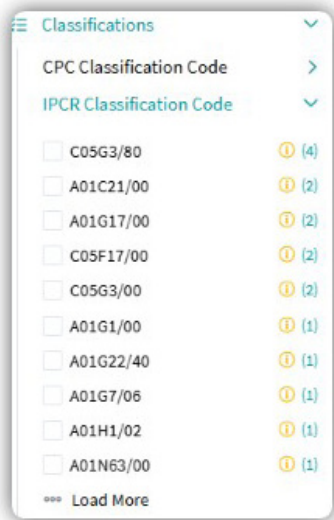


Figura 13. Distribución de códigos IPC en la búsqueda exploratoria de Lens.org.
Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Lens.org para el caso de estudio.

En la Tabla 9 se presentan los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes asociados a las temáticas misionales de Ceni-palma. El uso de estos códigos contribuye a reducir al mínimo el ruido documental y enfoca el esfuerzo de vigilancia en los nichos tecnológicos de interés para la agroindustria (WIPO, 2022).

Tabla 9. Áreas temáticas y Clasificación Internacional de Patentes (IPC).

Área de investigación	Código IPC	Descripción del dominio técnico (ejemplo: productividad)
Cultivo y agronomía	A01B / A01C	Mecanización, preparación del suelo, siembra y fertilización.
Agricultura y horticultura	A01G	Fisiología de la palma, poda y sistemas para facilitar la cosecha mecanizada (p. ej., A01G17/00).
Control de plagas y enfermedades	A01N	Biocidas, fungicidas, insecticidas y agentes de control biológico (p. ej., para PC o marchitez letal).
Extracción y refinación	C11B	Producción, recuperación y refinación de aceites, grasas y ácidos grasos.

CONTINÚA

Área de investigación	Código IPC	Descripción del dominio técnico (ejemplo: productividad)
Biotecnología y genética	C12N	Microorganismos, enzimas, ingeniería genética, marcadores moleculares y cultivo de tejidos para clones de alta productividad.
Bioenergía y biocombustibles	C10L	Producción de combustibles a partir de aceites vegetales (biodiésel y combustibles alternativos).
Sostenibilidad y residuos	C05F	Transformación de residuos orgánicos (tusa, efluentes) en fertilizantes.

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados analíticos de la búsqueda realizada en Lens.org para el caso de estudio y de la clasificación de la WIPO.

Interpretación de los resultados de Lens.org para el caso de estudio



Con el fin de ilustrar el potencial analítico de la plataforma Lens.org, se evalúan los resultados obtenidos a partir de la ecuación estructurada para el sector palmicultor: “Oil Palm” OR “Elaeis guineensis” AND (Yield OR Productivity) AND (Fertiliz* OR Irrigat* OR “Pest control” OR Technology). La consulta logró consolidar 948 documentos de patentes activos, cuyo procesamiento visual arrojó los siguientes resultados:

- **Identificación de competidores clave (*Top Applicants*):** el análisis de los metadatos de propiedad (Figura 14) identifica una fuerte convergencia entre el desarrollo agroquímico y la biotecnología de semillas. El grupo químico BASF SE encabeza la lista con 125 patentes, seguido estrechamente por la corporación Ceres Inc., que colidera el mercado global con un volumen de 124 registros, y por Mary Kay Inc., con 121 patentes. Este panorama permite identificar a los actores dominantes con los cuales se debe evaluar el riesgo de infracción o las posibles alianzas de transferencia tecnológica.

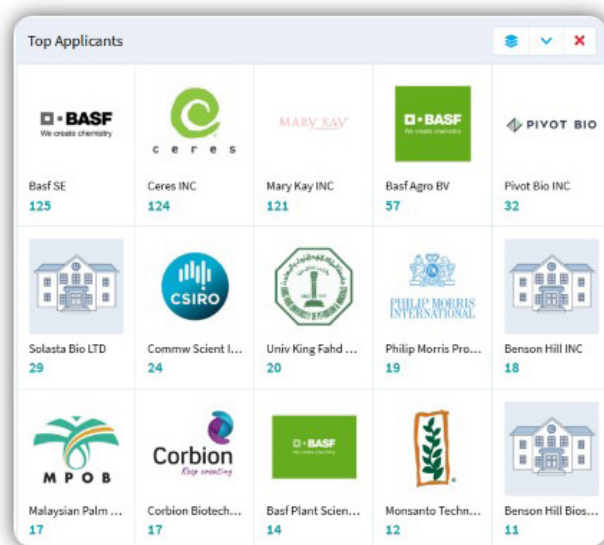


Figura 14. Distribución de los principales solicitantes de patentes (Top Applicants) en el estudio de caso de palma de aceite. Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Lens.org para el caso de estudio.

- **Distribución del dominio técnico mediante códigos IPC:** la función de agrupación de clasificaciones internacionales (Figura 15) permite identificar, a partir de los registros, cuáles son las sublíneas de investigación prioritarias de la industria relacionadas con el aumento de la productividad de la palma de aceite:

C12N15/82 (Ingeniería genética vegetal): concentra la mayor densidad, con 369 patentes enfocadas en la modificación de cultivos para la tolerancia a factores de estrés y el aumento del rendimiento.

C07K14/415 (Proteínas de origen vegetal): registra 159 patentes asociadas al desarrollo de compuestos biológicos avanzados.



A01N43/54 (Formulaciones biocidas): reúne 80 patentes dedicadas a la protección química y biológica de cultivos contra agentes patógenos.

Top IPCR Classification Codes				
80 A01N43/54 Human Necessities 1,3-Diazines Hydrogenated 1,3-diazines	52 A01N43/90 Human Necessities having two or more relevant hetero rings, condensed among themselves or with a common	51 A01P13/00 Human Necessities Herbicides Algicides	66 A61K8/34 Human Necessities Alcohols	48 A61K8/44 Human Necessities Aminocarboxylic acids or derivatives thereof, e.g. aminocarboxylic acids containing
47 A61K8/92 Human Necessities Oils, fats or waxes Derivatives thereof, e.g. hydrogenation products	91 A61K8/9789 Human Necessities Magnoliopsida [dicotyledons]	51 A61K9/00 Human Necessities Medicinal preparations characterised by special physical form	97 A61Q19/00 Human Necessities Preparations for care of the skin	74 A61Q19/08 Human Necessities Anti-ageing preparations
159 C07K14/415 Chemistry metallurgy from plants	369 C12N15/82 Chemistry metallurgy for plant cells	66 C12N9/02 Chemistry metallurgy Oxidoreductases [1.], e.g. luciferase	50 C12N9/10 Chemistry metallurgy Transferases [2.] ribonucleases	60 C12Q1/6895 Chemistry metallurgy for plants, fungi or algae



Figura 15. Distribución de documentos de patentes por código de clasificación IPCR en el estudio de caso de palma de aceite.

Fuente: resultados analíticos de la búsqueda realizada en Lens.org para el caso de estudio.

- **Evaluación del riesgo legal (Legal Status y jurisdicción):** la delimitación de los 948 registros bajo el estado exclusivo de *activos* permite identificar con precisión geográfica las zonas donde existe protección vigente, lo que restringe la explotación de tecnologías en esas jurisdicciones (Figura 16). El análisis de la distribución territorial revela una concentración de la propiedad industrial en la oficina de patentes de Estados Unidos (US, con 805 patentes) y la oficina europea de patentes (EP, con 143 registros). Esta dispersión geográfica constituye un insumo para los análisis de libertad de operación, debido



a que permite verificar si las patentes vigentes de corporaciones globales poseen cobertura legal en territorio colombiano o si, por el contrario, representan oportunidades para que los proyectos de Cenipalma adapten, transfieran e implementen los resultados de investigación sin incurrir en riesgos por infracción.

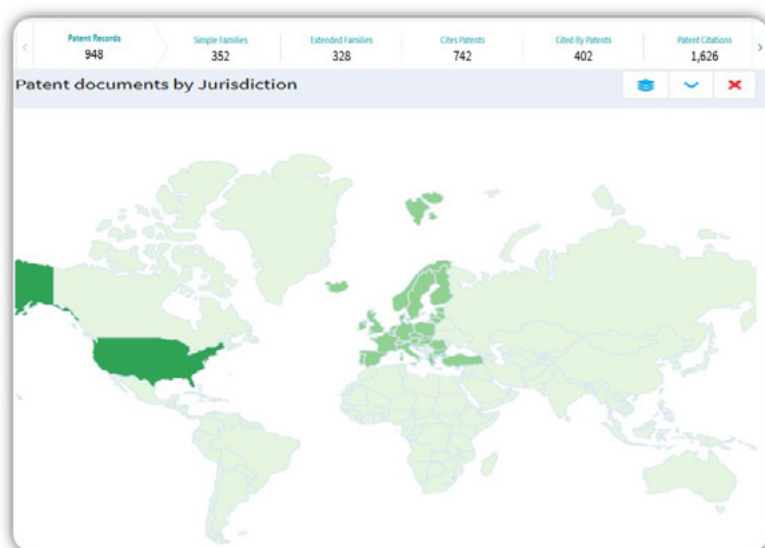


Figura 16. Mapa global de documentos de patentes por jurisdicciones e indicadores de citación relacional.

Fuente: tomado de los tableros analíticos de Lens.org (2026).

4.3. ScientoPy: análisis de tendencias y crecimiento

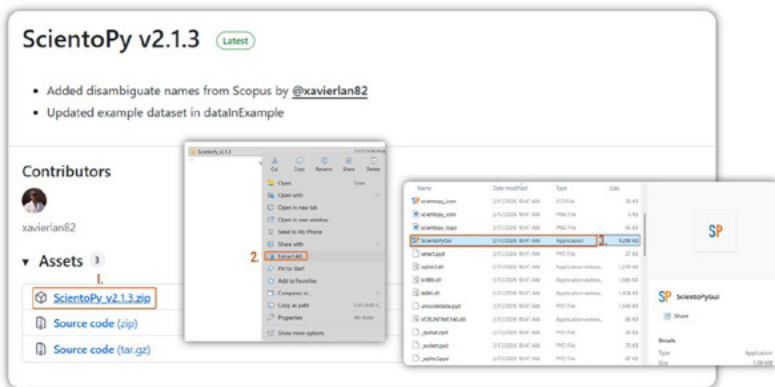
ScientoPy es una herramienta de código abierto especializada en la minería de textos y el análisis bibliométrico dinámico. Su función principal es desglosar los datos para identificar autores y países representativos, líderes por volumen de producción e

impacto (h-index), así como palabras clave recurrentes, lo cual evidencia los temas que están dominando el discurso científico actual (Cruz-Ordóñez *et al.*, 2018; Ruiz-Rosero *et al.*, 2019).

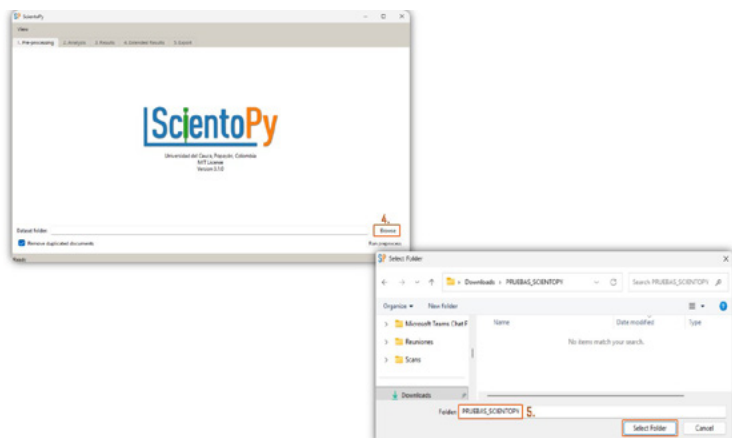
A Guía paso a paso para la operación de ScientoPy

Descargar ScientoPy desde el siguiente enlace:
<https://github.com/jpruiz84/ScientoPy/releases>

1. Seleccionar la opción ScientoPy_v.2.1.3.zip.
2. Descomprimir la carpeta.
3. Abrir el archivo de aplicación ScientoPyGui.

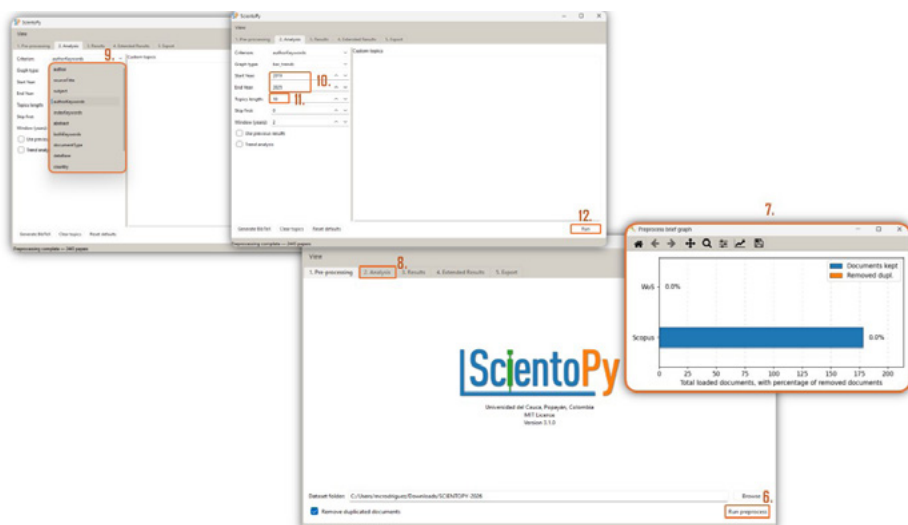


4. Hacer clic en *Selected dataset*.
5. Ubicar la carpeta donde se guardó el archivo .csv descargado de Scopus. Es importante que este archivo esté guardado en una carpeta exclusiva para este propósito. Aunque en la ventana no se observen archivos, allí se encuentra la base de datos que será analizada. Una vez se haya ubicado la ruta, hacer clic en *Browser*.



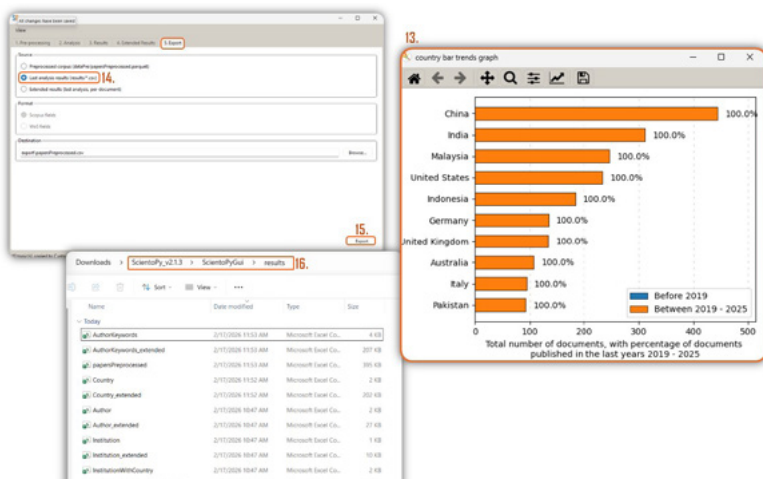
6. Hacer clic en *Run preprocess*. El preproceso puede eliminar duplicados a la vez que carga los datos para su posterior análisis.
7. Revisar la figura resultante con los documentos procesados. Una vez verificada la cantidad correcta de documentos, cerrar la figura de reproceso.
8. Hacer clic en la pestaña superior de *Analysis* para continuar con el procesamiento.
9. Seleccionar los criterios que se quieren procesar, cada uno mediante un análisis independiente. Para los análisis bibliométricos generalmente se descargan *Author*, *Source Title* (revistas científicas) y *Country*.
10. Seleccionar los años de inicio y finalización del análisis, los cuales deben coincidir con los años cuando se realizó la búsqueda.
11. Parametrizar el *software* para maximizar la representatividad de los datos y así evitar la exclusión de subtemáticas. El parámetro *Topics length* dependerá de la cantidad de artículos reportados en el archivo descargado de Scopus.
12. Hacer clic en *Run* para generar el análisis correspondiente al criterio seleccionado.

Nota: para evaluar cada criterio específico, por ejemplo, palabras clave o autores, se requiere repetir secuencialmente los pasos del 9 al 12.



13. Revisar la ventana emergente con el gráfico que resume los resultados para cada criterio analizado.
14. Seleccionar la pestaña 5. *Export*; luego, en el recuadro *Source*, marcar la opción *Last analysis results (results/*.csv)*.
15. Hacer clic en *Export*. Los resultados se enviarán a la carpeta seleccionada para guardar los archivos o, por defecto, se guardarán en la carpeta de *Results* del programa.
16. En la carpeta *Results* de ScientoPy_v2.1.3, descargada al inicio, se encontrarán los archivos de Excel con los resultados de cada análisis realizado según los criterios seleccionados. Con estos datos se podrán elaborar gráficos para su posterior análisis.

Nota: si se quiere analizar instituciones, el procesamiento debe realizarse de forma manual utilizando el archivo *Papers preprocessed*.



Interpretación de los resultados de ScientoPy

Al abrir la tabla de resultados, el *software* genera una matriz con indicadores estadísticos clave para la priorización. A continuación, se detalla la interpretación de cada columna con base en los datos del estudio de caso (Tabla 10):

ADY / APY (Average Document Year / Average Publication Year)*: corresponde al promedio ponderado de los años de publicación de los documentos asociados a una variable. Un valor alto y cercano al año límite superior indica que la mayoría de las publicaciones son recientes, lo cual define un frente de investigación activo. En el estudio de caso, el investigador Z. Idris registra el ADY más alto (0,57), debido a que su producción se concentra en el periodo reciente (2023-2024). Por el contrario, un promedio correspondiente a años anteriores sugiere una temática en fase de obsolescencia o madurez extrema.

AGR (Annual Growth Rate): corresponde al cálculo de la pendiente de crecimiento de la variable en el tiempo. Una variable con una pendiente positiva pronunciada representa una oportunidad tecnológica activa. Si la tasa de crecimiento anual supera el promedio del área, se sugiere priorizar la inversión en dicha línea para mantener la competitividad. En el caso de estudio, investigadores como Y. J. Chan y R. Sambanthamurthi registran un AGR positivo de 0,1, lo cual constata una actividad científica vigente hacia el cierre del ciclo.



H-index (índice h): es el indicador que mide el impacto científico y la madurez de la variable dentro del conjunto de datos analizado. Se calcula mediante el balance entre el volumen de documentos publicados y el número de citas recibidas. Un valor elevado identifica elementos consolidados y con alto respaldo académico. Para el caso analizado, Z. Idris lidera la muestra con un h-index de 4, lo cual lo consolida como el principal referente técnico frente a autores con menor impacto relativo.



Tabla 10. Fragmento de la matriz de resultados por autores en ScientoPy.

Pos.	Author	Total	AGR	ADY	H-index	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Idris, Z.	4	0	0,57	4	0	0	0	1	1	2	0
2	Chan, Y. J.	3	0,1	0,43	3	0	0	0	2	0	0	1
3	Loh, S. K.	3	0	0,43	3	0	0	0	1	1	1	0
4	Parveez, G. K. A.	3	0	0,43	3	0	0	0	1	1	1	0
5	Sambanthamurthi, R.	3	0,1	0,43	2	0	0	0	2	0	0	1
6	Abdullah, M. O.	2	0	0,29	2	0	0	0	1	1	0	0
7	Azhar, B.	2	0,1	0,29	1	0	0	1	0	0	0	1
8	Bakri, M. A. M.	2	0	0,29	1	0	0	0	1	1	0	0
9	Djarot, I. N.	2	0	0,29	2	0	0	0	0	1	1	0
10	Handayani, T.	2	0	0,29	2	0	0	0	0	1	1	0

Fuente: resultados del análisis por autores en ScientoPy.

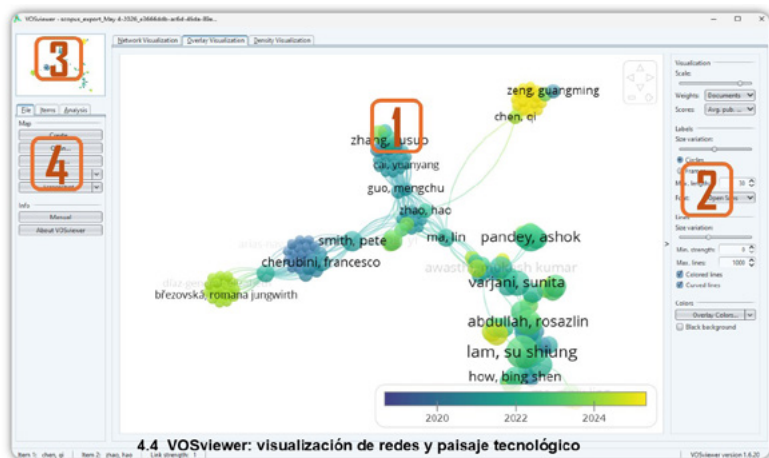
4.4. VOSviewer: visualización de redes y paisaje tecnológico

VOSviewer es una herramienta especializada que permite identificar cómo se conectan los temas, los autores y los países. Es especialmente útil para identificar clústeres*, grupos y el relacionamiento entre ellos (van Eck & Waltman, 2023; Kirby, 2023).

A Guía paso a paso para la operación de VOSviewer

Descargar VOSviewer desde el siguiente enlace:
<https://www.vosviewer.com/download>

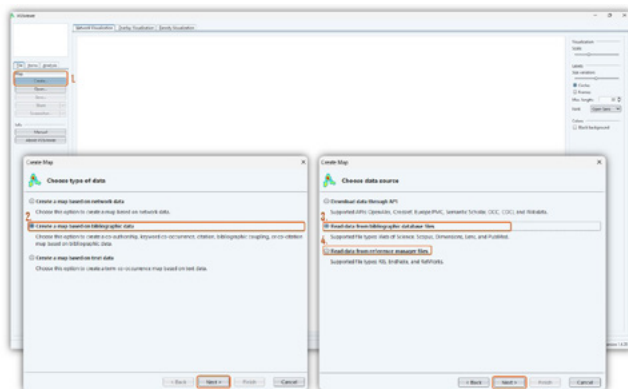
Luego de abrir VOSviewer es posible visualizar cuatro paneles en la ventana principal: 1) panel principal, 2) panel de opciones, 3) panel de descripción general y 4) panel de acción. A continuación, se detallan los pasos correspondientes a cada panel.



- **Panel principal:** presenta la visualización del mapa activo. Permite explorar el mapa en detalle mediante las funciones de acercamiento y desplazamiento en diferentes direcciones.

- **Panel de opciones:** permite realizar ajustes en la visualización del mapa activo que se muestra en el panel principal.
- **Panel de descripción general:** presenta una vista resumida del mapa activo. Un recuadro rectangular indica el área del mapa que se muestra en el panel principal.
- **Panel de acción:** permite realizar diferentes acciones, como crear un nuevo mapa, abrir o guardar un mapa existente, tomar una captura de pantalla y actualizar el diseño o la agrupación del mapa.

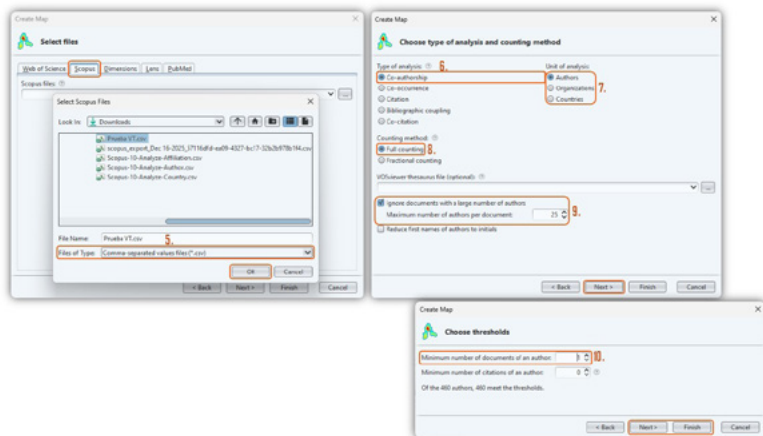
1. En el panel de acción, hacer clic en *Create*, en la ventana *File*.
2. Para crear el mapa de interés (p. ej., una red de colaboración entre autores o países) a partir del archivo .csv o .ris de Scopus descargado previamente, seleccionar *Create a map based on bibliographic data*. Hacer clic en *Next*.
3. Nota técnica: seleccionar *Read data from bibliographic dataset files*, opción establecida para trabajar con archivos en formato .csv de Scopus. Esta alternativa es elegida porque se trabaja con metadatos de publicaciones científicas (autores, citas y palabras clave) y no con archivos de texto plano.
4. Si se tiene un archivo con extensión .ris, seleccionar *Read data from reference manager files*. Hacer clic en *Next*.



5. Hacer clic en la pestaña de *Scopus* y seleccionar el archivo previamente descargado.
6. Para escoger el tipo y método de análisis, seleccionar según corresponda:
 - *Co-authorship*: para analizar redes de colaboración entre autores, organizaciones o países.
 - *Co-occurrence*: para analizar redes temáticas basadas en palabras clave (*keywords*). Este tipo de análisis permite visualizar el paisaje tecnológico.
7. En *Unit of analysis*, seleccionar el tipo de unidad correspondiente a la red de colaboración que se desea evaluar: autores, organizaciones o países.
8. En *Counting method*, seleccionar *Full counting*.

Nota: *Full counting* asigna un peso de 1 a cada aparición. Ejemplo: si un artículo tiene tres autores, cada uno recibe un punto. *Fractional counting* distribuye el peso entre los autores; en este caso, cada uno recibe 0,33. Este método se utiliza en análisis cuantitativos* muy estrictos, mientras que en vigilancia tecnológica se prioriza *Full counting* para ver la red de influencia total.

9. Mantener el número máximo de autores por documento establecido por defecto. Hacer clic en *Next*.
10. En *Choose threshold*, ingresar 1 para realizar un análisis exhaustivo o un valor entre 5 y 10 para reducir el ruido. Hacer clic en *Next* y, posteriormente, en *Finish*.



11. Seleccionar una de las tres pestañas para visualizar los resultados en el panel principal según el interés del análisis: *Network Visualization* (identifica los temas que forman un grupo), *Overlay Visualization* (visualiza la evolución de un tema) o *Density Visualization* (identifica las áreas que concentran la mayor cantidad de publicaciones).

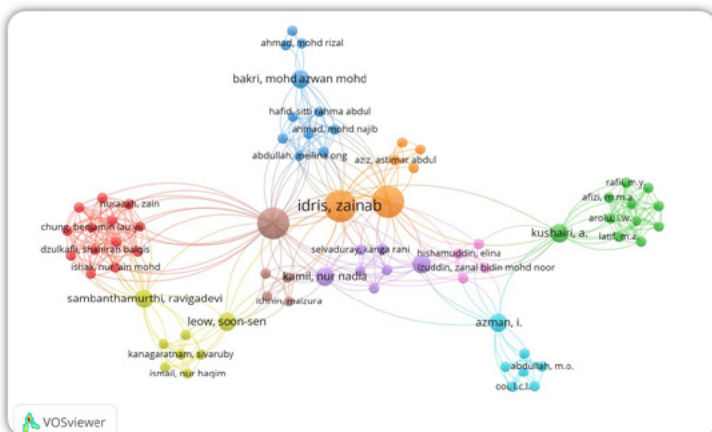
A continuación, se detallan en mayor profundidad.

- **Network Visualization (visualización de red):** se utiliza para visualizar la estructura de la red, los clústeres y las relaciones existentes en la red. Se basa en las agrupaciones. En este caso, cuanto más frecuente es un término, más se visibiliza el tamaño del nodo. Asimismo, los nodos más cercanos indican una relación más fuerte (mayor peso de enlace). Esta opción permite identificar comunidades temáticas y visualizar las conexiones entre palabras clave o autores.
- **Overlay Visualization (visualización de superposición):** se enfoca en el tiempo, la evolución o puntuaciones específicas, y genera una red a lo largo del tiempo. Esta red es idéntica a la *Network Visualization*, pero en lugar de

utilizar colores por grupos (clústeres), la escala cromática tiene como propósito mostrar métricas, como el año promedio de publicación. Esto permite identificar temas emergentes o consolidados, y cuál es el impacto.

- **Density Visualization (visualización de densidad):** proporciona un mapa de densidad del área de investigación, mediante una escala de intensidad y concentración de los elementos. Permite identificar rápidamente áreas de alta densidad (*hotspots*), donde se concentra un mayor número de elementos (nodos) y existe una fuerte interconexión.

12. En el panel de opciones, realizar los ajustes de visualización del mapa activo, como el tamaño de los nodos, el tamaño de las fuentes y los colores, entre otros.
13. En el panel de acciones, hacer clic en *Screenshot*. Se desplegará un menú que permite guardar la imagen en diferentes formatos (.jpg, .svg, .png, .pdf, etc). También es posible copiar directamente la imagen y configurar las opciones de descarga.





- 
- CASO DE ESTUDIO**



- **Líneas (enlaces):** representan la fuerza de la relación, la asociación y la cooperación entre dos variables; en este caso, la frecuencia de publicaciones conjuntas. Una línea de mayor grosor denota una colaboración interinstitucional robusta. En el caso de estudio, la proximidad y el enlace marcado entre Parveez, con Loh e Idris evidencian un canal de trabajo científico consolidado y activo.



- **Colores (clústeres):** en la visualización de la red, el color de cada nodo identifica el periodo promedio en el cual el autor concentró su producción científica en el nicho analizado. Los tonos oscuros (azules y morados) señalan conocimiento inicial o autores cuya actividad principal ocurrió hacia 2016-2018 (como se observa en el núcleo periférico de Ramli y Fawcett). Por otro lado, las tonalidades claras, verdes y amarillas (como las asignadas a Idris, Kamil y Leow) identifican a los frentes de investigación activos con las publicaciones más recientes hacia el periodo 2022-2024. Por lo tanto, este componente define las líneas de cooperación prioritarias para el establecimiento de alianzas por parte de Cenipalma.

4.5. SciMAT: evolución longitudinal y mapas estratégicos

SciMAT (*Science Mapping Analysis Tool*) es una solución de *software* diseñada para mapear la evolución de los temas científicos a través del tiempo, lo que permite identificar cómo un campo de conocimiento emerge, madura o declina (Cobo *et al.*, n. d.; Cobo *et al.*, 2012). A diferencia de otras herramientas, el análisis con SciMAT requiere una rigurosa fase de preprocesamiento de los datos, en la que el investigador actúa como curador para agrupar sinónimos y variantes léxicas, y evitar, de esta manera, que el programa fragmente un mismo concepto en diferentes nodos (Tabla 11).

Tabla 11. Fases del procesamiento en SciMAT.

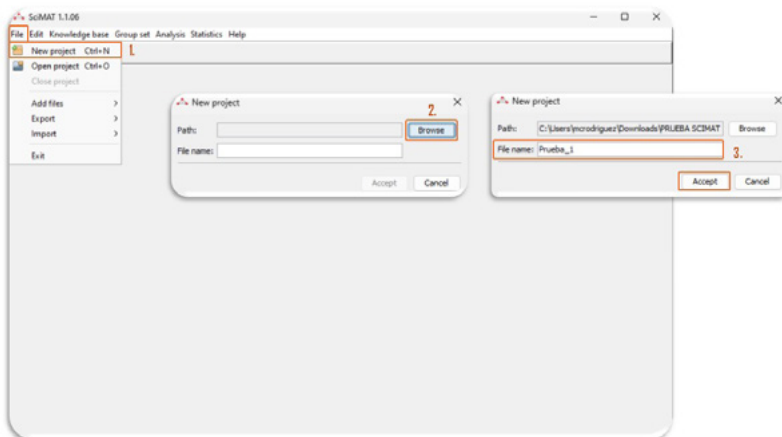
Etapa	Acción del investigador	Importancia
1. Preprocesa- miento (<i>Preprocessing</i>)	Limpiar los datos: agrupar términos equivalentes; por ejemplo, “Oil Palm” y “Elaeis guineensis”.	Evita la fragmentación del análisis y asegura la integridad estadística de los nodos.
2. División de periodos (<i>Period Division</i>)	Segmentar la base de datos en rangos cronológicos; por ejemplo, 2019-2020/2021-2023/2024-2026.	Permite observar el flujo dinámico y el desplazamiento de las fronteras del conocimiento.
3. Diagrama estratégico (<i>Strategic Diagram</i>)	Configurar la matriz de coocurrencia para generar los cuadrantes estratégicos.	Clasifica los temas según su centralidad (relevancia externa) y densidad (desarrollo interno).
4. Evolución temática (<i>Evolutionary Map</i>)	Vincular los clústeres de diferentes periodos mediante los índices de Jaccard o de inclusión.	Permite identificar la evolución, fusión o desaparición de temas.
5. Análisis de superposición (<i>Overlap Map</i>)	Evaluar la ganancia o la pérdida de palabras clave entre periodos consecutivos.	Permite medir el grado de renovación o estabilidad de la disciplina científica.

Fuente: elaboración propia basada en Cobo *et al.* (n. d.) y Cobo *et al.* (2012).

A Guía paso a paso para la operación de SciMAT

Como primera medida, es necesario descargar SciMAT desde el siguiente enlace: <https://sci2s.ugr.es/scimat/download.html>. A continuación, hacer clic en *zip file*, descomprimir el archivo y abrir el ejecutable *SciMat*.

1. Hacer clic en *File* y, posteriormente, en *New Project*.
2. En la ventana emergente, hacer clic en *Browser* y seleccionar la ubicación donde se almacenará el nuevo proyecto.
3. Asignar nombre al proyecto y, luego, hacer clic en *Accept*.



4. Los datos pueden importarse de dos formas: con el formato .ris (4) o el formato .csv (4*), previamente descargados de Scopus. Para importar los datos, hacer clic en *File*, seleccionar *Add file* y, luego, el formato que se desea utilizar, ya sea *In Ris (May 2014 format)* (4) o *In Csv format* (4*).

Nota: para los archivos en formato .csv (4**) descargados de Scopus se debe realizar un pretratamiento de los datos, debido a que SciMAT requiere una estructura específica. Para ello, se recomienda crear un nuevo archivo de Excel que contenga las siguientes columnas, extraídas del archivo original de Scopus:

ID | Title | Authors | Affiliation | Abstract | Type | Citations | Journal | Doi | Volume | Issue | BeginPage | EndPage | Year | FullPublishDate | SourceKeywords | AuthorKeywords | References | SubjectCategories | SourceID

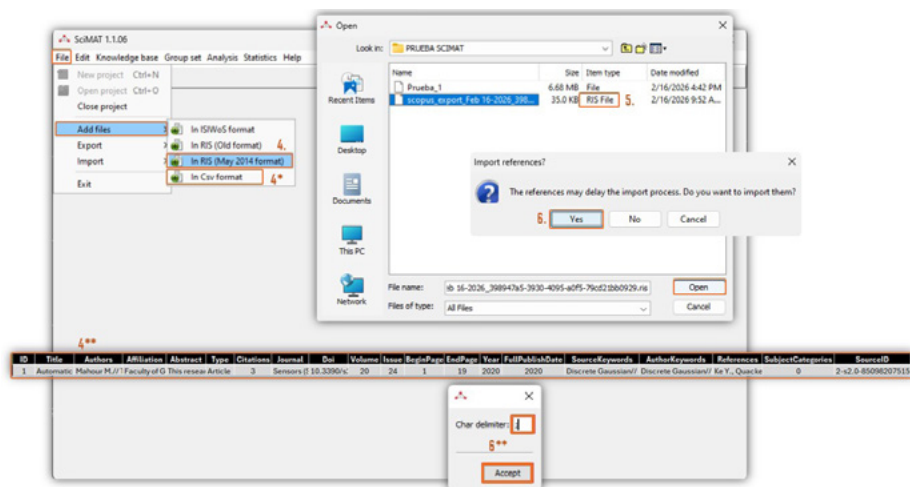
Para tener en cuenta:

- Las columnas *Authors*, *Affiliation*, *SourceKeywords* y *AuthorKeywords* deben utilizar el separador //. Para ello, seleccionar las columnas correspondientes y reemplazar ; por //.
- El campo *Type* puede generalizarse como *Article*. Sin embargo, si el conjunto de datos tiene diferentes tipos de documentos (*article*, *book*, *conference...*), puede usar los que correspondan.
- Las celdas vacías de *Citations*, *Doi*, *Volumen*, *Issue*, *BeginPage* y *Endpage* deben reemplazarse por 0.
- La columna *FullPublishDate* puede tener el mismo valor que la columna *Year*.
- Las columnas *References* y *SubjectCategories* puede dejarse en 0.
- La columna *SourceID* se debe completar con el identificador *EID*.

- Se recomienda no incluir *SourceKeywords*, ya que las palabras clave proporcionadas por la base de datos pueden no ser suficientemente precisas y generar ruido en los resultados.
- Cuando *AuthorKeywords* no están incluidas en la base de datos, deben agregarse manualmente, porque su ausencia puede impedir que los artículos sean considerados en determinados análisis.
- Una vez esté listo el archivo en Excel, se debe guardar en formato .csv, delimitado por comas.

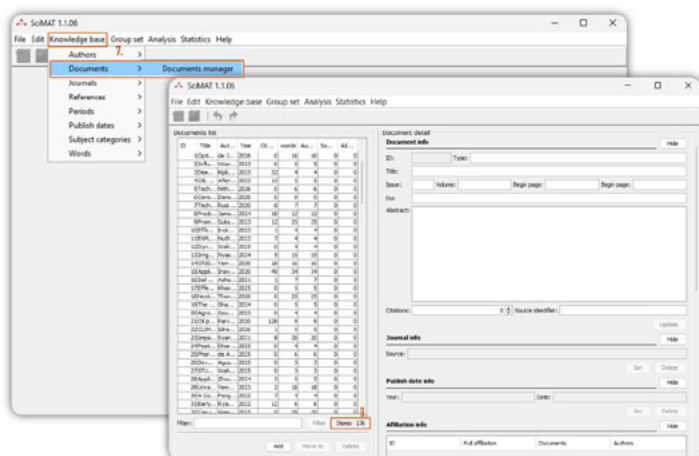
5. Una vez seleccionado el archivo en formato .ris o .csv, hacer clic en *Open*.

6. En la ventana emergente con el mensaje *The references may delay the import process. Do you want to import them?* seleccionar *Yes* (6). Si el formato elegido fue .csv, digitar ; en el campo *Char delimiter* y, luego, hacer clic en *Accept* (6**).

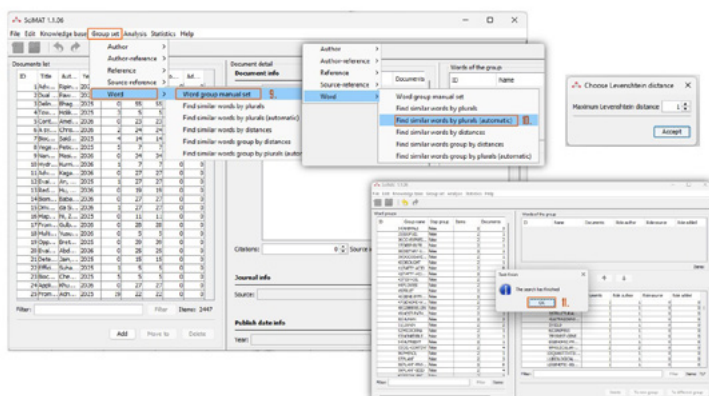


7. Para verificar que el archivo se cargó correctamente, hacer clic en *Knowledge base*; luego, en *Documents* y, posteriormente, en *Documents manager*.

8. Cerciorarse de que en *Items* la cantidad de documentos corresponda a la registrada en el archivo original descargado de Scopus.



9. Debido a que el análisis de SciMAT está relacionado con la distribución de las temáticas de la búsqueda, es necesario agrupar las palabras clave. Para ello, hacer clic en la siguiente secuencia: *Group set, Word, Word group manual set*.
10. Una vez generado el listado de palabras clave, hacer clic en la siguiente ruta: *Group set, Word, Find similar words by plurals (automatic)*. Este proceso puede tardar unos minutos.
11. En la ventana emergente con el mensaje *The search has finished*, hacer clic en *OK*.



12. Hacer clic en la siguiente secuencia: *Group set, Word, Find similar words by distances*.

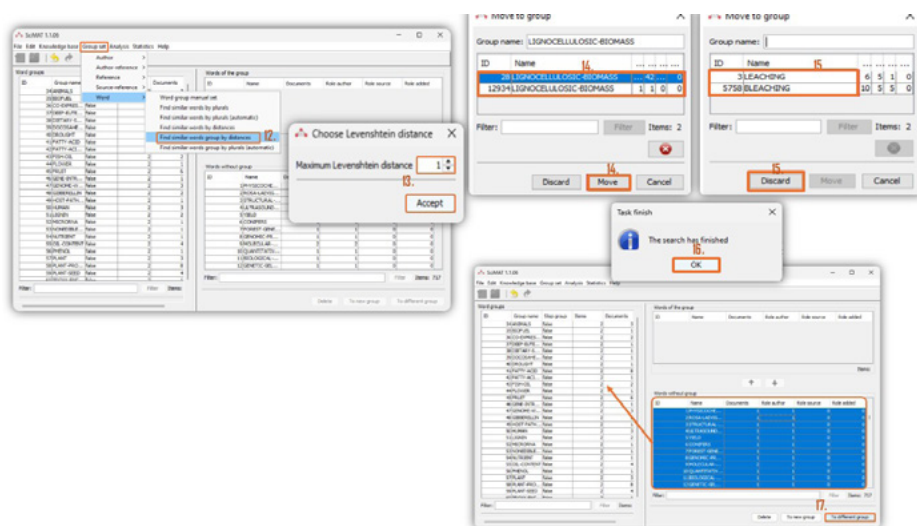
13. En la ventana emergente, introducir 1 en *Maximum Levenshtein distance* y hacer clic en *Accept*.

La distancia de *Levenshtein* mide el número de cambios de un solo carácter necesarios para que una palabra sea igual a otra. Establecer el valor de 1 permite agrupar términos casi idénticos y reducir el riesgo de combinar conceptos diferentes.

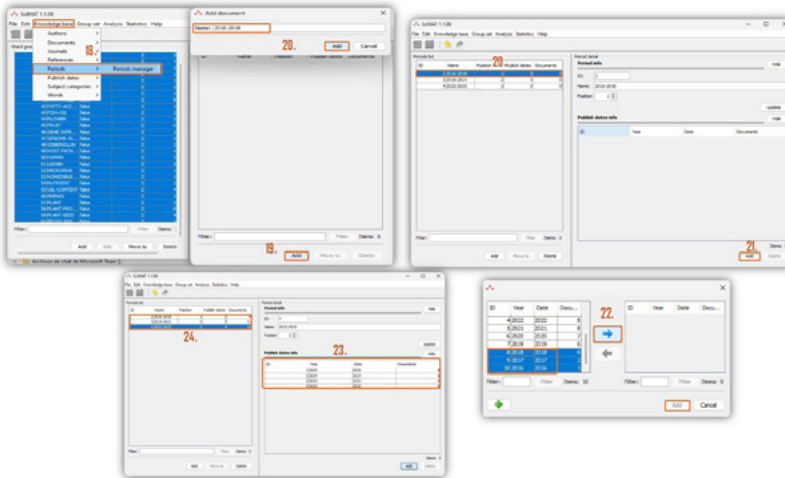
14. Seleccionar *Move* para palabras relacionadas con el fin de agruparlas.

15. Seleccionar *Discard* para las palabras no relacionadas, de modo que no se incorporen al grupo en construcción.

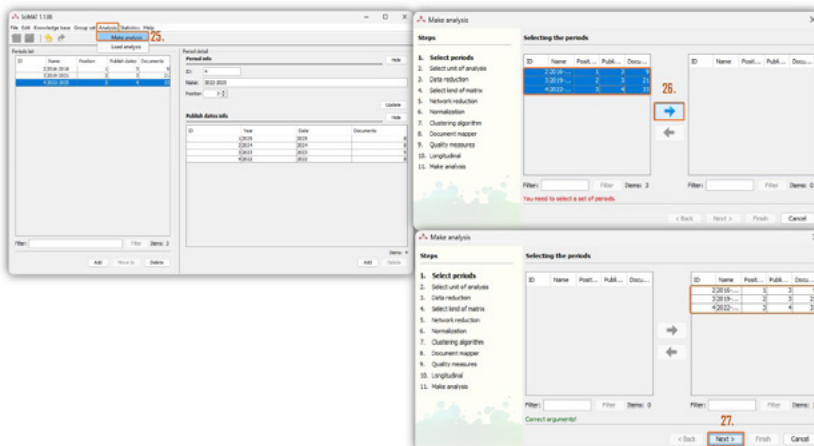
16. Una vez finalizado el proceso de agrupación, surgirá una ventana con el mensaje *The search has finished*. Hacer clic en *OK*.



17. Al finalizar las agrupaciones, seleccionar todas las palabras restantes, ubicadas en la parte inferior derecha, y hacer clic en *To different group*.
18. El último paso antes de realizar el análisis es crear los periodos de tiempo; para ello, hacer clic en la siguiente secuencia: *Knowledge base, Periods y Periods manager*.
19. Hacer clic en *Add* en la parte inferior izquierda.
20. En la ventana emergente, escribir el nombre del periodo que se desea evaluar y hacer clic en *Add*. Repetir el procedimiento para cada periodo que se quiera incluir. La definición de los periodos queda a criterio del investigador.
21. Para asignar los documentos a cada periodo, seleccionar el periodo correspondiente y hacer clic en *Add*.
22. En la ventana que se abre, seleccionar los años correspondientes al periodo, hacer clic en la flecha azul y, posteriormente, en *Add*.
23. Revisar que los respectivos documentos hayan sido incluidos en el periodo seleccionado.
24. Repetir los pasos 20 a 23 para cada periodo definido. Finalmente, cerciorarse de que cada periodo tenga asociados los documentos correspondientes a sus respectivos rangos de fechas.



25. Para realizar el análisis, hacer clic en *Analysis* y, luego, en *Make analysis*.
26. En la nueva ventana, seleccionar los periodos que se desean incluir en el análisis y hacer clic en la flecha azul.
27. Revisar que todos los periodos hayan sido incluidos y hacer clic en *Next*.

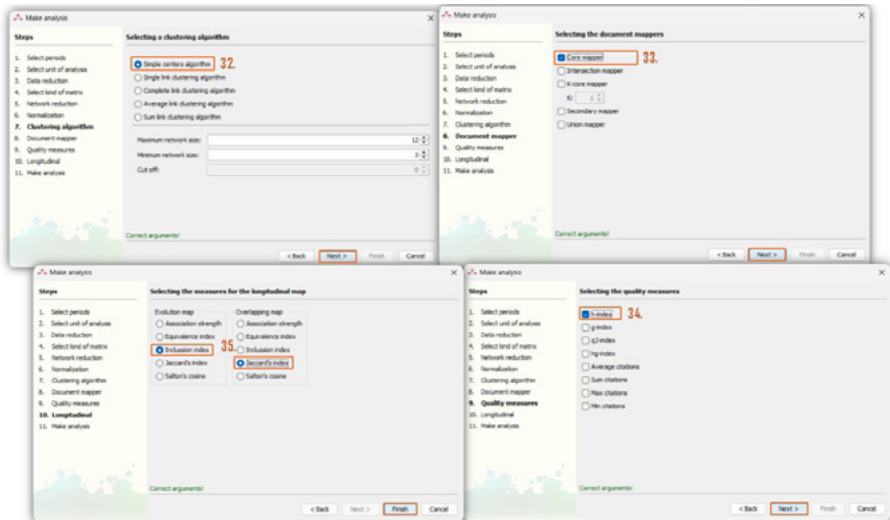


28. Para seleccionar la unidad de análisis, hacer clic en la siguiente secuencia: *Select unit of analysis*, *Words*, *Author's words* y *Next*. Debido a la gran cantidad de palabras clave, se recomienda establecer un valor de 2 como frecuencia de reducción para cada periodo; la reducción de datos con esta frecuencia mínima permite excluir los términos que aparecen una sola vez y concentrar el análisis en temas con respaldo científico recurrente.
29. En *Data reduction*, en el panel correspondiente a cada periodo analizado, activar la casilla *Frequency reduction* y establecer un valor de 2 en el parámetro *Minimum frequency*. Este umbral mínimo responde a la necesidad metodológica de filtrar el ruido documental, ya que esta acción elimina aquellos términos que aparecen únicamente una vez en todo el periodo y posibilita que el mapa estratégico se concentre de forma exclusiva en las palabras clave con una representatividad real y una capacidad para estructurar redes consolidadas.
30. Para la clase de matriz, dar clic en la siguiente secuencia: *Select kind of matrix*, *Co-occurrence* y *Next*.

Esta opción permite analizar la aparición conjunta de dos palabras en un documento, lo que permite identificar la estructura temática de la investigación.

31. Para la medida de normalización, dar clic en la siguiente secuencia: *Normalization*, *Equivalence index* y *Next*.

La adopción de este criterio se fundamenta en la eficiencia matemática para el análisis de redes de coocurrencia de palabras (redes que miden la aparición simultánea de dos términos en un mismo documento). Su aplicación permite normalizar los datos y neutralizar el sesgo de publicación, lo cual impide que aquellos artículos con un volumen excesivo de palabras clave distorsionen el peso real de los enlaces en la estructura.



32. Para el algoritmo de agrupación, seleccionar las opciones y los valores de esta secuencia: *Clustering algorithm*, *Simple centers algorithm*, *Maximum network size* 12 y *Minimum network size* 3. Estos valores permiten evitar que los clústeres sean demasiado grandes que resulten difíciles de interpretar o demasiado pequeños que carezcan de relevancia estratégica.

33. En el mapeador de documentos (*Document mapper*), hacer clic en *Core mapper* y, luego, en *Next*. Esta opción se enfoca en el núcleo de los temas, reduce el ruido de conexiones débiles o periféricas, y permite generar un mapa estratégico elegible, centrado en los conceptos que definen la estructura del conocimiento analizado.

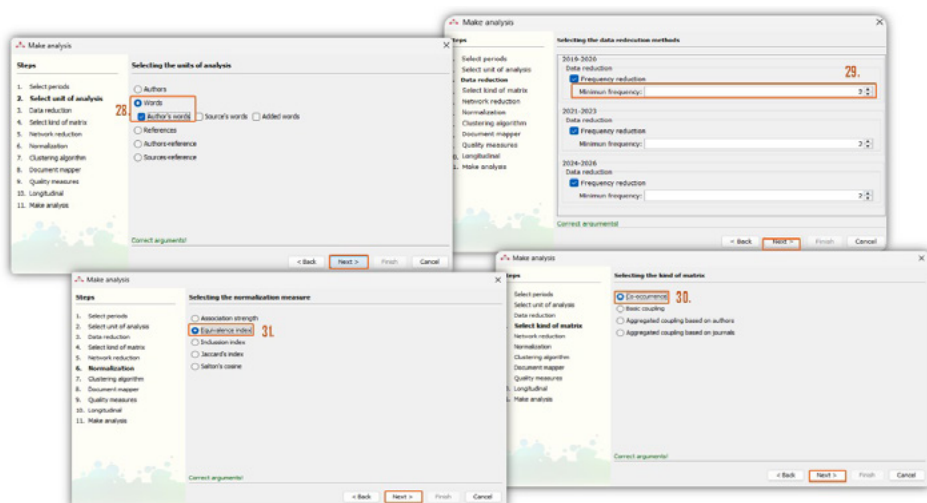
34. En la medida de calidad (*Quality measures*), seleccionar *h-index* y, luego, hacer clic en *Next*.

El índice H se emplea para evaluar conjuntamente la productividad y el impacto científico, ya que equilibra el volumen de publicaciones con el número de citas recibidas; esto evita que un único documento atípico con un número

excepcionalmente elevado de citas sesgue la relevancia real de un tema.

35. Para generar el mapa longitudinal, hacer clic en la siguiente secuencia: *Longitudinal*, *Inclusion index*, *Jaccard's index* y *Finish*.

La selección de estos índices se debe principalmente a sus funciones. El *Inclusion index* permite detectar si un tema de un periodo está contenido en otro de un periodo anterior, lo que facilita el seguimiento de la migración de conceptos. Por su parte, el *Jaccard's index* mide el grado de similitud entre dos conjuntos de una manera más estricta.



36. En la nueva ventana, establecer el nombre del análisis y la ubicación en la que se guardará.
37. En la pestaña *Longitudinal view* se podrán observar los resultados correspondientes al mapa de superposición y al mapa de evolución temática.

38. En la pestaña *Period view* es posible ver las agrupaciones y el diagrama estratégico de las temáticas analizadas.
39. Finalmente, para guardar los diferentes resultados del análisis (clústeres con sus respectivas gráficas y artículos), hacer clic en *File* y, luego, en *Export to HTML (full)*.



B Interpretación del diagrama estratégico

El diagrama estratégico generado por SciMAT constituye una herramienta bidimensional de análisis cartográfico, que permite clasificar los conceptos científicos evaluados según su nivel de desarrollo y relevancia estructural. El plano está conformado por dos ejes fundamentales: el eje horizontal (x), el cual mide la centralidad o el grado de interacción de una red con otras comunidades temáticas, y el eje vertical (y), que cuantifica la densidad o el nivel de desarrollo interno de la red (Cobo *et al.*, n. d., Cobo *et al.*, 2012).

La intersección de estos dos ejes divide el diagrama en cuatro cuadrantes, que facilitan la categorización y la priorización de

las líneas tecnológicas en el informe de vigilancia tecnológica (Figura 18). Asimismo, esta representación puede orientar la toma de decisiones y la asignación eficiente de recursos en I+D (Gibbin *et al.*, 2023; Rodríguez-Cruz & Rivera-Méndez, 2026).

A continuación, se detalla la interpretación de cada cuadrante con base en esta segmentación y su respectiva lógica de inversión sectorial:

- 1. Temas motor – cuadrante I (superior derecho):** corresponde a temas de alta densidad y centralidad; es decir, temas bien desarrollados y maduros. Constituyen núcleos relevantes de la búsqueda. Desde la perspectiva de inversión, resulta prioritario invertir en los temas de este cuadrante para mantener la competitividad y el liderazgo del sector, mediante el perfeccionamiento de los procesos actuales con tecnología de vanguardia.
- 2. Temas nicho – cuadrante II (superior izquierdo):** corresponde a temas muy especializados o aislados, que tienen una alta madurez interna, pero baja conexión global. Representan posibles ventajas competitivas específicas o concentradas en pocos autores. Desde la perspectiva de la planificación, resulta pertinente destinar recursos a estos temas si abordan una barrera crítica o una oportunidad específica del entorno nacional que no ha sido suficientemente atendida a escala mundial, con el fin de prevenir el riesgo de aislamiento tecnológico.
- 3. Temas emergentes o en declive – cuadrante III (inferior izquierdo):** corresponde a temas con baja densidad y centralidad, que pueden encontrarse en una fase inicial de desarrollo o en declive. Estos temas se distinguen por su APY. Si este indicador es bajo, es un tema que la ciencia está abandonando; por el contrario, si los temas evidencian un crecimiento acelerado, representan áreas de investigación con potencial de desarrollo y oportunidades de inversión

más rentable a largo plazo, ya que permiten generar capacidades propias y atraer talento antes de que la industria quede obsoleta.

4. Temas básicos – cuadrante IV (inferior derecho): temas transversales y relevantes, pero con un ritmo de innovación científica estabilizado o un bajo nivel de desarrollo interno. En este cuadrante, los recursos pueden orientarse a estandarizar y transferir el conocimiento.

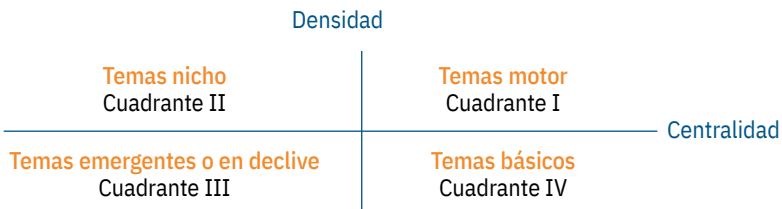


Figura 18. Diagrama estratégico de SciMAT: clasificación de temas según su centralidad y densidad.

Fuente: adaptado de Cobo *et al.* (2012).



Interpretación del estudio de caso aplicado: análisis evolutivo y estratégico en SciMAT



El análisis longitudinal del estudio de caso *Mejora de la productividad en la palma de aceite* abarcó el periodo comprendido entre 2019 y 2026, segmentado en tres subperiodos de análisis para identificar las transiciones conceptuales y la dinámica de las líneas tecnológicas. La base de datos procesada presenta los siguientes resultados.

Análisis dinámico y clasificación de clústeres por periodos históricos

El procesamiento de las redes de coocurrencia permite clasificar los clústeres temáticos correspondientes a cada periodo

y aplicar la matriz de priorización junto con la lógica de inversión sectorial:

- Periodo inicial: 2019–2020 (fase de cimentación científica)**
Durante este periodo, el mapa estratégico refleja una concentración en temas relacionados con la ciencia básica, el análisis molecular y la caracterización del producto. La estructura de las redes temáticas es simplificada, con un alto nivel de madurez interna y conectividad (Figura 19).

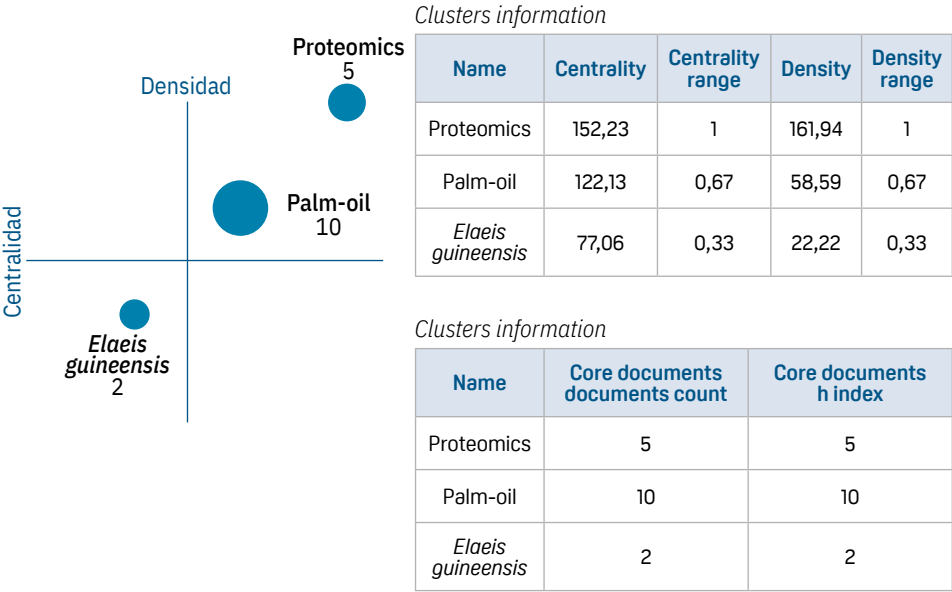


 **Figura 19.** Diagrama estratégico del estudio de caso sobre la mejora de la productividad en la palma de aceite en el periodo 2019-2020.
Fuente: resultados generados por SciMAT

Temas motor – cuadrante I (superior derecho): este cuadrante concentra la dinámica de investigación del periodo mediante dos clústeres fundamentales que lideran el desarrollo técnico sectorial. El clúster PROTEOMICS registra los niveles más altos de centralidad (152,23) y densidad (161,94).

Desde la perspectiva de inversión, este nodo acumuló esfuerzos para dominar el estado del arte molecular, razón por la cual sirve como plataforma de conocimiento biotecnológico avanzado. Por otro lado, el clúster PALM-OIL también se posiciona como tema motor, respaldado por el mayor volumen de producción científica del periodo con 10 documentos asociados, una centralidad de 122,13 y una densidad de 68,59. A diferencia de los periodos posteriores, en los que se posiciona como tema básico, en esta fase inicial presenta una alta densidad de desarrollo interno y consolida los parámetros fundamentales del cultivo y la extracción del aceite.

Temas emergentes o en declive – cuadrante III (inferior izquierdo): el clúster ELAEIS-GUINEENSIS se ubica en este sector, con valores bajos de centralidad (77,06) y densidad (22,22), al registrar únicamente dos documentos asociados. Este comportamiento refleja una etapa de baja articulación de la nomenclatura taxonómica genérica en la red de coocurrencia, previa a la diversificación conceptual observada en los años posteriores.

- **Periodo de transición: 2021–2023**
(fase de digitalización e industrialización)

Este periodo marca un desplazamiento de la investigación hacia la modelación matemática, la optimización estadística y el análisis de procesos industriales complejos, y evidencia una mayor diversificación de la topología temática de la red (Figura 20).

Temas motor – cuadrante I (superior derecho): las redes presentan dos clústeres esenciales que guían el núcleo científico maduro del sector. El clúster NONHUMAN alcanza la máxima centralidad del periodo (213,09) y una densidad elevada (148,61), lo que indica la consolidación de estudios transversales. El clúster PETROLEUM-INDUSTRY, por su parte, se ratifica como un tema motor con una centralidad de 122,75

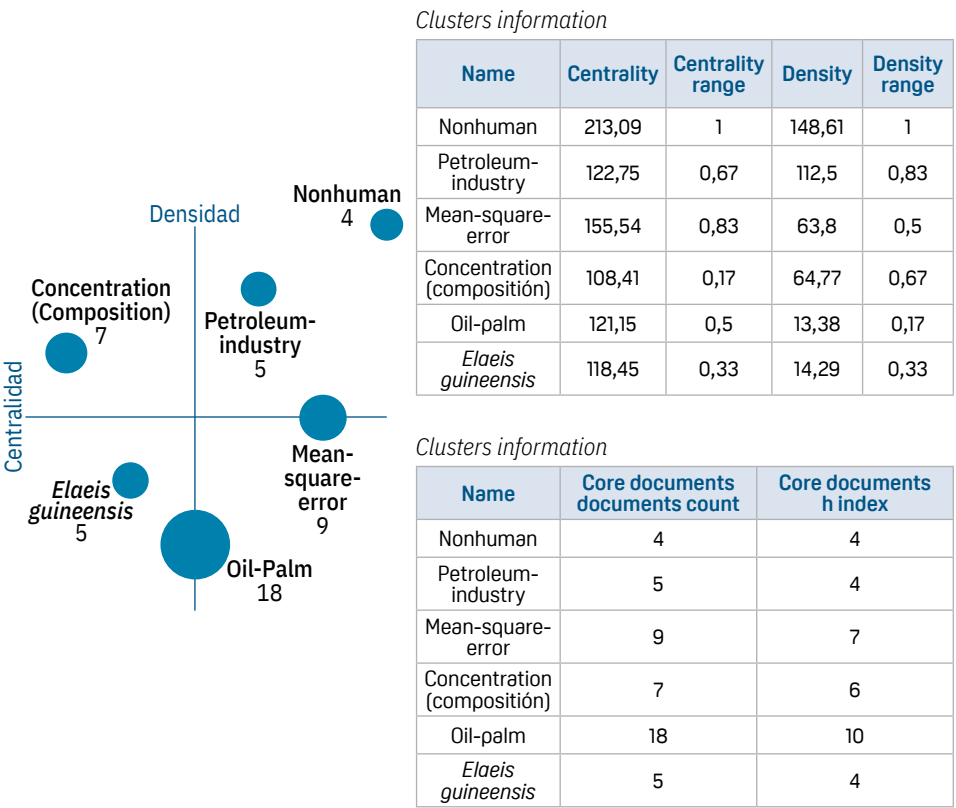


Figura 20. Diagrama estratégico del estudio de caso sobre la mejora de la productividad de la palma de aceite en el periodo 2021-2023.
Fuente: resultados generados por SciMAT.

y una densidad de 112,5. Desde la perspectiva de la planificación sectorial, este nodo asocia la producción con dinámicas de escala industrial y estándares globales de refinamiento.

Temas nicho – cuadrante II (superior izquierdo): el clúster CONCENTRATION-(COMPOSITION) se ubica en este cuadrante y presenta una densidad de 64,77 y una centralidad de 108,41, con siete documentos asociados. Este resultado evidencia un enfoque especializado y aislado en la caracterización fisicoquímica y composición del aceite por laboratorios técnicos específicos.

Temas emergentes o en declive – cuadrante III (inferior izquierdo): el clúster ELAEIS-GUINEENSIS se posiciona en este sector, con niveles bajos de centralidad (118,45) y densidad (14,29). Este nodo se mantiene en una periferia de transición científica, lo que refleja que las investigaciones enfocadas en la clasificación descriptiva o biología básica de la especie han perdido centralidad, lo que da paso a enfoques más aplicados. Por ende, no logran una densidad conceptual robusta dentro del subperiodo.

Temas básicos – cuadrante IV (inferior derecho): este bloque concentra el soporte logístico de la investigación y destaca dos componentes estructurales. El clúster MEAN-SQUARE-ERROR se consolida con una alta centralidad (155,54), pero presenta un desarrollo interno moderado (densidad: 63,80), asociado a nueve documentos. Este hecho metodológico fundamenta la introducción de la analítica de datos, algoritmos de predicción numérica y *Machine Learning* como herramientas fundamentales compartidas por múltiples líneas de investigación. Por otro lado, el concepto OIL-PALM se ratifica como el eje con mayor volumen absoluto de producción científica del periodo, con 18 documentos asociados. Al carecer de un despliegue especializado interno (densidad: 13,38), su función es puramente conectiva y actúa como la plataforma de soporte institucional sobre la cual se articulan las demás aplicaciones técnicas.

- **Periodo contemporáneo: 2024–2026 (fase de maduración agroindustrial y sostenibilidad)**

El escenario actual muestra una evolución consolidada hacia temas relacionados con la sostenibilidad del territorio, la optimización operativa del cultivo y la bioeconomía de valor agregado, con los componentes de la red distribuidos en posiciones estratégicas bien definidas (Figura 21).

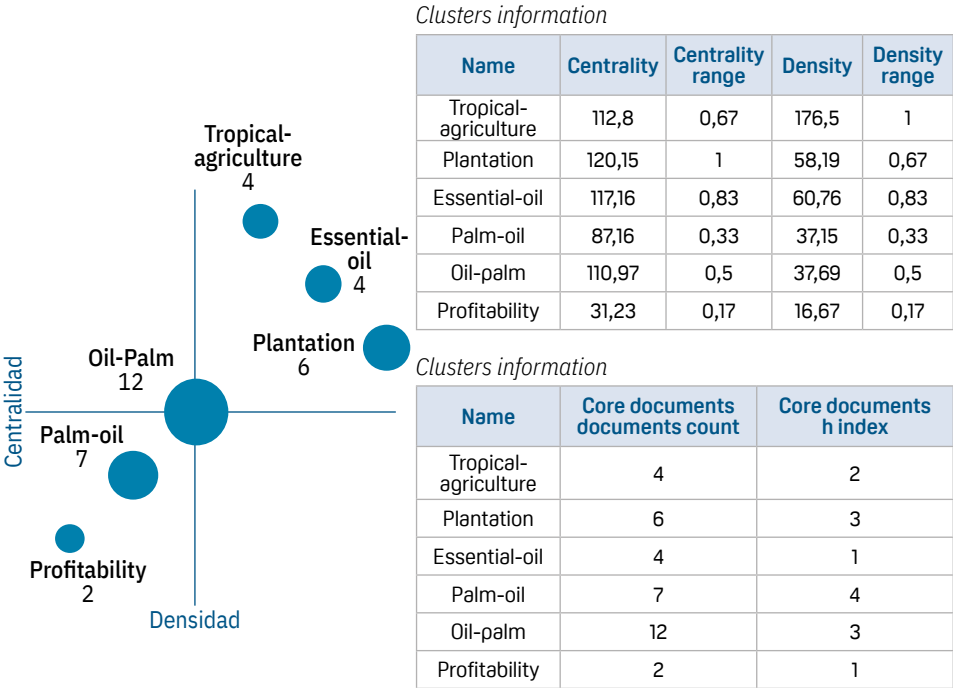


Figura 21. Diagrama estratégico del estudio de caso sobre la mejora de la productividad en la palma de aceite en el periodo 2024–2026.
Fuente: resultados generados por SciMAT.

Temas motor – cuadrante I (superior derecho): este cuadrante evidencia una dominancia compartida por tres clústeres que marcan la vanguardia y el estado del arte de la agroindustria del sector palmicultor. El clúster TROPICAL-AGRICULTURE registra la mayor densidad del periodo (176,50) con una centralidad de 112,80. La investigación de frontera se concentra firmemente en la resiliencia productiva y en los contextos macroambientales del cultivo. El clúster PLANTATION alcanza la mayor conectividad con una centralidad de 120,15, una densidad de 58,19 y seis documentos asociados, lo cual refleja que el manejo agronómico directo y las prácticas de plantación constituyen un eje consolidado indispensable para el sector. Por su parte, el clúster ESSENTIAL-OIL se ratifica como motor con una centralidad de 117,16 y una

densidad de 60,76. Desde la perspectiva de inversión institucional, este nodo demanda recursos enfocados en tecnologías de precisión para el aprovechamiento de subproductos de alto valor, con el propósito de sostener la ventaja competitiva global de Cenipalma en el ámbito de la bioeconomía.

Temas emergentes o en declive – cuadrante III (inferior izquierdo): este sector reúne aquellas líneas con menor dinamismo o en proceso de reestructuración conceptual. El clúster PALM-OIL se ubica en este cuadrante con una centralidad de 87,31, una densidad de 37,15 y siete documentos asociados. Esta transición metodológica no refleja un abandono del producto, sino una pérdida de su densidad investigativa de forma aislada, ya que sus términos fueron absorbidos por redes más complejas y específicas de la agroindustria. El clúster PROFITABILITY registra los valores más bajos de centralidad (31,23) y densidad (16,67) del periodo. Estos valores indican el declive de la viabilidad financiera como variable de estudio independiente dentro de la ciencia pura; la rentabilidad económica actual se integra de manera implícita y transversal en los grandes proyectos de sostenibilidad y optimización operativa.

Nodo de convergencia central (origen del plano cartesiano): el concepto corporativo OIL-PALM se posiciona estratégicamente en la intersección absoluta de los ejes, registra rangos equivalentes de 0,5 tanto en centralidad (110,97) como en densidad (37,69) y acumula el mayor volumen de producción científica con 12 documentos. Al operar como el nodo pivote del diagrama estratégico, su función es articular y equilibrar la transferencia del conocimiento acumulado entre los temas motor de frontera y las demandas operativas del campo, lo cual sirve de puente para transformar las teorías científicas estables en rutinas estandarizadas para el palmicultor.



En síntesis, la evaluación longitudinal del estudio de caso valida la capacidad de la herramienta SciMAT para mapear, de forma objetiva, la evolución de las

temáticas e identificar la transición del sector desde enfoques asociados con la ciencia molecular básica hacia un modelo gobernado por la sostenibilidad y la analítica transversal. La migración posicional de los componentes analizados demuestra que los macroconceptos corporativos de la industria actúan actualmente como los ejes de convergencia y articulación técnica indispensables para el entorno productivo. De este modo, el comportamiento observado suministra la justificación técnica requerida para guiar la asignación de recursos institucionales en I+D hacia el financiamiento concentrado, de manera eficiente, en las tecnologías de precisión y la transferencia directa hacia el palmicultor.

4.6. Bibliometrix (Biblioshiny): integración multidimensional y evolución temática

Bibliometrix es un ecosistema de análisis bibliométrico basado en el lenguaje R, cuya interfaz Biblioshiny permite procesar datos bibliográficos de forma interactiva y visual. Su valor diferencial reside en la capacidad de realizar una síntesis multidimensional, que integra métricas de producción, colaboración e impacto en un mismo flujo de trabajo (Aria & Cuccurullo, 2017). A diferencia de otras herramientas, Biblioshiny se destaca por sus capacidades de visualización y análisis a través de:

- **Diagramas de Sankey:** visualizaciones de flujo que muestran la transición y la evolución de los temas entre diferentes periodos.
- **Mapas historiográficos:** representaciones cronológicas que permiten rastrear la evolución de las ideas y los trabajos seminales que han contribuido al desarrollo de una tecnología.
- **Análisis de tres campos:** mapas relacionales que permiten explorar las conexiones entre autores, instituciones y palabras clave, con el fin de analizar la estructura social y conceptual de la investigación.

Es una de las herramientas más completas para la comunicación de resultados, ya que transforma bases de datos complejas en gráficos intuitivos que facilitan la comprensión del panorama científico para los tomadores de decisiones (Aria & Cuccurullo, 2017).

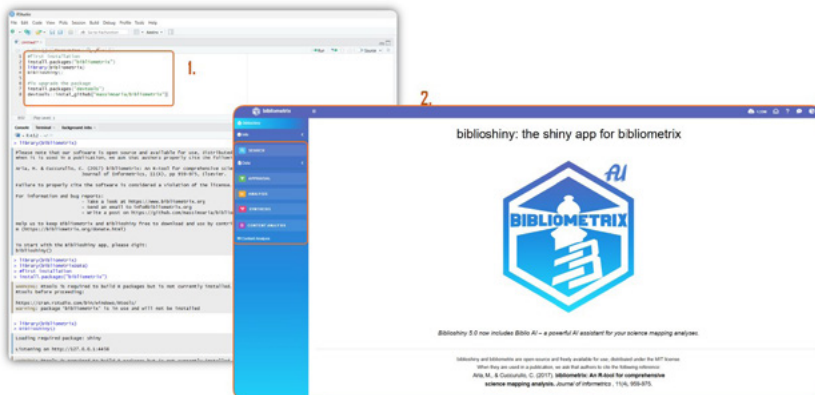
A Guía paso a paso para la operación de Biblioshiny (sin código)

1. Activar la interfaz: una vez instalados R y RStudio, ejecutar los siguientes comandos básicos para abrir la plataforma en el navegador predeterminado:

```
# first installation
install.packages("bibliometrix")
library(bibliometrix)
biblioshiny()

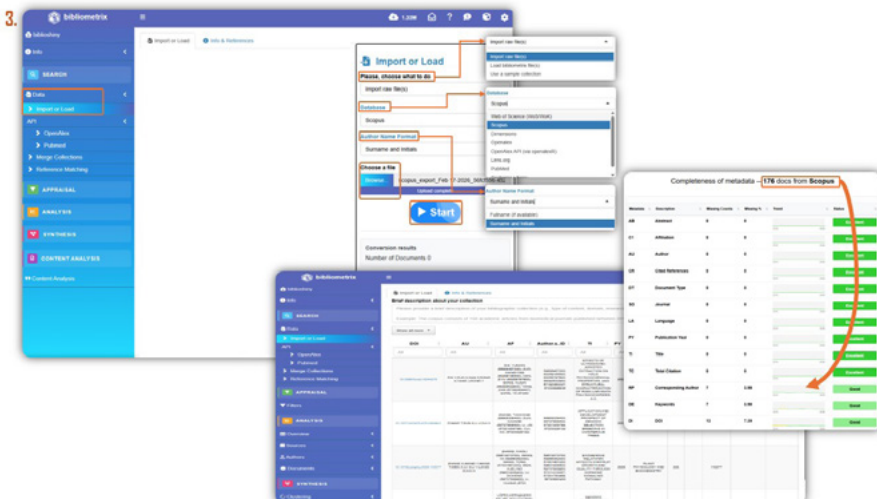
# To upgrade the package
install.packages("devtools")
devtools::install_github("massimoaria/bibliometrix")
```

2. Una vez se abra la interfaz en el navegador predeterminado, en el menú lateral izquierdo se encontrarán las siguientes funciones: *Search*, *Data*, *Appraisal*, *Analysis*, *Synthesis* y *Content analysis*.

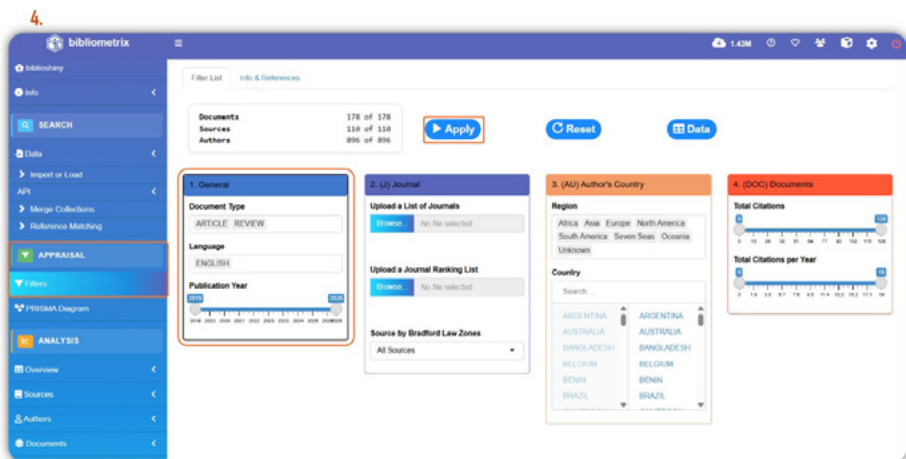


3. Cargar datos:

- 3.1. En el menú lateral izquierdo, seleccionar *Data* y, luego, *Import or Load*.
- 3.2. En la opción *Please, choose what to do*, seleccionar *Import raw file(s)* y, a continuación, elegir la base de datos (*Database*) de origen; por ejemplo, Scopus o Lens.
- 3.3. En la opción *Choose a file*, seleccionar el archivo de extensión .bib o .csv descargado previamente de la base de datos.
- 3.4. Hacer clic en *Start* y comprobar en el tablero principal que el número de documentos cargados corresponda al número de registros obtenido en la búsqueda original.

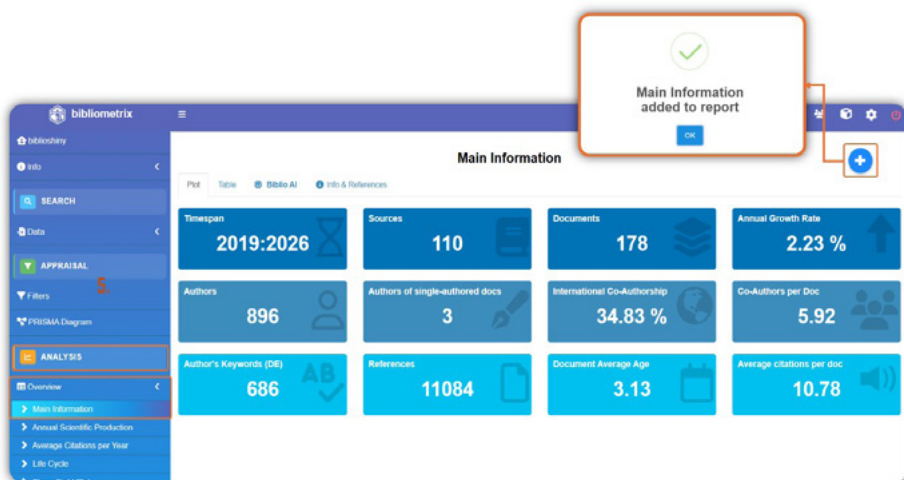


4. **Filtrado de calidad:** en la sección *Appraisal*, seleccionar *Filters* para refinar el *dataset*. Se recomienda filtrar por *Document Type* e idealmente seleccionar *Article* y *Review*, para reducir el ruido, como el de editoriales. Asimismo, se debe indicar el rango de tiempo en *Publication Year* según el periodo definido para la búsqueda.



5. **Análisis descriptivo:** seleccionar las opciones *Analysis*, *Overview* y *Main Information*, para obtener una visión general del campo, que incluye indicadores como la tasa de crecimiento anual, el promedio de citas por documento y el grado de colaboración internacional.

Nota: cada análisis visualizado puede agregarse al informe final al hacer clic en el signo (+).

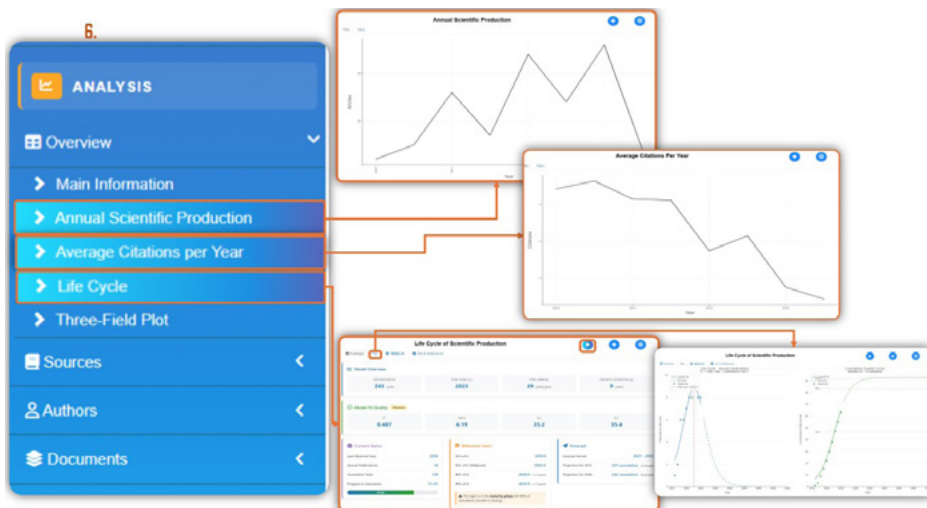


6. Para desglosar los diferentes indicadores de producción científica, seleccionar *Overview*. Esta sección permite obtener un diagnóstico rápido y ejecutivo del estado actual de la investigación. El objetivo es identificar la velocidad de crecimiento del tema, el volumen de producción y el impacto global inicial antes de profundizar en detalles específicos.

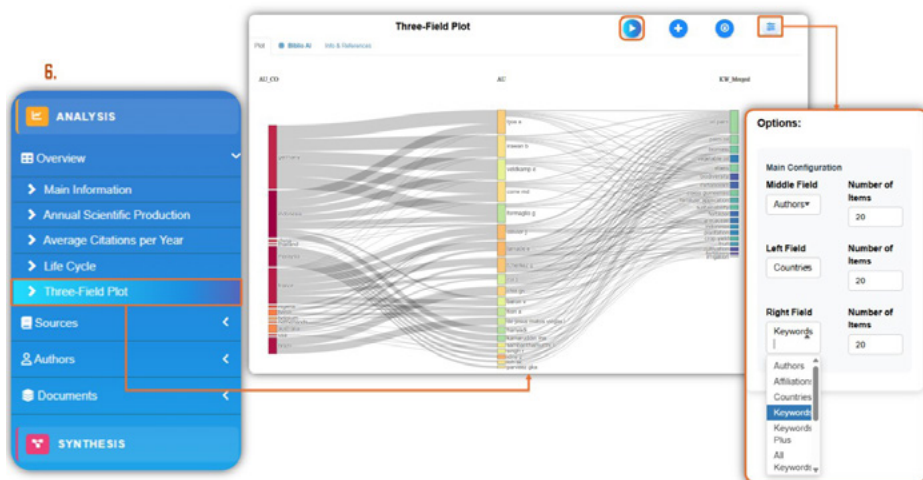
6.1. *Annual Scientific Production*: permite visualizar un gráfico de líneas que muestra la evolución anual de la producción científica del tema investigado mediante un gráfico de líneas.

6.2. *Average Citations per Year*: mide el impacto real. Un pico de citas en un año específico suele indicar el lanzamiento de una tecnología disruptiva.

6.3. *Life Cycle*: para visualizar el gráfico, hacer clic en el símbolo *Play* (círculo con un triángulo en su interior). Este gráfico analiza la evolución de la producción científica.



6.4. *Three-Field Plot*: diagrama de Sankey que conecta tres variables; por ejemplo, países, palabras clave y revistas. Explora las relaciones entre estas dimensiones e identifica, por ejemplo, qué países dominan determinados temas y en qué revistas son publicados.



7. Analizar las fuentes y las revistas: el módulo *Sources* está diseñado para analizar las fuentes de publicación presentes en el conjunto de datos. Su propósito es identificar las revistas con mayor producción y visibilidad en el área analizada. Esta información le permite al investigador seleccionar los canales más efectivos para la consulta de literatura científica e identificar posibles canales para la futura publicación de resultados.

7.1. *Most Relevant Sources*: identifica las revistas líderes en las que se podría publicar.

7.2. *Most Local Cited Sources*: determina las fuentes que han sido citadas con mayor frecuencia por los autores incluidos en la base de datos. A diferencia del impacto global, esta métrica permite reconocer las revistas que están construyendo el marco teórico del nicho específico.

7.3. *Bradford's Law*: agrupa las revistas bajo el criterio de fuentes principales. Las revistas pertenecientes al núcleo (*Core*) pueden considerarse prioritarias para cualquier investigador del área.

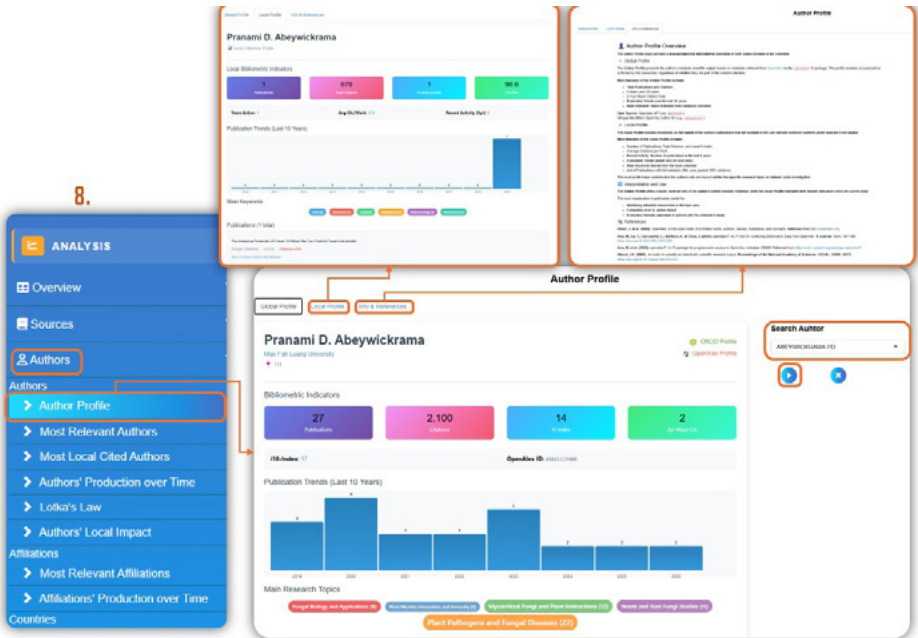
7.4. *Sources' Local Impact*: clasifica las revistas según su relevancia dentro del conjunto de datos procesados mediante indicadores bibliométricos como h-index, g-index o m-index. Estos indicadores permiten complementar el análisis de la producción con criterios de calidad bibliométrica y no solo por volumen.

7.5. *Sources' Production over Time*: visualiza la evolución de la producción científica publicada en las principales revistas. Este análisis resulta fundamental para evaluar la dinámica de publicación de las revistas, lo cual permite identificar aquellas que incrementan de forma acelerada su cobertura en el área de estudio frente a las que muestran un declive en su actividad.



8. Analizar los autores: seleccionar la sección *Authors* y, luego, la opción *Author Profile* para identificar los autores y grupos de investigación con mayor producción y presencia en el sector. El objetivo es reconocer a los expertos con mayor trayectoria e impacto, lo que facilita la identificación de posibles colaboraciones, revisores pares o competidores técnicos.

Al seleccionar el perfil individual de un investigador, la plataforma despliega su red de coautoría, su producción cronológica y los indicadores de citación de sus trabajos. Esta información permite identificar si la influencia del investigador es global (citas globales en Scopus) o local (citas dentro de los documentos descargados), lo que valida su autoridad en un tema de estudio.



9. Analizar los indicadores de los autores: seleccionar las siguientes pestañas para la caracterización de los autores.

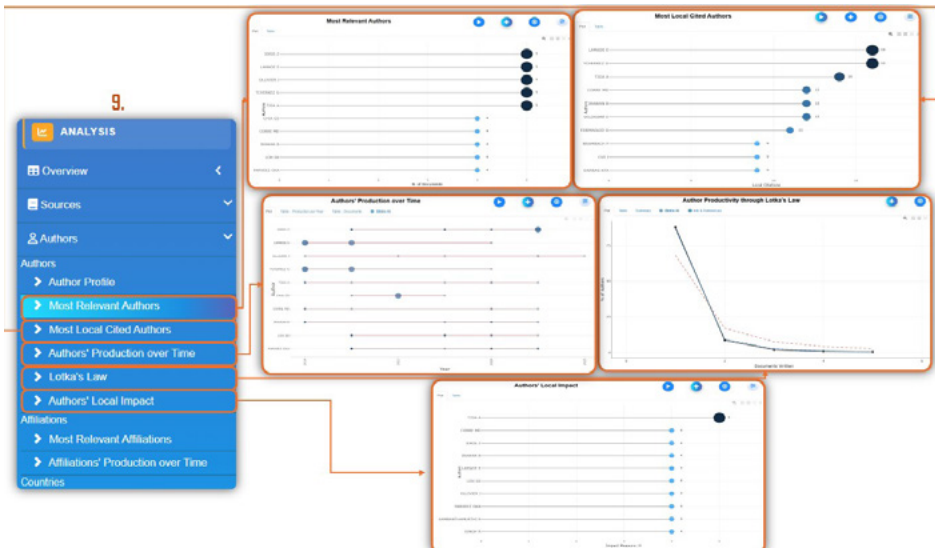
9.1. *Most Relevant Authors*: identifica los autores con mayor número de publicaciones en el conjunto de datos.

9.2. *Most Local Cited Authors*: obtiene un *ranking* de los autores más influyentes del *dataset* evaluado. Identifica los autores con el mayor número de citas.

9.3. *Authors' Production over Time*: línea de tiempo que muestra la trayectoria de la producción científica de los autores a lo largo del periodo analizado.

9.4. *Lotka's Law*: analiza la distribución de la productividad de los autores y la proporción de autores con diferentes niveles de producción científica.

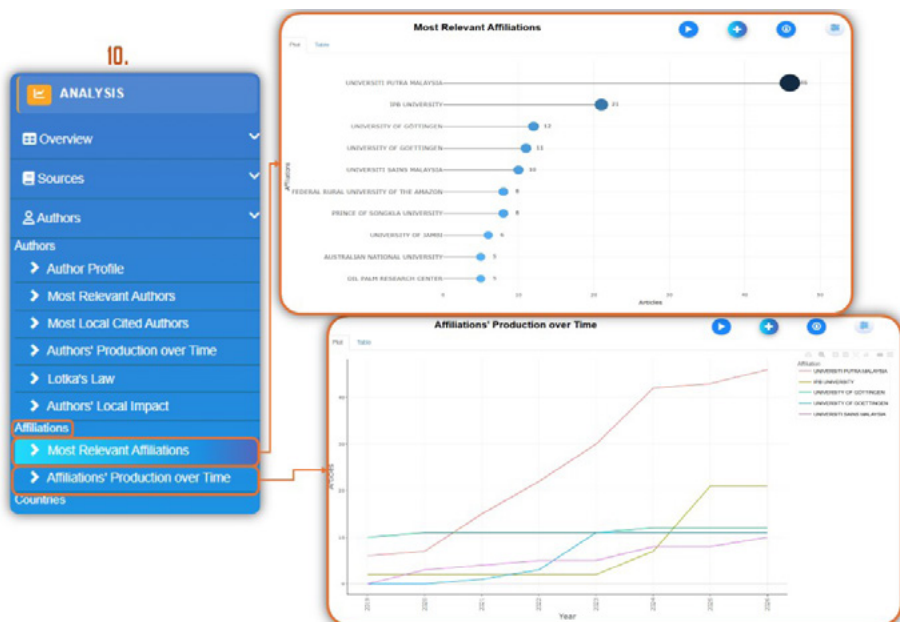
9.5. *Authors' Local Impact*: mide la relevancia de los autores por citas recibidas.



10. *Analizar las afiliaciones*: seleccionar la sección *Affiliations* para identificar las instituciones vinculadas con la producción científica del conjunto de datos.

10.1. *Most Relevant Affiliations*: identifica las universidades, centros de investigación y empresas con mayor número de publicaciones de producción científica. Permite reconocer las organizaciones líderes en el ecosistema palmicultor.

10.2. *Affiliations' Production over Time*: visualiza la evolución de la producción científica de las instituciones a lo largo del periodo analizado. Resulta útil para detectar instituciones que han comenzado recientemente a investigar en el campo de estudio y considerarlas como posibles socios emergentes.



11. *Analizar la producción por países*: en la sección *Countries* pueden realizarse las acciones requeridas para este análisis.

11.1. *Corresponding Author's Countries*: analiza la distribución geográfica de los autores de correspondencia y

distingue entre publicaciones con colaboración entre autores de un mismo país (SCP, Single Country Publications) y de distintos países (MCP, Multiple Country Publications). Permite identificar cuáles naciones lideran los proyectos.

11.2. *Countries' Scientific Production*: cuantifica la producción científica total por territorio nacional.

11.3. *Countries' Production over Time*: muestra la evolución de la producción científica de los países a lo largo del periodo analizado y permite identificar cambios en la distribución geográfica a lo largo de los años.

11.4. *Most Cited Countries*: mide el impacto global de la investigación de cada país mediante el número de citas recibidas.



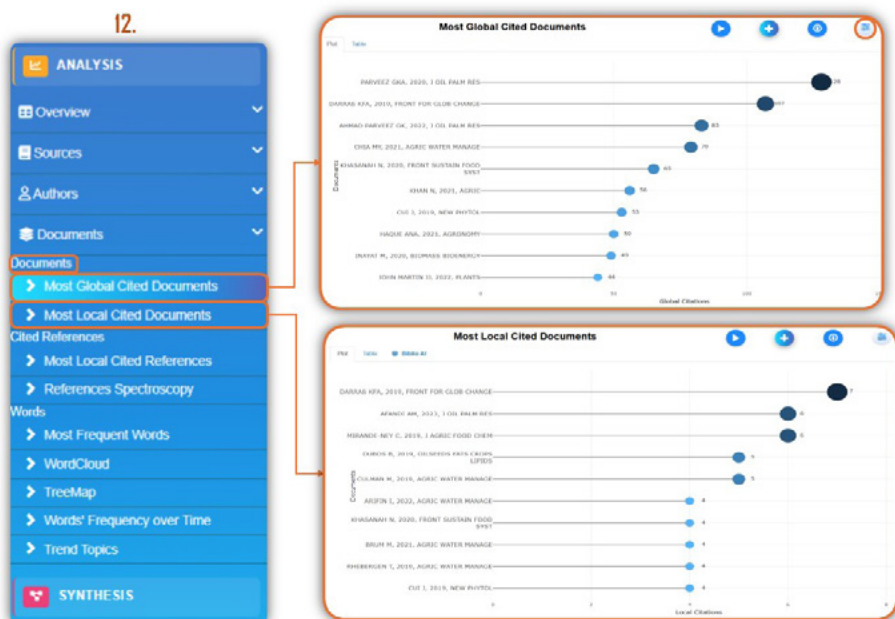
Las secciones de *Documents* y *References* permiten auditar la calidad y el origen del conocimiento. Se utilizan para localizar artículos que sustentan la teoría actual y para identificar

trabajos de nicho que están adquiriendo mayor visibilidad e impacto dentro de la comunidad científica.

12. Analizar las publicaciones: en la sección *Documents* pueden realizarse las acciones requeridas para este análisis.

12.1. *Most Global Cited Documents*: identifica los artículos con mayor número de citas en el contexto global. Permite reconocer las referencias más influyentes a nivel mundial.

12.2. *Most Local Cited Documents*: presenta los artículos más citados por los autores del conjunto de datos evaluado. Revela los trabajos que han tenido mayor influencia en el desarrollo de la investigación.



13. Analizar las referencias citadas: en la sección *Cited references* pueden ejecutarse acciones orientadas a identificar la literatura científica que sustenta la temática analizada.

13.1. *Most Local Cited References:* identifica la literatura seminal y los pilares teóricos compartidos por la comunidad científica analizada.

13.2. *References Spectroscopy:* método para detectar los años en los que se presentan picos de citación. Permite localizar los descubrimientos o hitos científicos que dieron origen a la línea de investigación actual.



14. Analizar las palabras clave: en la sección *Words* pueden ejecutarse acciones orientadas a descifrar el lenguaje técnico del sector, identificar los conceptos clave más frecuentes y detectar temas emergentes (*trend topics*), lo que permite anticipar cambios en la dirección de la temática.

14.1. *Most Frequent Words:* identifica los conceptos más utilizados mediante un listado cuantitativo de su frecuencia de aparición.

14.2. WordCloud: identifica rápidamente la terminología técnica dominante a partir de una nube de palabras.

14.3. TreeMap: indica la frecuencia relativa de las palabras clave mediante una representación jerárquica basada en rectángulos cuyas dimensiones son proporcionales a su frecuencia.

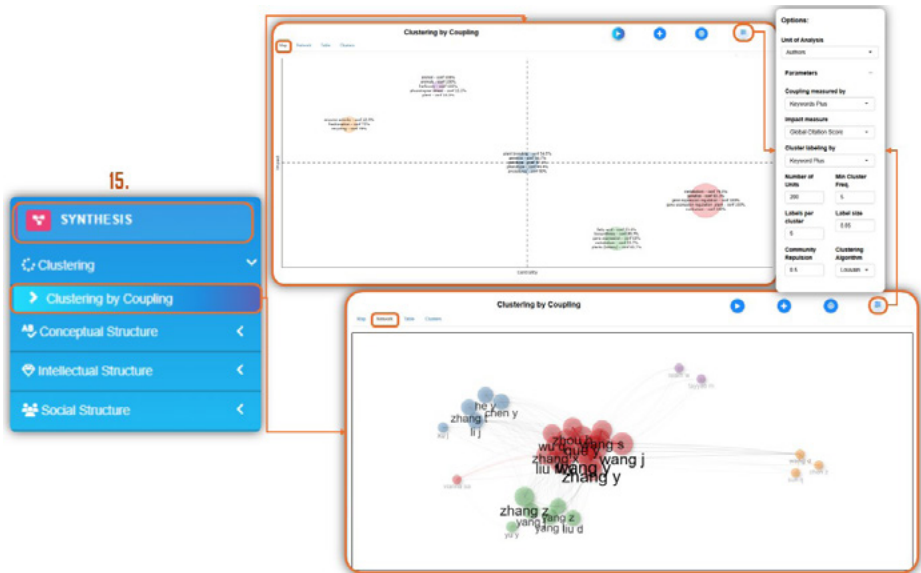
14.4. Words'Frequency over Time: muestra la tasa de aparición de los términos año tras año, para identificar si un concepto técnico está ganando o perdiendo relevancia.

14.5. Trend Topics: correlaciona la frecuencia de aparición de las palabras con el tiempo mediante un gráfico de burbujas. Permite identificar la evolución de los términos técnicos en una línea de tiempo. A diferencia de la opción *Thematic Evolution*, que analiza grupos de temas, *Trend Topics* mide la popularidad de palabras individuales y permite observar en qué año un término superó en frecuencia a otro anterior.



Analizar las estructuras de conocimiento y las redes: la sección *Synthesis* es el nivel más avanzado de análisis y permite transformar datos aislados en un mapa estratégico de flujo de conocimiento. Su objetivo es visualizar interconexiones entre temas, autores, países, estructura conceptual (coocurrencia de palabras clave para identificar frentes de investigación), estructura social (redes de colaboración entre autores, instituciones y países) y estructura intelectual (cocitación de documentos para descubrir paradigmas teóricos). En este asunto es donde Biblioshiny compite con VOSviewer, por sus métricas estadísticas más profundas.

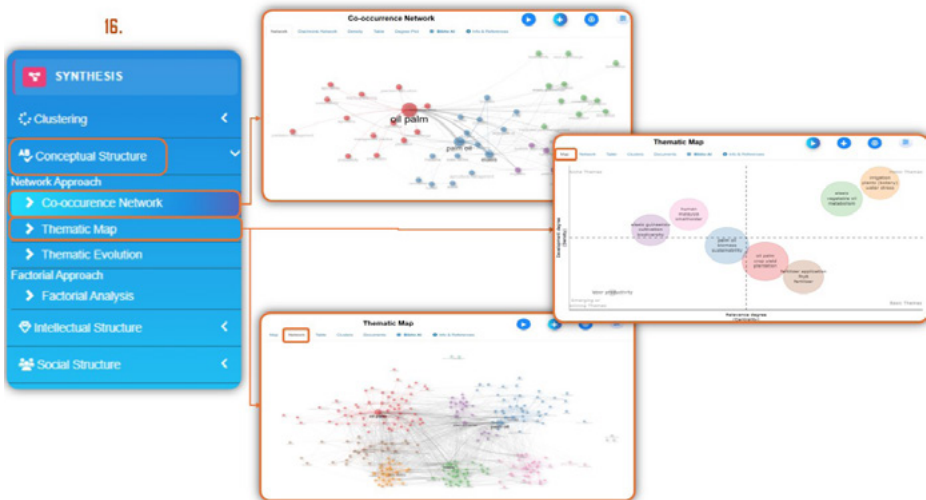
15.1. Clustering by Coupling: analiza las comunidades científicas mediante diferentes algoritmos de agrupamiento, como *Walktrap* o *Louvain*, para comprender la manera como se transforman.



Analizar la estructura conceptual: en la sección *Conceptual Structure* pueden ejecutarse acciones orientadas a responder a la pregunta sobre qué se está investigando.

16.1. Co-occurrence Network: identifica las relaciones entre palabras clave mediante un mapa de red basado en su coocurrencia.

16.2. Thematic Map: identifica el desarrollo de los temas mediante una matriz que los distribuye en cuatro cuadrantes: motores, nichos, emergentes y básicos. Esta herramienta constituye una versión simplificada de SciMAT.



16.3. Thematic Evolution: representa la trayectoria y la evolución del conocimiento a lo largo del tiempo. Para ejecutar este análisis, se debe configurar el número de periodos en *Number of Cutting Points* y definir los años específicos en *Years Splitting Points*. Este análisis permite visualizar diferentes módulos de *Time Slice*, mediante la segmentación de los datos en bloques temporales. Al procesar el análisis, el diagrama de Sankey resultante conecta los temas de un periodo con el siguiente. Si la conexión es gruesa, hay una evolución sólida del tema; cuando una conexión desaparece, el tema ha perdido relevancia científica o se ha transformado en un nuevo concepto.



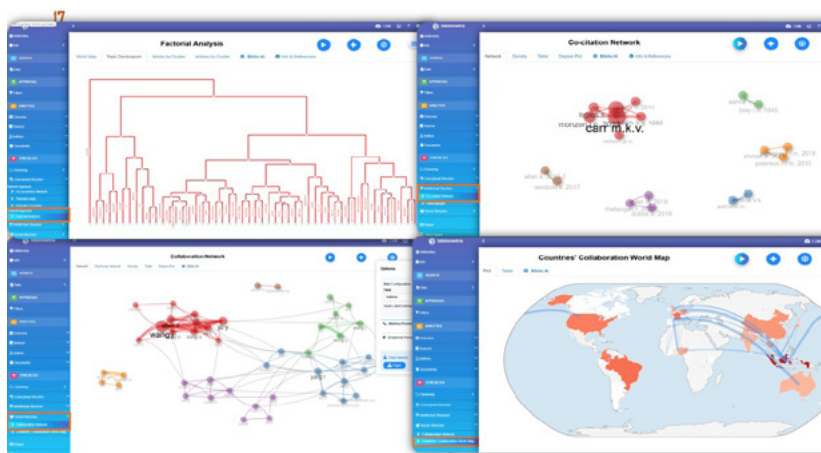
17. Analizar la arquitectura del conocimiento: en esta sección pueden ejecutarse análisis de minería de texto profunda y mapeo relacional, mediante técnicas de procesamiento de lenguaje natural (NLP).

17.1. Factorial Analysis: reduce la complejidad de los datos mediante métodos como el análisis de correspondencia múltiple (ACM) o el escalamiento multidimensional (MDS). Esta función proyecta las palabras clave en un plano bidimensional. Una menor distancia entre los términos representa una mayor relación semántica en la literatura analizada.

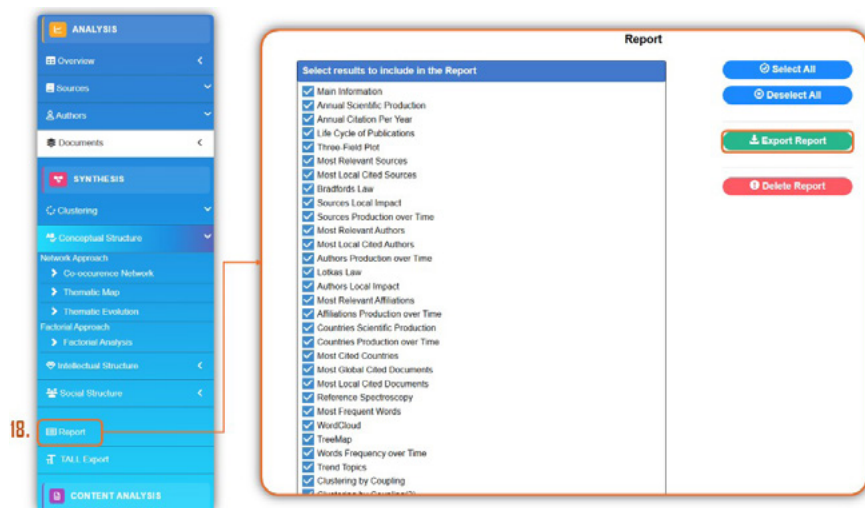
17.2. Cluster Analysis: identifica agrupaciones de documentos mediante un algoritmo que segmenta la literatura en grupos de conocimiento. Permite extraer los artículos más representativos de un nicho específico, facilitar una lectura dirigida y evitar la revisión de documentos menos relevantes para el análisis.

17.3. Intellectual Structures: analiza las referencias bibliográficas citadas por los autores, para identificar las bases teóricas en las que se sustenta la temática analizada.

- 17.4. Co-citation Network:** analiza las relaciones de cocitación que se establecen cuando dos autores o documentos aparecen en la bibliografía de un tercer artículo. Permite identificar los artículos de mayor impacto histórico y los autores que han contribuido a establecer las bases del conocimiento actual. La posición central de un autor en esta red indica una mayor relevancia dentro de la estructura intelectual de la temática analizada.
- 17.5. Historiograph:** analiza la trayectoria histórica del conocimiento mediante una línea de tiempo basada en las citas directas entre documentos. Permite identificar la genealogía de un descubrimiento o una invención al trazar el camino desde la investigación básica inicial hasta sus aplicaciones posteriores.
- 17.6. Social Structures:** identifica quiénes están trabajando conjuntamente y dónde se concentra la actividad científica de la temática analizada.
- 17.7. Collaboration Network:** analiza las relaciones de colaboración a nivel de autores, instituciones o países. En esta representación, los nodos de mayor tamaño indican una mayor productividad y el grosor de las líneas representa la intensidad de las relaciones de colaboración. Resulta útil para detectar cuáles instituciones tienen convenios activos y exitosos.
- 17.8. Countries' Collaboration World Map:** proyecta la intensidad de la cooperación internacional mediante su representación en un mapa mundial. Permite visualizar los flujos de conocimiento global y, a partir de los vínculos (líneas) entre las diferentes naciones, determinar el grado de integración institucional en los principales ejes de innovación, así como posibles oportunidades para establecer nuevas colaboraciones con comunidades académicas o instituciones de otros países.



18. **Generar el reporte:** en la sección *Report* puede crearse un documento consolidado con los resultados más relevantes. Al seleccionar los análisis marcados con el signo (+), Biblioshiny genera un borrador técnico que resume los principales hallazgos y agiliza la elaboración del informe final de vigilancia tecnológica. Para ello, en la sección *Report*, seleccionar los resultados en el listado *Select results to include in the Report* que se desean incluir en el informe y, luego, hacer clic en *Export Report*.





Recomendaciones técnicas para el análisis

- **Jerarquización del análisis:** utilizar las diferentes funciones de Biblioshiny, como *Overview*, *Thematic Map* y *World Map*, para obtener una visión integral del ecosistema tecnológico.
- **Validación de filtros:** cada vez que se modifique un parámetro en la sección *Filters*, verificar que las visualizaciones se actualicen correctamente mediante la selección de los botones de ejecución (*Play*).
- **Gestión de sinonimia:** tener en cuenta que, a diferencia de SciMAT, Biblioshiny tiene capacidades limitadas para la limpieza manual de términos. Cuando se detectan palabras duplicadas, se debe considerar la normalización previa en el archivo de origen o interpretar ambos nodos como parte de un mismo clúster.



Análisis de estructura de conocimiento

Biblioshiny divide el análisis en tres estructuras fundamentales (Tabla 12). Comprender qué mide cada una es crucial para evitar la duplicidad de esfuerzos.

Tabla 12. Estructuras de análisis de Biblioshiny.

Estructura	Función técnica	Utilidad
<i>Conceptual Structure</i>	Analiza las palabras clave (<i>keywords</i>) para identificar los temas que se abordan mediante herramientas como <i>Co-occurrence Network</i> .	Identificar brechas de investigación y tendencias actuales.
<i>Intellectual Structure</i>	Analiza las citas y las referencias (<i>Co-citations Network</i>). Identifica las relaciones de asociación entre documentos y autores.	Identificar las teorías o los autores en los que se basa el área de conocimiento.

CONTINÚA

Estructura	Función técnica	Utilidad
<i>Social Structure</i>	Analiza las relaciones de colaboración entre autores, países e instituciones.	Detectar aliados estratégicos e instituciones con elevada actividad y liderazgo científico.

Fuente: elaboración propia con base en Aria y Cuccurullo (2017), y Kirby (2023).

D El mapa de evolución temática (*Thematic Evolution*)

Para utilizar adecuadamente esta funcionalidad de Biblioshiny, una de las más valiosas, se deben configurar los siguientes parámetros:

1. Selección de corte: acceder a *Conceptual Structure* y, luego, a *Thematic Evolution*.

2. Configuración de periodos: al igual que en SciMAT, definir los *Cut years* para segmentar la evolución temporal de la investigación.

3. Método de análisis:

- *Inclusion Index*: mide cuánto de un tema de un periodo anterior se mantiene en un tema de un periodo posterior; es decir, permite analizar la continuidad temática.
- *Stability Index*: identifica los temas que presentan mayor permanencia a lo largo del tiempo.

4. Interpretación del diagrama de Sankey:

- **Flujos (líneas):** interpreta las líneas que conectan un bloque temático con otro como representación de la continuidad y la evolución de los temas entre periodos.
- **Interrupción de un flujo:** identifica una posible pérdida de continuidad o fragmentación del tema analizado.



Diferenciación de métodos de agrupación (*clustering*)

Al generar mapas, Biblioshiny permite seleccionar diferentes algoritmos de agrupación. A continuación, se describe la utilidad de cada uno:

- *Walktrap Algorithm*: es recomendable para redes densas; es decir, con muchos datos, porque identifica comunidades pequeñas y bien definidas.
- *Louvain Algorithm*: se utiliza cuando se trabaja con miles de documentos, debido a su rapidez y amplio uso. Es excelente para determinar la estructura jerárquica de una red grande.
- *MDS (Multidimensional Scaling)*: no usa redes de enlaces, sino distancias geométricas. Permite identificar qué tan distantes se encuentran los temas en términos de concepto puro.

Mientras que SciMAT ofrece mayores capacidades para la limpieza manual exhaustiva de términos, Biblioshiny es superior para la comunicación de resultados mediante la exportación de gráficos y diagramas de flujo de alta calidad. Esto permite presentar los resultados del análisis de vigilancia de manera comprensible para los tomadores de decisiones, al mostrar no solo el estado actual del conocimiento, sino también la dirección hacia donde se dirigen las tendencias emergentes de la investigación.



Aplicación práctica: resultados del estudio de caso en Biblioshiny



Para validar el procedimiento, se procesó en Biblioshiny el conjunto de datos bibliográficos correspondiente al estudio de caso *Mejora de la productividad en la palma de aceite* (2019-2026). El análisis del reporte general revela las siguientes métricas fundamentales y directrices de enfoque estratégico para la toma de decisiones en I+D.

1. Visualización general del campo científico (Main Information)

La base de datos analizada comprende el periodo entre 2019 y 2026 (Figura 22) y está constituida por 178 documentos correspondientes a 110 fuentes editoriales, entre revistas científicas y libros. El campo evaluado presenta una tasa de crecimiento anual del 2,23% y un promedio de 10,78 citas por documento. Existe un fuerte componente de gobernanza colaborativa global, evidenciado por un 34,83% de coautorías internacionales y un promedio aproximado de seis autores por artículo, lo que confirma que el tema sobre la mejora de la productividad de la palma de aceite es un desafío científico de redes altamente interconectadas.

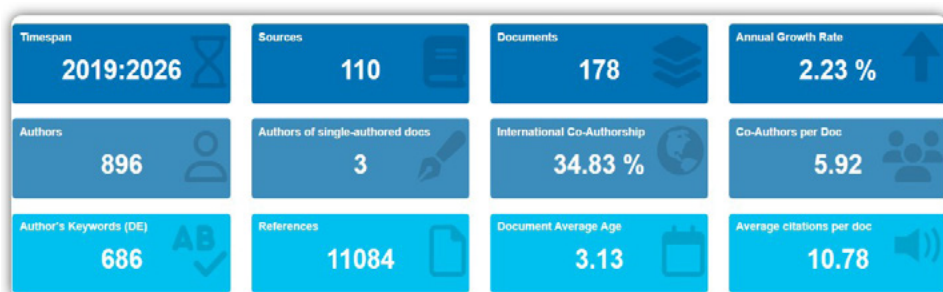


Figura 22. Información general del campo científico del estudio de caso *Mejora de la productividad en la palma de aceite* (2019-2026) obtenida mediante Biblioshiny.

Fuente: resultados del módulo *Overview>Main Information*, generados mediante la aplicación Biblioshiny en RStudio.

2. Diagnóstico de fuentes editoriales líderes (Sources)

El análisis de las fuentes editoriales (Figura 23) sitúa al *Journal of Oil Palm Research* como el canal de difusión dominante y núcleo central con un total de 21 artículos publicados.

Como revistas de alto espectro agronómico y de sostenibilidad, le siguen en orden de impacto especializado *Agricultural Water Management*, con seis artículos; *Industrial Crops and Products*, con cinco artículos, y *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, también con cinco artículos. Para Cenipalma, este diagnóstico permite identificar con precisión las fuentes prioritarias de vigilancia donde se aloja el conocimiento y definir los objetivos editoriales con mayor probabilidad de impacto para la divulgación de sus propias investigaciones de campo.

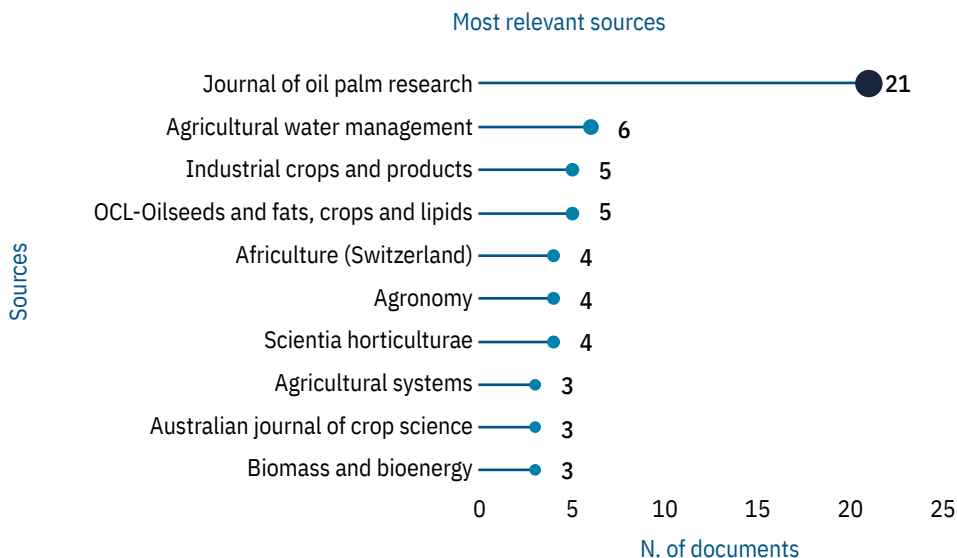


Figura 23. Distribución de las fuentes editoriales más relevantes por volumen de publicaciones en el estudio de caso *Mejora de la productividad en la palma de aceite* (2019-2026).

Fuente: resultados del módulo *Sources > Most Relevant Sources*, generados mediante la aplicación Biblioshiny en RStudio.

3. Estructura conceptual y minería de texto (*Words*)

El procesamiento de las palabras clave mediante *Most Frequent Words*, *WordCloud* y *TreeMap* permite identificar los conceptos técnicos de mayor frecuencia y los principales

ejes temáticos transversales presentes en el conjunto de datos analizado (Figura 24).

- *Oil palm* (59 ocurrencias) y *Palm oil* (30 ocurrencias) se ratifican como los términos base de indexación.
- Emerge un grupo de términos de alta frecuencia relacionado con variables críticas de productividad agronómica; algunos de ellos son *Biomass* (13), *Irrigation* (11) y *Crop yield* (9).
- Se consolida un núcleo técnico enfocado en los desafíos de sostenibilidad y la resiliencia del sector, representado por *Sustainability* (11), *Fertilizer application* (9) y *Climate change* (8).

Estos términos configuran el *vocabulario controlado* que los analistas de vigilancia tecnológica deben utilizar para refinar las futuras ecuaciones de búsqueda y garantizar que los esfuerzos de exploración capturen los temas relacionados con innovación en materia de productividad y manejo de cultivos de precisión.

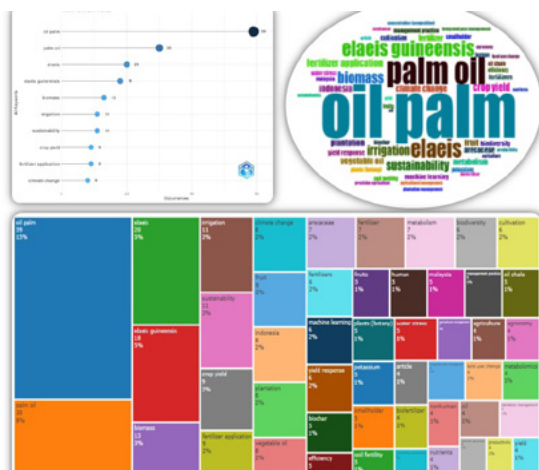


Figura 24. Estructura conceptual del vocabulario técnico mediante diagrama de ocurrencias, nube de palabras (*WordCloud*) y mapa de árbol jerárquico (*TreeMap*).

Fuente: resultados del módulo Words, generados mediante la aplicación Biblioshiny en RStudio.

4. Estructura social y flujos de conocimiento global (Countries)



El análisis de la distribución geográfica de la producción científica y de su impacto por territorio nacional permite identificar los principales polos globales de innovación y el posicionamiento estratégico de Colombia en el escenario internacional del sector palmicultor (Figura 25).

- **Liderazgo global y concentración en el sudeste asiático:** al analizar el país de los autores de correspondencia (*Corresponding Author's Countries*) y el impacto medido por número de citas (*Most Cited Countries*), Malasia consolida un dominio mayoritario en el área de estudio con 937 citas acumuladas. Le siguen en relevancia científica Alemania, con 220 citas, e Indonesia, con 118. Aunque Indonesia registra un elevado volumen de publicaciones y una fuerte tasa de colaboración entre investigadores de este país (SCP), ocupa el tercer lugar en impacto bibliométrico global.
- **Posicionamiento estratégico de Colombia en el escenario internacional.** En el contexto americano, Brasil y Colombia presentan los mayores niveles de producción científica del continente. Colombia se posiciona de forma destacada en el cuarto lugar del *ranking* global por el volumen de documentos de sus autores de correspondencia, con una producción predominantemente local (SCP). Asimismo, el análisis de impacto ubica a Colombia en el octavo lugar del escenario mundial con un total de 41 citas, lo que valida la calidad y la tracción de la investigación palmicultora nacional frente a potencias emergentes como Tailandia (35 citas) e India (32 citas).

Para Cenipalma, estos resultados permiten identificar un doble panorama estratégico. Por un lado, evidencian la conveniencia de mantener canales de *benchmarking* y considerar misiones técnicas hacia Malasia e Indonesia, con el propósito de conocer tecnologías relevantes para la productividad de la palma de

aceite. Por otro lado, el destacado posicionamiento de Colombia como referente latinoamericano en citación y publicaciones propias abre una oportunidad institucional para liderar redes de cooperación Sur-Sur, y consolida al país como el nodo de transferencia de conocimiento y tecnología para la palmicultura de la región intertropical americana.



Figura 25. Análisis de la capacidad científica por país: volumen de autores de correspondencia, distribución geográfica de la producción y *ranking* de impacto por citación global (2019-2026).

Fuente: resultados del módulo *Countries*, generados mediante la aplicación Biblioshiny en RStudio.

5. Dinámica y evolución conceptual en el tiempo (Thematic Evolution)

El análisis de la trayectoria conceptual mediante diagramas de flujo (*Sankey Diagrams*) permite rastrear cómo evolucionan, se fusionan o se mantienen los conceptos técnicos a través de tres bloques temporales: 2019-2020, 2021-2023 y 2024-2026 (Figura 26). Al



analizar las relaciones entre las palabras clave fusionadas mediante el índice de inclusión (*Inclusion Index*), la matriz del reporte estadístico (Tabla 13) permite identificar las dinámicas de transición temática, las líneas de evolución y los frentes de conocimiento emergentes del estudio de caso.

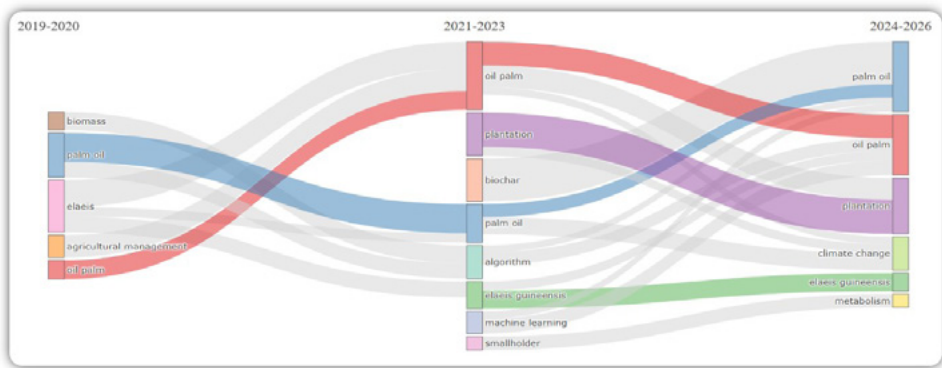


 **Figura 26.** Diagrama de flujo relacional (*Sankey Diagram*) de la evolución temática en el estudio de caso sobre *Mejora de la productividad en la palma de aceite* en los subperiodos 2019-2020, 2021-2023 y 2024-2026. Fuente: resultados del módulo *Conceptual Structure > Thematic Evolution*, generados mediante la aplicación Biblioshiny en RStudio.

Tabla 13. Matriz de transiciones conceptuales e índices de inclusión (*Inclusion Index*) por subperiodos de análisis (2019-2026).

CL1 (clúster de origen – periodo t)	CL2 (clúster de destino – periodo T+1)	Words (palabras clave asociadas)	<i>Inclusion Index</i> (índice de inclusión)
agricultural management--2019-2020	oil palm--2021-2023	irrigation;water stress	0,25
biomass--2019-2020	algorithm--2021-2023	biomass	0,50
elaeis--2019-2020	elaeis guineensis--2021-2023	elaeis guineensis	0,33
elaeis--2019-2020	oil palm--2021-2023	elaeis	0,33

CONTINÚA

CL1 (clúster de origen – periodo t)	CL2 (clúster de destino – periodo T+1)	Words (palabras clave asociadas)	Inclusion Index (índice de inclusión)
elaeis--2019-2020	palm oil--2021-2023	fertilizer application	0,33
oil palm--2019-2020	oil palm--2021-2023	oil palm;vegetable oil	0,08
palm oil--2019-2020	algorithm--2021-2023	crop yield;fertilizers	0,25
palm oil--2019-2020	palm oil--2021-2023	palm oil	0,25
algorithm--2021-2023	oil palm--2024-2026	crop yield;fertilizers	0,13
algorithm--2021-2023	palm oil--2024-2026	biomass	0,13
biochar--2021-2023	palm oil--2024-2026	biochar	1,00
elaeis guineensis--2021-2023	elaeis guineensis--2024-2026	elaeis guineensis	0,20
elaeis guineensis--2021-2023	oil palm--2024-2026	indonesia	0,20
machine learning--2021-2023	oil palm--2024-2026	machine learning;agriculture	0,20
machine learning--2021-2023	palm oil--2024-2026	precision agriculture	0,20
oil palm--2021-2023	climate change--2024-2026	irrigation	0,11
oil palm--2021-2023	oil palm--2024-2026	oil palm;vegetable oil;plants (botany); productivity;yield	0,07
oil palm--2021-2023	plantation--2024-2026	elaeis	0,50
palm oil--2021-2023	climate change--2024-2026	fruit;fruits; management practice;soil fertility	0,11
palm oil--2021-2023	oil palm--2024-2026	sustainability; fertilizer application	0,06
palm oil--2021-2023	palm oil--2024-2026	palm oil	0,06
plantation--2021-2023	climate change--2024-2026	agronomy	0,20
plantation--2021-2023	oil palm--2024-2026	plantation management	0,20

CONTINÚA

CL1 (clúster de origen – periodo t)	CL2 (clúster de destino – periodo T+1)	Words (palabras clave asociadas)	Inclusion Index (índice de inclusión)
plantation--2021-2023	plantation--2024-2026	plantation	0,50
smallholder--2021-2023	metabolism--2024-2026	human;article	0,14
smallholder--2021-2023	palm oil--2024-2026	malaysia	0,06

Fuente: modificada a partir de los resultados del módulo *Conceptual Structure > Thematic Evolution > Table*, generados mediante la aplicación Biblioshiny en RStudio.

- **Línea de continuidad estructural:** se evidencia un flujo relacional directo y continuo para el clúster *palm oil* a través de los tres periodos analizados. El núcleo temático de *palm oil* (2019-2020) se mantiene en el periodo intermedio (2021-2023) y se extiende con firmeza hasta el periodo final (2024-2026). Basado en la coincidencia de la palabra clave exacta *palm oil*, este comportamiento confirma que los aspectos de procesamiento y subproductos industriales mantienen un interés de investigación constante, autónomo y altamente estructurado dentro de la literatura científica.
- **Convergencia de la gestión agrícola hacia la sostenibilidad y la fertilización:** el análisis de las matrices demuestra que el clúster intermedio de *palm oil* (2021-2023) opera como un nodo transversal de origen que se ramifica y se transforma hacia el clúster final de *oil palm* (2024-2026). Los datos de la tabla confirman que esta transición abarca investigaciones críticas indexadas bajo los términos específicos de *sustainability* y *fertilizer application*, y demuestra estadísticamente que el manejo agronómico tradicional ha convergido hacia un enfoque de eficiencia ecosistémica.
- **Evolución adaptativa frente al entorno climático:** se registra una trayectoria estadística que conecta el núcleo de *palm oil* (2021-2023) con el eje de cambio climático (*climate change*)

en el periodo final (2024-2026). Esta transición integra en la literatura variables de respuesta fundamentales del cultivo, como la fertilidad del suelo (*soil fertility*), el manejo de frutos (*fruit; fruits*) y las prácticas de gestión general (*management practice*), y consolida una línea de investigación enfocada en la resiliencia climática.

- **Transiciones metodológicas y tecnológicas tempranas:** en los bloques iniciales del estudio, los datos revelan que la gestión agrícola tradicional (*agricultural management*, 2019-2020) migró hacia el gran clúster de *oil palm* (2021-2023), impulsada por la interacción de variables hídricas clave como la irrigación (*irrigation*) y el estrés por déficit de agua (*water stress*). De manera paralela, la matriz matemática demuestra que el análisis observado inicialmente para biomasa (*biomass*, 2019-2020) evolucionó tempranamente hacia la estructuración del clúster de *algorithm* (2021-2023) y marca el punto de partida de los modelos de optimización y la posterior incorporación de la analítica avanzada (*machine learning*).

A diferencia de la representación estática de cuadrantes individuales, este mapeo de evolución permite al analista examinar la evolución histórica del conocimiento. Para Cenipalma, los resultados demuestran que las investigaciones locales sobre fertilización, biomasa e irrigación no deben formularse de manera aislada en campo, sino que pueden abordarse de manera articulada con líneas temáticas de alcance global relacionadas con la sostenibilidad, modelos algorítmicos y análisis predictivos de cambio climático.

CAPÍTULO 5 COMUNICACIÓN DE RESULTADOS Y TOMA DE DECISIONES

Como se introdujo en el ciclo vida de la vigilancia tecnológica (VT) en el Capítulo 2, la comunicación constituye el cierre del proceso. Sin embargo, el valor real de la VT no reside únicamente en entregar un documento, sino en su capacidad para transformar los resultados del análisis en inteligencia que oriente la toma de decisiones. Este capítulo proporciona un marco para convertir los resultados consolidados en el estudio de caso *Mejora de la productividad en la palma de aceite (2019-2026)* en insumos para el asesoramiento estratégico del grupo o de Cenipalma.

5.1. El Informe de VT (aplicación al estudio de caso)

El informe debe trascender el carácter descriptivo para adoptar una estructura ejecutiva que esté orientada a la acción. El propósito no es únicamente reportar qué se encontró, sino explicar qué implican los resultados obtenidos para la toma de decisiones. Siguiendo la estructura de pirámide invertida, los componentes críticos se organizan mediante la integración de las métricas obtenidas a lo largo del ciclo de vigilancia.

1. **Resumen ejecutivo.** Breve síntesis de los principales hallazgos científicos más recientes (últimos 12 o 18 meses) e identificación de las tecnologías emergentes que están ganando fuerza. El resumen debe responder a la pregunta: ¿cuáles son las transformaciones disruptivas del entorno global que requieren una respuesta estratégica o una reorientación inmediata de las prioridades de investigación de la institución?



Ejemplo. El entorno científico internacional en palma de aceite muestra una curva de producción de conocimiento ascendente indexada en Scopus durante el periodo 2019-2026, lo que permite identificar la optimización de la productividad como una temática de interés creciente. Los hitos de los últimos 18 meses revelan que el sector ha entrado en una fase de maduración agroindustrial y sostenibilidad, y conduce a la agronomía tradicional a migrar hacia modelos ecosistémicos adaptativos. En este contexto, el entorno global plantea una pregunta clave: ¿cómo mitigar la vulnerabilidad del cultivo frente a variables climáticas críticas? La respuesta de la literatura científica internacional no es aislada; señala la gran importancia de indexar los proyectos bajo la corriente de la resiliencia climática, la sostenibilidad territorial y el uso de enmiendas de carbono.

- 2. Análisis del paisaje.** Integración de las visualizaciones de VOSviewer, SciMAT y Bibliometrix. El análisis debe explicar la topología de la red: qué clústeres están ganando densidad y qué nodos están aislados.



Ejemplo. La triangulación de los resultados revela un mapa científico con un elevado nivel de interconexión y una gobernanza colaborativa global (tasa de crecimiento anual del 2,23% en el campo, 178 documentos, 110 fuentes y un promedio de 10,78 citas por documento) en la que el 34,83% corresponde a coautorías internacionales. A continuación, la topología de la red se interpreta desde dos perspectivas complementarias: la estructura de colaboración y los actores estratégicos que configuran las redes de conocimiento, y la evolución temporal de los temas.

Alianzas (Scopus, Biblioshiny y VOSviewer). La producción científica y el impacto bibliométrico están concentrados en el sudeste asiático y los lideran Malasia (937 citas acumuladas) e Indonesia (118 citas). En cuanto a fuentes institucionales, el conocimiento se concentra en el *Journal of Oil Palm Research*, con 21 artículos, y en entidades como la Universiti Putra Malaysia y el Malaysian Palm Oil Board (MPOB). El mapa de coautoría y densidad de VOSviewer, respaldado por los indicadores cientiométricos de ScientoPy, permite identificar el núcleo de investigadores referentes mundiales a los que Cenipalma debe monitorear y contactar para alianzas. Entre ellos se encuentran Idris, Z., con mayor impacto relativo ($h\text{-index} = 4$) y promedio de publicación más reciente ($ADY = 0,57$); Parveez, G. K. A. ($h\text{-index} = 3$, $ADY = 0,43$); Loh, S. K. ($h\text{-index} = 3$), y Sambanthamurthi, R., quien mantiene un ritmo de crecimiento activo, con un $AGR = 0,1$.

Evolución estructural de tendencias (SciMAT y matriz de inclusión en Biblioshiny). El análisis longitudinal evidencia la evolución de los temas de investigación sobre palma de aceite a través de tres ventanas temporales:

Fase inicial (2019-2020). Caracterizada por temas relacionados con la ciencia molecular básica, ciencias ómicas y la caracterización del producto. PROTEOMICS se identifica como tema motor, con una densidad de 161,94 y una centralidad de 152,23, mientras que PALM-OIL cuenta con 10 documentos de soporte.

Fase de transición y digitalización (2021-2023). El conocimiento tradicional de gestión agrícola (*agricultural management*) migró hacia el clúster central conectivo de OIL-PALM (18 documentos) mediante conceptos clave como *irrigation* y *water stress*, con un índice de inclusión de 0,25. Paralelamente, el clúster biomasa (*biomass*) evolucionó hacia el clúster *algorithm*, con un índice de inclusión de 0,50). En este último clúster, *Mean-Square-Error* registra 9 documentos, lo cual representa un cimiento metodológico de la analítica avanzada.

Fase de maduración (2024-2026). El panorama reciente está gobernado por los temas motor de vanguardia: TROPICAL-AGRICULTURE, con una densidad máxima de 176,5, enfocado en resiliencia productiva; PLANTATION, con una centralidad de 120,15 y seis documentos, enfocado en manejo agronómico directo, y el concepto corporativo OIL-PALM, con 12 documentos, se ubica en la intersección absoluta del plano cartesiano, que actúa como el nodo articulador de transferencia hacia las prácticas agronómicas.

- 3. Identificación de oportunidades.** A partir de las tendencias de crecimiento detectadas, se identifican las tecnologías emergentes (frentes de investigación) que el grupo/centro podría adoptar para generar ventajas competitivas.



Ejemplo. En cuanto a frentes de investigación emergentes, se consolidó el estado del arte mediante el motor de Scopus AI y se identificaron tres pilares e integraciones

conceptuales de alta frecuencia que Cenipalma podría adoptar para ganar ventaja competitiva:

Agricultura de precisión y digital. Fusión de términos de alta frecuencia, como *biomass* (13), *irrigation* (11) y *crop yield* (9) mediante algunas tecnologías como *Remote Sensing*, *Machine Learning* e IoT (p. ej., sensores de humedad) orientadas a la toma de decisiones predictivas en las plantaciones.

Mecanización y automatización. Incorporación de dispositivos mecanizados avanzados y herramientas de corte por láser (p. ej., *E-cutter*), para optimizar los ciclos de cosecha y contribuir a responder estratégicamente ante el reto sectorial de disponibilidad de mano de obra.

Bioeconomía de valor agregado. Explotación de tecnologías de precisión para el aprovechamiento de subproductos y biomasa residual mediante enmiendas orgánicas avanzadas, como el *biochar*, el cual registra una transferencia perfecta en la matriz con un índice de inclusión de 1. Esta línea puede servir de puente hacia la fertilidad del suelo (*soil fertility*) y la sostenibilidad.

- 4. Alerta de barreras y amenazas.** Informe sobre libertad de operación. Si el análisis de patentes revela un bloqueo en una línea de investigación activa, este es el espacio para notificar el riesgo de infracción.



Ejemplo. Análisis legal y FTO en patentes: el procesamiento analítico en la plataforma Lens.org permitió identificar 948 documentos de patentes activas, lo que constituye una señal de alerta de propiedad industrial para las líneas de trabajo tradicionales de Cenipalma.

Concentración del dominio técnico (códigos IPC). La industria global prioriza y bloquea el mercado a través de las clasificaciones de patentes C12N15/82 (ingeniería

genética vegetal, asociada a características como tolerancia al estrés y rendimiento), con un liderazgo de 369 patentes; C07K14/415 (proteínas de origen vegetal), con 159 patentes, y A01N43/54 (formulaciones biocidas para protección química y biológica), con 80 patentes.

Competidores clave (*Top Applicants*). Tres corporaciones colideran y concentran el mayor volumen de invenciones internacionales vigentes: el grupo químico BASF SE (125 patentes), la corporación biotecnológica Ceres Inc. (124 patentes) y Mary Kay Inc. (121 patentes), seguidas, con mucha diferencia, por centros de investigación sectorial, como el Malaysian Palm Oil Board (MPOB) (17 patentes).

Riesgo jurisdiccional. Existe una concentración territorial crítica del mercado de patentes en la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos (USPTO), con 805 registros, y en la Oficina Europea de Patentes (EPO), con 143 patentes. Para Cenipalma, estos resultados constituyen un insumo para el análisis de FTO, el cual debe complementarse con la verificación de las coberturas y las reclamaciones vigentes de las correspondientes corporaciones globales ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) de Colombia. Si no hay cobertura en el territorio nacional, estas patentes representan una valiosa oportunidad de espacio libre para adaptar, transferir y asimilar localmente dichas tecnologías sin incurrir en infracciones legales.

Nota: es importante recordar la estructura de pirámide invertida (Capítulo 2) para jerarquizar la información y priorizar los hallazgos de mayor relevancia para los grupos de interés.

5.2. El ciclo de decisión estratégica

El análisis cuantitativo de los datos no debe quedar confinado a un ejercicio teórico; sus resultados deben traducirse

en opciones para la inversión o desinversión de Cenipalma. Su propósito fundamental es convertirse en el insumo principal del subproceso de priorización del macroproceso de I+D de Cenipalma. A partir de la transformación de las tendencias globales en opciones claras de inversión o desinversión, y con base en la dinámica del mapa estratégico de SciMAT y las métricas de Biblioshiny, se plantean las siguientes tres recomendaciones (Figura 27) (Rojas, 2023; Quintero Vargas, 2019).

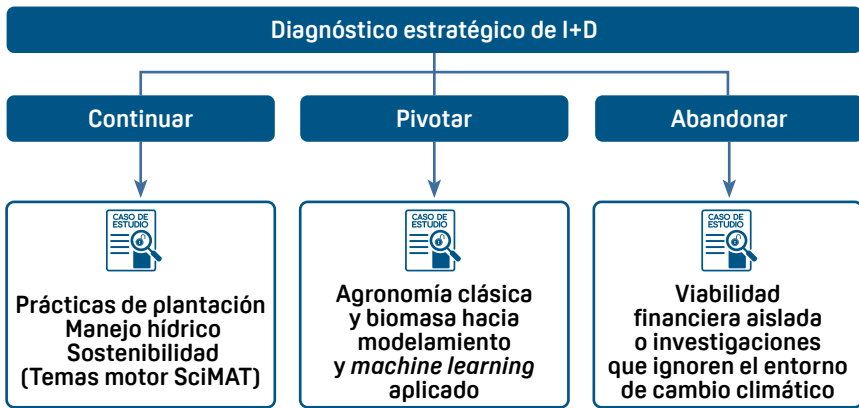


Figura 27. Diagnóstico de priorización de temáticas de investigación en Cenipalma.

Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación de tendencias de SciMAT (2019-2026).

- **Continuar (validación):** cuando los datos confirman que la línea de investigación de la búsqueda coincide con un tema motor en el diagrama de SciMAT, se recomienda mantener un flujo de inversión en esta temática.



Ejemplo. Mantener e incrementar el flujo de inversión financiera en los proyectos de prácticas operativas de plantación (PLANTATION) y resiliencia en el trópico (TROPICAL-AGRICULTURE), las cuales se validan sólidamente en el cuadrante de temas motor con las máximas densidades (176,5) y conectividad del periodo actual. Asimismo, los datos históricos de transiciones

justifican la continuidad del manejo eficiente del agua, particularmente en torno a *water stress* e *irrigation*, ya que representan el núcleo adaptativo del cultivo actual.

- **Pivotar (reorientación):** cuando el análisis de coocurrencia evidencia un desplazamiento de la frontera del conocimiento hacia nuevas metodologías es necesario cambiar el rumbo de la investigación.



Ejemplo. Reorientar de forma perentoria las investigaciones convencionales de fertilización y biomasa. La minería de texto y el análisis secuencial demuestran que la frontera del conocimiento desplazó estos conceptos técnicos. Los ensayos agronómicos experimentales que históricamente se han ejecutado de manera convencional en el campo por parte de Cenipalma deben transformarse hacia proyectos de modelamiento agronómico avanzado. Esto implica integrar de forma transversal la analítica de datos (*Mean-Square-Error*) y algoritmos de *Machine Learning* que irrumpieron en el paisaje científico. El uso de biomasa aislada debe pivotar hacia la *economía circular de precisión* (biochar, *Inclusion Index* = 1,00).

- **Abandonar (desinversión):** cuando la vigilancia tecnológica detecta que una temática o tecnología ha llegado a su fase de obsolescencia, está saturada de patentes comerciales o ha sido superada por una innovación disruptiva, es importante dejar de invertir en estas investigaciones.



Ejemplo. Iniciar la reducción gradual de la inversión en la investigación de variables económicas o agronómicas lineales tratadas de manera independiente. El análisis de SciMAT revela que el clúster PROFITABILITY cayó drásticamente al cuadrante de temas en declive y registra los niveles más bajos de centralidad (31,23) y densidad (16,67). Este resultado sugiere que evaluar

la rentabilidad financiera como una variable aislada es obsoleto. En la actualidad, la viabilidad económica se encuentra absorbida y supeditada de manera transversal a los macroproyectos de sostenibilidad y mitigación del cambio climático (*climate change*). Financiar proyectos agronómicos tradicionales que ignoren los modelos predictivos de variabilidad climática global representa un uso ineficiente de los recursos de I+D de Cenipalma.

5.3. Productos de difusión según el público objetivo

La transferencia de resultados de vigilancia tecnológica debe ser versátil para asegurar que el conocimiento llegue a todos los niveles (Tabla 14).

Tabla 14. Productos de difusión según el público objetivo.

Producto	Público objetivo	Propósito	Aplicación del caso de estudio
Estudio de vigilancia (ejecutivo)	Directores y tomadores de decisiones	Orientar presupuestos y planes operativos anuales.	Presentación de la evolución temática mediante el diagrama de Sankey y los desplazamientos posicionales de SciMAT, para justificar la asignación presupuestal hacia la inteligencia artificial agrícola y la resiliencia climática. Integración del análisis FTO de patentes para blindar legalmente las transferencias.
Artículo de revisión (académico)	Comunidad científica nacional e internacional	Difundir y consolidar la influencia, el liderazgo científico y la reputación institucional.	Publicación de la matriz metodológica completa del índice de inclusión, indicadores de ScientoPy y redes de colaboración de VOSviewer. Esta documentación posiciona a Colombia (4.º lugar global en autores de correspondencia y 8.º en citación mundial) como el nodo líder de la investigación Sur-Sur en América.
Infografías y boletines (divulgación)	Técnicos y productores del sector	Transferir conocimiento práctico	Traducir el vocabulario técnico dominante del <i>TreeMap</i> y <i>WordCloud</i> de Biblioshiny en guías técnicas sencillas.

Fuente: elaboración propia basada en resultados del estudio de caso.

La calidad de un estudio de vigilancia tecnológica se mide por su capacidad de influir en la hoja de ruta o direccionamiento. Los datos estructurados de las herramientas cuantitativas son el sustento analítico del estudio, mientras que la interpretación crítica presentada en este capítulo constituye el producto real: un mapa de navegación dinámico, auditable y robusto para asegurar la competitividad, la sostenibilidad y la vanguardia del sector frente a los desafíos del futuro.

CONSIDERACIONES FINALES

La implementación de este manual permitirá que Cenipalma no solo recopile y analice información, sino que genere inteligencia estratégica aplicable a la vanguardia de la agroindustria de la palma de aceite. La vigilancia tecnológica (VT) debe entenderse como un proceso dinámico y transversal. Los mapas de redes y los análisis de patentes descritos en este manual constituyen herramientas rigurosas de navegación; sin embargo, es el criterio técnico el que determina el rumbo definitivo de la innovación.

Bajo este enfoque, el ciclo de vida de la VT no es un ejercicio aislado; constituye el soporte fundamental del macroproceso de Investigación y Desarrollo de Cenipalma (Rivera Méndez & Romero, 2021), con una vinculación directa y obligatoria con el subproceso de priorización. Al operar como la herramienta oficial para la identificación, monitoreo y contextualización de las demandas del mercado y las tendencias de I+D, la VT provee el sustento científico para la estructuración de la agenda de trabajo por líneas estratégicas.

Por lo tanto, se establece como directriz institucional que cada ejercicio de VT culmine en un insumo para la toma de decisiones estratégicas. Esto asegurará que la definición de ideas y notas concepto, la formulación de nuevos proyectos y la asignación prioritaria de los recursos de inversión sectorial se enfoquen siempre en la frontera del conocimiento, de manera que respondan con pertinencia a los retos de la palmicultura y bajo estrictas condiciones de seguridad jurídica mediante el análisis de libertad de operación.

GLOSARIO

A

Análisis bibliométrico: aplicación de métodos matemáticos y estadísticos para analizar patrones en la literatura científica y las patentes, con el fin de identificar tendencias y líderes en un campo del conocimiento.

APY (*Average Publication Year*): indicador cuantitativo que representa el año promedio de publicación de un conjunto de documentos (artículos o patentes). Se utiliza en vigilancia tecnológica para determinar la vigencia de una línea de investigación: un APY cercano al año en curso sugiere un tema emergente, mientras que un APY alejado indica una tecnología madura o en declive.

B

Booleano (operador): nexos lógicos (AND, OR, NOT) utilizados para combinar o excluir palabras clave en una ecuación de búsqueda, y optimizar la recuperación de información.

C

Cienciometría: disciplina que aplica métodos matemáticos y estadísticos para analizar la producción científica. A diferencia de la bibliometría general, se enfoca en medir el impacto de las publicaciones, las redes de citación y la evolución de las disciplinas académicas para evaluar la calidad y el rendimiento de la investigación.

Clúster: agrupación de nodos (autores, palabras clave o países) que presentan una alta densidad de conexiones entre sí, y permiten identificar una comunidad temática o técnica dentro de una red.

E

Ecuación de búsqueda: conjunto estructurado de palabras clave, operadores booleanos y filtros sintácticos diseñado para formular una consulta a una base de datos científica o tecnológica.

F

Factores críticos de vigilancia (FCV): temas o variables externas de carácter tecnológico, competitivo o normativo, que tienen un impacto directo en la viabilidad de un proyecto y sobre las cuales se debe mantener un monitoreo constante.

Familias de patentes (DOCDB — *DOCumentation DataBase*): estándar de agrupación de la Oficina Europea de Patentes (EPO) que consolida todos los documentos de patente (prioridades, publicaciones y concesiones), los cuales protegen una misma invención en diferentes países. El uso de familias DOCDB en la vigilancia tecnológica es crítico para obtener estadísticas reales, ya que permite contabilizar invenciones únicas en lugar de documentos individuales, y contribuye a reducir la duplicidad de datos en el análisis de carteras tecnológicas.

I

Inteligencia estratégica (IE): nivel superior de procesamiento en el que el conocimiento técnico y competitivo se integra con la visión del centro de investigación. Su objetivo es proporcionar recomendaciones prospectivas que orienten la toma de decisiones al más alto nivel y, de esta manera, anticipar cambios en el entorno y definir el rumbo de los proyectos.

L

Libertad de operación (FTO — *Freedom to Operate*): análisis jurídico-técnico orientado a determinar si la ejecución de actividades de investigación, el desarrollo tecnológico y la posterior comercialización de un producto o proceso infringe

derechos de propiedad intelectual de terceros en una jurisdicción específica. Este estudio es un paso que previene contingencias legales tanto en fase experimental en laboratorio y campo, como en el escalamiento industrial y transferencia.

M

Mapas de coocurrencia: representación visual de las relaciones de aparición conjunta con mayor frecuencia entre temas o autores.

Metadatos: datos que describen otros datos. En vigilancia tecnológica pueden incluir campos, como título, año de publicación, filiación institucional y citas recibidas, entre otros.

R

RAG (*Retrieval-Augmented Generation*): arquitectura de inteligencia artificial (IA) que combina modelos de lenguaje (LLM) con bases de datos externas y verificadas. En el contexto de la vigilancia tecnológica, permite que la IA genere respuestas o resúmenes basados exclusivamente en los documentos técnicos cargados por el investigador, mitiga el riesgo de falsas interpretaciones y garantiza que la información provenga de fuentes científicas confiables.

S

Señales débiles: indicadores tempranos o fragmentos de información que pueden anticipar cambios disruptivos o futuras tendencias tecnológicas antes de que sean evidentes para el mercado general.

V

Vigilancia tecnológica (VT): proceso organizado, selectivo y permanente de captación, análisis, interpretación y seguimiento de información del exterior sobre ciencia y tecnología, para convertirla en conocimiento útil en la toma de decisiones.

Referencias bibliográficas

- Abubakar, A., Kasim, S., Ishak, M. Y., & Uddin, M. K. (2023). Maximizing Oil Palm Yield: Innovative Replanting Strategies for Sustainable Productivity. *Journal of Environmental & Earth Sciences*, 5(2), 61–75. <https://doi.org/10.30564/jees.v5i2.5904>
- 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>
- Asociación Española de Normalización. (2018). *Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia e Inteligencia - Norma UNE 166006*. www.une.org
- Benavides Velasco, C. A., & Quintana García, C. (2006). Inteligencia competitiva, prospectiva e innovación. La norma UNE-166006 EX sobre el sistema de vigilancia tecnológica. *Boletín Económico de ICE*, 47–63. <https://revistasice.com/index.php/BICE/article/view/4195>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (n. d.). *SciMAT - User guide* (1st ed.). Universidad de Granada. <https://sci2s.ugr.es/scimat/software/v1.01/SciMAT-v1.0-userGuide.pdf>
- 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>
- Contreras-Sáez, M. (2025). Bibliometría: fundamentos y procedimientos para el quinto periodo del Trabajo Social chileno. *Revista de Trabajo Social*, 102. <https://doi.org/10.7764/rts.102.117-132>
- Cruz-Ordóñez, L., Solarte, M., & Ramírez-Gonzalez, G. (2018). *ScientoPy for MOOCs: A Scientometric Review*. Proceedings of the II International Conference MOOC-Maker.

- Duening, T. N., Hisrich, R. D., & Lechter, M. A. (2021). Developing your products. En T. N. Duening, R. D. Hisrich & M. A. Lechter (Eds.), *Technology Entrepreneurship: Taking Innovation to the Marketplace* (3rd ed., 61–79). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822203-4.00005-4>
- Elsevier. (2026a). *Scopus: A comprehensive abstract and citation database for impact makers*.
- Elsevier. (2026b). *Scopus AI: Think bigger. Move faster. Act with confidence*.
- Gibbin, R. V., Sigahi, T. F. A. C., Pinto, J. de S., Rampasso, I. S., & Anholon, R. (2023). Thematic evolution and trends linking sustainability and project management: Scientific mapping using SciMAT. *Journal of Cleaner Production*, 414. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137753>
- Golovatchev, J., & Budde, O. (2010). Technology and innovation radar - Effective instruments for the development of a sustainable innovation strategy. *2010 IEEE International Conference on Management of Innovation & Technology*, 760–764.
<https://doi.org/10.1109/ICMIT.2010.5492855>
- González, A. I., & Gómez, D. (2015). *Guía práctica innoVITech: vigilancia tecnológica para la innovación*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Gupta, L., & Bharti, D. (2025). Prioritizing impact: The inverted pyramid as a blueprint for research communication. *Journal of Education Technology in Health Sciences*, 12(1), 27–28.
<https://doi.org/10.18231/j.jeths.2025.006>
- Gutiérrez, A. (2025). *El proceso de la vigilancia tecnológica y cómo implementarla*. Cidei - Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica y TIC.
- Keith, B., Horning, M., & Mitra, T. (2020). Evaluating the Inverted Pyramid Structure through Automatic 5W1H Extraction and Summarization. *Proceedings of the Computation + Journalism Symposium*.

Kirby, A. (2023). Exploratory Bibliometrics: Using VOSviewer as a Preliminary Research Tool. *Publications*, 11(1).
<https://doi.org/10.3390/publications11010010>

Lens. (2026). *Explore global science and technology knowledge*.

Marttin, E., & Derrien, A. C. (2018). How to apply examiner search strategies in Espacenet. A case study. *World Patent Information*.
<https://doi.org/10.1016/j.wpi.2017.06.001>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Anexo 9. Niveles de madurez tecnológica (TRL) y de manufactura (MRL)*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. (2015). *Guía nacional de vigilancia e inteligencia estratégica (VelE): buenas prácticas para generar sistemas territoriales de gestión de VelE*.

Noruzi, A., & Abdekhoda, M. (2014). Google Patents: The global patent search engine. *Webology*, 11(1).
<http://www.webology.org/2014/v11n1/a122.pdf>

Quintero Vargas, F. L. (2019). *Manual de vigilancia tecnológica (VT) e inteligencia competitiva (IC)*. Instituto Nacional de Salud.

Rivera Méndez, Y. D., & Romero, H. M. (2021). *Proceso de investigación y desarrollo de Cenipalma* (1.ª ed.). Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). <https://repositorio.fedepalma.org/items/a8c01e08-718d-4d2e-a68f-9f6ba5bf7009?share=true>

Rivera, Y. D., & Romero, H. M. (2023). Niveles de madurez tecnológica: una oportunidad para categorizar los productos de Cenipalma. *Palmas*, 44(3), 70–83. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/14086>

Rodríguez-Cruz, M. C., & Rivera-Méndez, Y. D. (2026). Vigilancia tecnológica: el radar para direccionar la investigación y el desarrollo en palma de aceite. *Palmas*, 47(1), 79–105.
<https://doi.org/10.56866/01212923.14522>

- Rojas, E. (2023). *Manual para la realización de vigilancias tecnológicas*. Ediciones EAN. https://universidadean.edu.co/sites/default/files/2023-07/ManualdeVigilanciaTec_A1.pdf
- Ruiz-Rosero, J., Ramirez-Gonzalez, G., & Viveros-Delgado, J. (2019). Software survey: ScientoPy, a scientometric tool for topics trend analysis in scientific publications. *Scientometrics*, 121, 1165–1188. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03213-w>
- Siswanto, R. R., & Gunawan, A. A. S. (2025). Fuzzy logic modeling of weather conditions for oil palm cultivation using drip irrigation. *ICIC Express Letters*, 19(2), 193–201. <https://doi.org/10.24507/icicel.19.02.193>
- The Big Bang Partnership Limited. (2010-2026). What are TRLs? Technology readiness levels explained. <https://bigbangpartnership.co.uk/what-are-trl-technology-readiness-levels-explained/>
- Uttran, A., Loh, S. K., Ahmad, M., & Bachman, R. T. (2023). Soil Nutrient and Management in Oil Palm Plantations and Agronomic Potential of Biochar. En A. Ismail, F. N. Zulkpli, S. Yaakup, & A. Öchsner (Eds.), *Materials and Technologies for Future Advancement* (167–188). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38993-1_17
- vanEck, N. J., & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual*. Univeriteit Leiden. http://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.1.pdf
- World Intellectual Property Organization (2022). *Guide to the International Patent Classification (2022)*. <https://www.wipo.int/classifications/ipc/>
- Zhao, J., Elmore, A. J., Lee, J. S. H., Numata, I., Zhang, X., & Cochrane, M. A. (2023). Replanting and yield increase strategies for alleviating the potential decline in palm oil production in Indonesia. *Agricultural Systems*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103714>

Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma; por lo tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, en esta publicación no se ha utilizado información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada, y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma

Calle 98 N.º 70-91, piso 14 Bogotá | PBX: (57-601) 313 8600 | +(601) 794 5474

 +57 321 308 4881 | www.cenipalma.org

