

Perspectivas científicas del agro

Serie de documentos de trabajo

## Escaneo científico sobre tendencias en usos y agregación de valor de los residuos de cacao

**Autores:**

Leidy Johanna Cárdenas Solano  
Carlos Alberto Contreras Pedraza  
Juan Leonardo Cardona Iglesias  
Juan Ricardo Zambrano Ortiz  
Eliana Yadira Báez Daza  
Lucero Gertrudis Rodríguez Silva





Serie de documentos de trabajo

Perspectivas científicas del agro

## Escaneo científico sobre tendencias en usos y agregación de valor de los residuos de cacao

### Autores

Leidy Johanna Cárdenas Solano  
Carlos Alberto Contreras Pedraza  
Juan Leonardo Cardona Iglesias  
Juan Ricardo Zambrano Ortiz  
Eliana Yadira Báez Daza  
Lucero Gertrudis Rodríguez Silva

Mosquera, octubre 2024

La elaboración de este documento se deriva de las acciones de monitoreo y seguimiento de información científica, desarrollados por el Departamento de Inteligencia Científica y Tecnológica de la Dirección de Investigación y Desarrollo de Agrosavia.

Este estudio hacer parte de los productos de investigación derivados del proyecto: Fortalecimiento del manejo integral de materiales sólidos orgánicos de agricultura, a través de estrategias de economía circular, que promueva la sostenibilidad ambiental y productiva de las familias campesinas del departamento de Santander. Financiado por la Gobernación del departamento de Santander en el año 2023, y ejecutado por La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia (C.I La Suiza).

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

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

C.I La Suiza. Km 32 vía al mar Vereda Galápagos Rionegro Santander tel. (+57)6014227300 ext. 2700.

**Citación sugerida:** Cárdenas S., L. J., Contreras P., C. A., Cardona I., J. L., Zambrano O., J. R., Báez D., E. Y. & Rodríguez S., L.G. (2024). *Escaneo científico sobre tendencias en usos y agregación de valor de los residuos de cacao*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

DOI: 10.21930/agrosavia.escaneocientifico.2023.3

Línea de atención al cliente: 018000121515  
 atencionalcliente@agrosavia.co  
<http://www.agrosavia.co>



[https://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](https://co.creativecommons.org/?page_id=13)

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

## Tabla de Contenido

Introducción .....	9
1. Diseño Metodológico .....	10
1.1 Fase 1 – Diseño de la estrategia de búsqueda .....	10
1.2 Fase 2 – Análisis cuantitativo Nivel I .....	11
1.2 Fase 3 – Análisis cuantitativo Nivel II .....	11
2. Análisis de tendencias en investigación en usos de residuos de cacao .....	13
3. Publicaciones más citadas .....	15
4. Publicaciones más recientes .....	20
5. Referentes en investigación, autores, instituciones, países y fuentes de consulta.....	24
6. Tópicos Tendenciales.....	27
7. Mapa de distribución temática .....	27
8. Mapa de evolución temática .....	28
9. Red de Coocurrencia de tópicos .....	29
10. Mapa de superposición de tópicos claves .....	36
11. Red internacional de colaboración .....	39
12. Mapa de superposición de países claves a través del tiempo .....	40
Bibliografía.....	41

## Lista de Tablas

Tabla 1. Ecuación de búsqueda diseñada.....	13
Tabla 2. Indicadores bibliométricos .....	14
Tabla 3. Publicaciones más citadas .....	15
Tabla 4. Publicaciones más recientes .....	21
Tabla 5. Distribución de la producción mundial de cacao.....	26

## Lista de Figuras

Figura 1. Diseño metodológico .....	10
Figura 2. Dinámica de publicaciones.....	13
Figura 3. Gráfico Sankey Países-Instituciones-tópicos generales.....	26
Figura 4. Tópicos tendenciales.....	27
Figura 5. Mapa temático de distribución de tópicos.....	28
Figura 6. Mapa de evolución temática.....	29
Figura 7. Red de coocurrencia de tópicos clave en usos de residuos de cacao .....	30
Figura 8. Red de coocurrencia de tópicos clave refinando conjunto de palabras definidas por equipo técnico de investigación.....	31
Figura 9. Red de coocurrencia del tópico clave <i>fertilizers</i> .....	32
Figura 10. Red de coocurrencia de tópicos – línea temporal .....	37
Figura 11. Red de coocurrencia de tópicos clave refinando conjunto de palabras definidas por equipo técnico de investigación – línea temporal .....	38
Figura 12. Red de coocurrencia de países.....	39
Figura 13. Red de coocurrencia de países – línea temporal .....	40

## Autores

### **Leidy Johanna Cardenas Solano**

Orcid: [0000-0001-5471-7160](https://orcid.org/0000-0001-5471-7160)

Ingeniera Industrial, MSc en Ingeniería Industrial enfocada en la gestión de la tecnología y la innovación, certificada como Ciudadana de Datos por Alianza Caoba y Científica de datos certificada por MinTIC y Correlation One, con conocimientos en ISO 27001:2013. Investigador Junior reconocido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia y Analista del Departamento de Inteligencia y Divulgación Científica de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Formación en Platzi en Transformación Digital y más de 10 años de experiencia en valoración financiera de tecnologías, transferencia tecnológica y formulación de proyectos de I+D+i para el SGR, Minciencias, y CYTED. Docente universitaria, experiencia en la creación del Centro de Investigación en Agua CENIAGUA y formulación de proyectos para la consecución de más de 13 mil millones que se ejecutan a través de proyectos financiados con beneficios tributarios. Las principales áreas de investigación comprenden la gestión del conocimiento, la gestión de la innovación, la gestión de la tecnología, la inteligencia competitiva, la vigilancia tecnológica, la cienciometría, el análisis de las cadenas de valor de la agricultura, la hoja de ruta tecnológica, el benchmarking, y la prospectiva tecnológica.

### **Carlos Alberto Contreras Pedraza**

Orcid: [0000-0001-7138-2147](https://orcid.org/0000-0001-7138-2147)

Profesional en Ingeniería Industrial, Magíster en Ingeniería Agrícola y estudios en Magister en Ingeniera Industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Investigador Master Asociado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA y Coordinador de Inteligencia Científica de la misma. Experiencia en investigación y ejecución de proyectos en el área de gestión tecnológica, gestión de conocimiento y direccionamiento estratégico de sectores productivos. Ha desarrollado proyectos con la Universidad Nacional de Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, AGROSAVIA, La Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria

Naval Marítima y Fluvial - COTECMAR, Cámara de Comercio de Cartagena, Universidad Tecnológica de Bolívar, entre otras. Conocimiento y habilidad en el desarrollo de ejercicios de vigilancia tecnológica y comercial, benchmarking, diagnóstico tecnológico, prospectiva, desarrollo de indicadores en CTI, entre otros. Experiencia en estudios estratégicos para cadenas productivas agroindustriales, manejo de bases de datos de información científica y comercial, elaboración y actualización de indicadores de CTI para el sector agropecuario, al igual herramientas informáticas básicas y especializadas en el campo de la vigilancia tecnológica y comercial.

### **Juan Leonardo Cardona Iglesias**

Orcid: [0000-0001-5225-8108](https://orcid.org/0000-0001-5225-8108)

Zootecnista y Magíster en Ciencias Animales con énfasis en Sistemas Sostenibles de Producción Animal de la Universidad de Antioquia. Integrante del grupo de investigación en Microbiología y Nutrición Animal del Trópico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Tiene experiencia en investigación sobre nutrición animal, manejo de pasturas y forrajes, establecimiento, manejo y uso de sistemas silvopastoriles, y evaluación de estrategias nutricionales para la mitigación de gases de efecto invernadero en sistemas pastoriles. Ha sido docente universitario y ha trabajado en proyectos de extensión con comunidades campesinas e indígenas. Actualmente investiga en las áreas de ganadería de leche, doble propósito y especies menores, con énfasis en sistemas productivos sostenibles, marcos de economía circular a escala de agricultura campesina familiar, étnica y comunitaria (ACFEC).

### **Juan Ricardo Zambrano Ortiz**

Orcid: [0000-0003-3748-6211](https://orcid.org/0000-0003-3748-6211)

Profesional en Zootecnia, egresado de la Universidad Libre Seccional Socorro, estudiante de maestría en Salud y Producción Animal, línea de profundización Nutrición Animal en la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Bucaramanga. Profesional de Apoyo a la Investigación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Con habilidades y experiencia de 12 años en apoyo de investigaciones en

la línea de nutrición animal de ganadería bovina, ovina y caprina. Establecimiento y manejo de pasturas y forrajes, sistemas silvopastoriles y cultivos transitorios para la alimentación animal. Así mismo en apoyo de proyectos de extensión con comunidades campesinas e indígenas.

### **Eliana Yadira Báez Daza**

Orcid [0000-0002-1059-1604](https://orcid.org/0000-0002-1059-1604)

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Pamplona con maestría en Agroforestería Tropical con énfasis en sistemas agroforestales de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá. Cuenta con experiencia en manejo de recurso genético; caracterización morfológica de materiales; selección de materiales genéticos de cacao con requerimientos de producción, calidad y factores climáticos; manejo de cosecha y poscosecha de cacao; modelos agroforestales asociados a cacao con maderas finas tropicales; y manejo productivo del cultivo de cacao bajo SAF. Es autora de dos variedades de cacao de Agrosavia TCS (*Theobroma Corpoica La Suiza*), ha publicado artículos científicos en revistas indexadas y es autora diferentes publicaciones en base de estudios en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) para el departamento de Santander. Actualmente se desempeña como investigador máster vinculada a la Red de Cacao del Centro de Investigación La Suiza de AGROSAVIA en Rionegro Santander.

### **Lucero Gertrudis Rodriguez Silva**

Orcid: [0000-0001-9454-7821](https://orcid.org/0000-0001-9454-7821)

Profesional agroindustrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS), con Maestría en Biotecnología Alimentaria de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Bucaramanga. Cuenta con experiencia como juez experto en análisis sensorial de alimentos con énfasis en licor de cacao, pertenece al panel nacional de jueces en productos de chocolatería y licor de cacao permitiéndole participar en concursos nacionales e internacionales, líder y formadora del panel sensorial del Centro de Investigación La Suiza, analista de variables morfológicas, físicas, químicas y sensoriales de materiales genéticos de cacao, incorporación de procesos y técnicas de laboratorio en función de métodos de

caracterización, cosecha y poscosecha, así como procesos agroindustriales acorde a los estándares de calidad internacional. Participa en la construcción de normativas Icontec para grano de cacao y chocolatería como equipo ejecutor. Autora de la oferta tecnológica de módulos de beneficio modulares para cacao, oferta sensorial en análisis físico y sensorial y de contenidos audiovisuales relacionados con proceso de poscosecha y análisis sensorial; ha publicado artículos en revistas indexadas. Actualmente se desempeña como investigadora Máster vinculada a la Red de Cacao en el Centro de Investigación La Suiza de Agrosavia en Rionegro, Santander.

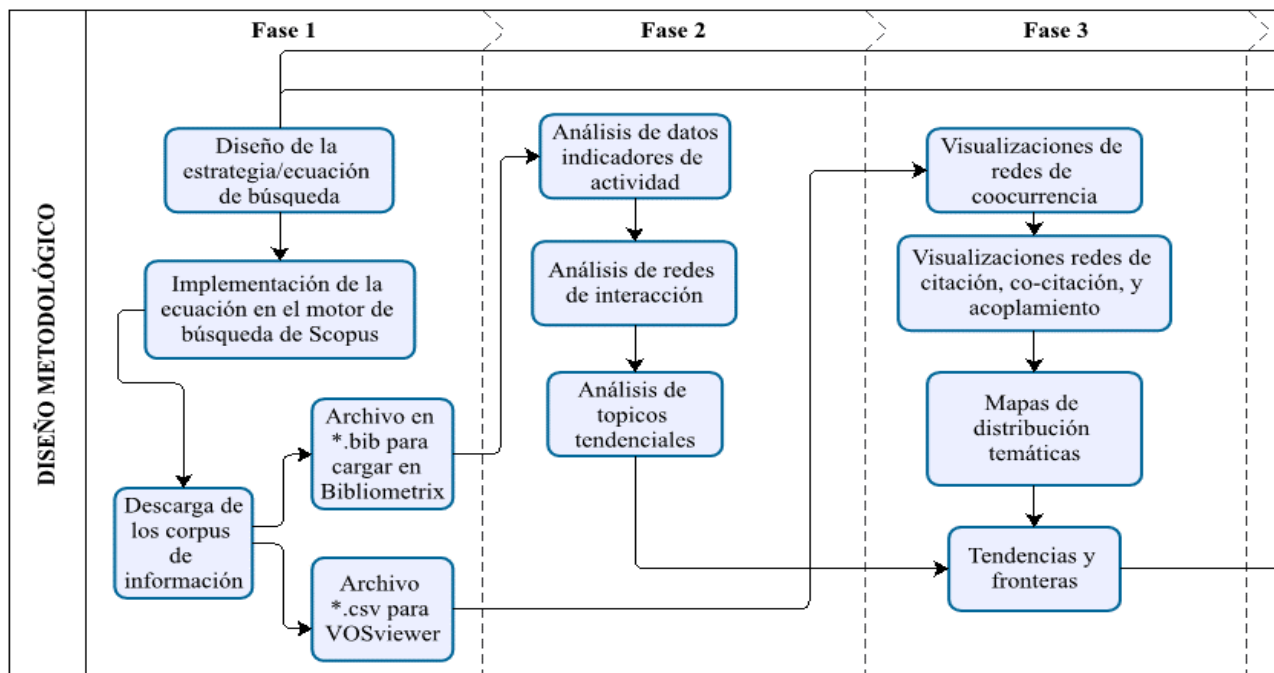
## Introducción

El objetivo de esta investigación es identificar a través de herramientas y metodologías de vigilancia científica y cienciometría las tendencias en investigación básica en el entorno mundial sobre el uso de los residuos de cacao para la generación de productos de valor agregado, que contribuyan al mejoramiento del sistema productivo, teniendo en cuenta que los granos de cacao, las semillas del árbol *Theobroma cacao* (originario de la región amazónica de América del Sur), se consumen ampliamente en todo el mundo. Es un importante cultivo neotropical perenne que crece dentro de los 20° norte y 20° sur aproximadamente del ecuador (Informe de la Fundación Mundial del Cacao, 2014; Mohd Shavez Beg, et al., 2017).

## 1. Diseño Metodológico

Para esta investigación se estableció un diseño metodológico de tres fases secuenciales las cuales se presentan en la Figura 1.

**Figura 1. Diseño metodológico**



**Fuente.** Elaboración propia basado en (D. H. Flórez-Martínez et al., 2021)

### 1.1 Fase 1 – Diseño de la estrategia de búsqueda

Los estudios de inteligencia científica y tecnológica basados en cienciometría y análisis de tendencias, tiene cómo primera fase en su desarrollo metodológico la construcción de la estrategia de búsqueda representada en una ecuación estructural (D.-H. Flórez-Martínez et al., 2020).

La ecuación estructural está conformada por entre uno y cuatro constructos (conjuntos de palabras o términos de interés), que se relacionan a través de operadores boléanos. Los constructos se categorizan en cuatro tipologías: i) objeto de estudio, el cual comprende términos clave relacionados con el tema específico de investigación; ii) objeto de trabajo, el cual comprende términos clave que inciden en el objeto de estudio (ej. Herramienta,

métodos, metodologías, modelos, tecnologías, líneas de investigación, tópicos de investigación entre otros); iii) exclusiones, el cual comprenden términos y palabras que generan “ruido” en la recuperación de datos e información, principalmente términos que pueden tener diferentes significados, términos que no son de interés para el objeto de estudio, entre otros; iv) restricciones, términos que limitan la recuperación de información en los constructos de objeto de estudio u objeto de trabajo (ej. Restricciones temporales, restricciones por tipo de documento, restricciones por área temática, restricciones por ubicación geográfica).

### 1.2 Fase 2 – Análisis cientimétrico Nivel I

En esta fase se desarrolla la implementación de herramientas de análisis cientimétrico para identificar referentes de investigación en los objetos de estudio de residuos de café, principalmente autores, instituciones, países, documentos y tópicos (Leydesdorff & Milojević, 2015). Complementariamente, con el apoyo de herramientas de construcción y visualización de paisajes científicos como VOSviewer® y Bibliometrix®, se representan las redes de colaboración científica y los mapas de distribución de tópicos (Aria & Cuccurullo, 2017; van Eck & Waltman, 2010).

Este nivel de análisis permite identificar: i) autores líderes, que se consideran pares científicos en la investigación del objeto de estudio y la resolución de problemas basados en conocimiento; ii) organizaciones líderes, que se consideran aliados potenciales para el desarrollo de proyectos, procesos de transferencia de tecnología y fortalecimiento de capacidades; iii) países líderes, que se consideren referentes en la investigación del objeto de estudio, para el desarrollo de ejercicios de benchmarking o desarrollo de misiones técnico-científicas de exploración; y, iv) tópicos tendenciales, su persistencia, ocurrencia y disminución en función del tiempo. Los productos de esta fase son indicadores de actividad y mapas de correlación.

### 1.2 Fase 3 – Análisis cientimétrico Nivel II

El siguiente nivel de análisis comprenden la identificación de temáticas de investigación a través de análisis de co-ocurrencia de textos claves, como títulos, resúmenes y sustancias

químicas reportadas en la investigación a través de los números CAS (estándar de la *America Chemical Society*) (Santa Soriano et al., 2018), la identificación de frentes y bases de investigación a través del análisis de acoplamiento bibliográfico, análisis de citas o análisis de co-citaciones (Mazov et al., 2020).

El análisis de coocurrencia permite a través de las palabras claves de los artículos científicos, los textos claves en títulos y resúmenes y los textos en la sección de compuestos químicos de interés, identificar grupos temáticos de investigación actual (clústeres) y grupos temáticos de investigación futura (clústeres potenciales) conformados por tópicos afines (Bartol et al., 2016).

El análisis de citas permite identificar grupos de publicaciones científicas que se interrelacionan a través de la citación directa entre estos. Estos grupos de documentos comprenden un área de trabajo común que en función del número de documentos y citas pueden ser categorizadas como un frente de investigación (Boyack & Klavans, 2010).

El análisis de co-citaciones permite identificar grupos de publicaciones científicas que se interrelacionan a través de la citación simultánea por una tercera fuente. Estos grupos de documentos comprenden un área de trabajo (documentos que citan) que tienen una base temática común (documentos citados) (Upham & Small, 2010).

El análisis de acoplamiento bibliográfico permite identificar grupos de publicaciones científicas que se interrelacionan a través de las referencias que comparten. Estos grupos de documentos permiten delimitar líneas de base en las referencias en común que se comparte y frentes de investigación en los documentos que citan dichas referencias (Boyack & Klavans, 2010). Para esta investigación se seleccionó el análisis de acoplamiento como método preferente.

La información de las tendencias científicas comprende la capa de línea de base para el desarrollo de tecnologías y productos a partir de los residuos de cacao.

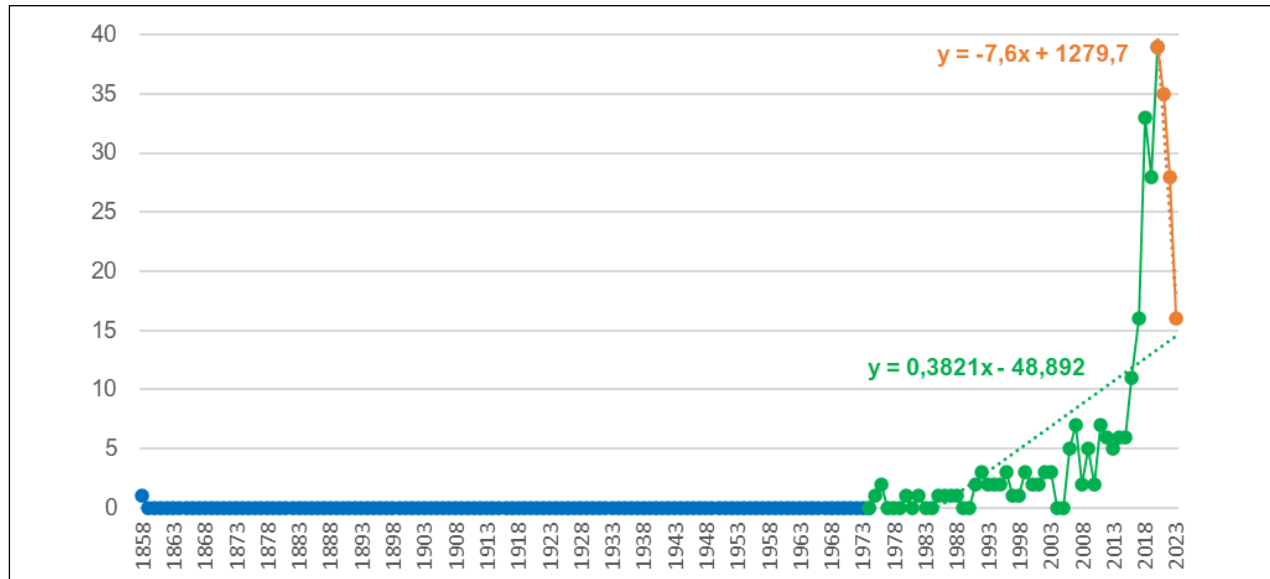
## 2. Análisis de tendencias en investigación en usos de residuos de cacao

El análisis de tendencias en investigación relacionadas con los usos de biomasa residual del cultivo de cacao se desarrolló a través del análisis de información recuperada del motor de indexación de revistas de Scopus® (Elsevier).

**Tabla 1. Ecuación de búsqueda diseñada**

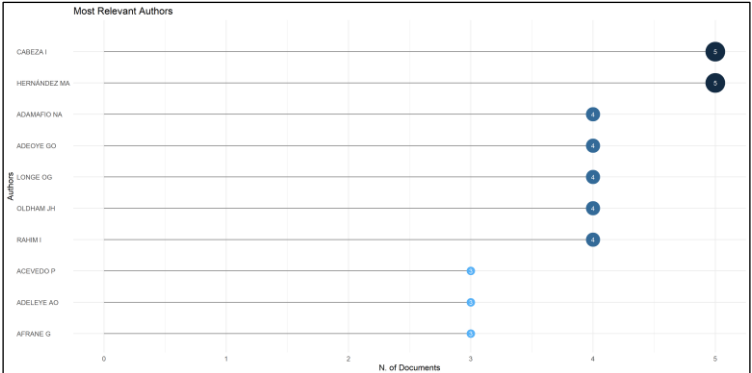
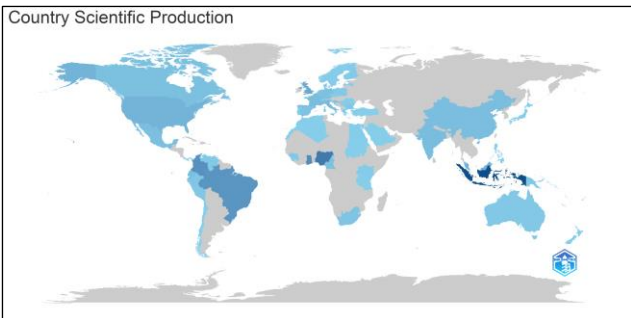
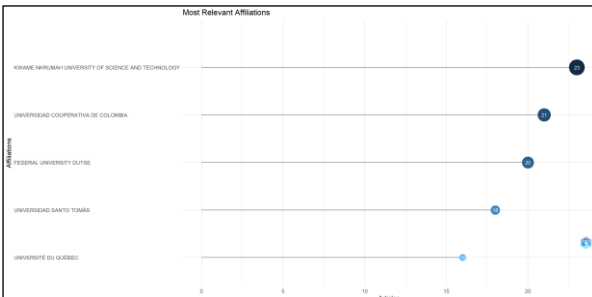
<p><b>Ecuación de búsqueda diseñada</b></p>	<p><i>(TITLE-ABS-KEY ("residual biomass" OR waste OR remain* OR spare OR cockatoo OR "cocoa Shell" OR "cocoa beans" OR "cocoa by?products" OR "Cocoa pod husk" OR by?product*) AND TITLE-ABS-KEY (composting OR pass OR compost OR humus OR mulching OR mulch OR "organic substance" OR fertilizer OR "organic substance" OR use OR utilization OR exploitation) AND TITLE-ABS-KEY (cocoa OR "Theobroma cocoa"))</i></p>
---	--

**Figura 2. Dinámica de publicaciones**



Fuente. Elaboración a partir de datos Scopus, consultados en 15/09/2023. Espacio de tiempo: 1858:2023

**Tabla 2. Indicadores bibliométricos**

<p><b>Indicadores de Bibliometrix®</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de publicaciones: 296</li> <li>• Palabras claves: 903</li> <li>• Tasa anual de crecimiento: 1,69%</li> <li>• Citaciones promedio por artículo: 14,07</li> <li>• Citaciones promedio por artículo al año: 8,7</li> <li>• Colaboración Internacional: 23,31%</li> <li>• Investigadores: 1.100</li> <li>• Autores por documento: 4,21</li> </ul>	<p><b>Top 10 Investigadores líderes</b></p>  <p><b>Fuente.</b> Elaboración a partir de datos <i>Scopus</i>, consultados en 15/09/2023</p>
<p><b>Países líderes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indonesia, 206</li> <li>• Nigeria, 132</li> <li>• Ghana, 100</li> <li>• Colombia, 94</li> <li>• Brazil, 87</li> <li>• Uk, 59</li> <li>• Malaysia, 41</li> <li>• Usa, 40</li> <li>• Italy, 30</li> <li>• France, 27</li> </ul>  <p><b>Fuente.</b> Elaboración a partir de datos <i>Scopus</i>, consultados en 15/09/2023</p>	<p><b>Top 5 instituciones internacionales:</b></p>  <p><b>Fuente.</b> Elaboración a partir de datos <i>Scopus</i>, consultados en 15/09/2023</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kwame Nkrumah University of Science and Technology, 23</li> <li>• Universidad Cooperativa de Colombia, 21</li> <li>• Federal University Dutse, 20</li> <li>• Universidad Santo Tomás, 18</li> <li>• Université Du Québec, 16</li> <li>• University of Reading, 14</li> <li>• Universitas Sumatera Utara, 13</li> <li>• University of Turin, 13</li> <li>• Cocoa Research Institute of Nigeria, 12</li> <li>• Federal University of Paraná (UFPR), 12</li> </ul>

Fuente. Elaboración a partir de datos *Scopus*®, consultados en 2/10/2023. Espacio de tiempo: 1969:2023. Software de análisis Bibliometrix®

### 3. Publicaciones más citadas

La Tabla 3 proporciona un panorama sobre diversas investigaciones relacionadas con la utilización de residuos agrícolas y biomásas, particularmente en el contexto del cacao. Los estudios abordan una amplia gama de aplicaciones, desde la extracción de microfibrillas de celulosa y la producción de biocombustibles, hasta la mejora de procesos de fermentación del cacao y la producción de biodiesel. Destacan temas como la eficiencia energética en secadores solares para granos de cacao y la evaluación del impacto ambiental de la producción de cacao. Además, se resalta la caracterización de la cáscara de cacao como fuente de compuestos valiosos como flavanoles y alcaloides. En conjunto, estos estudios muestran el potencial de los residuos de cacao y otras biomásas en aplicaciones industriales, energéticas y medioambientales, mostrando cómo estos materiales pueden ser revalorizados para reducir el impacto ambiental y contribuir a la sostenibilidad. La frecuencia de citas indica que estos temas son de interés creciente, reflejando un enfoque hacia el desarrollo de soluciones más sostenibles en la gestión de residuos agrícolas.

**Tabla 3. Publicaciones más citadas**

Publicación	Resumen de la publicación	Total Citas	Total Citas por año
<p>Extraction and characterization of cellulose microfibrils from agricultural residue – Cocos nucifera L., (Uma Maheswari et al., 2012)</p>	<p>Este estudio consistió en la utilización de la vaina de la hoja de la palma de coco en la extracción de microfibrillas de celulosa mediante cloración y proceso de extracción alcalina. Este trabajo proporciona un nuevo enfoque para una utilización más eficaz de las vainas de las hojas de palma de coco para examinar su uso potencial como pulpa y papel y fibras de refuerzo en aplicaciones de biocompuestos.</p>	<p>170</p>	<p>14,17</p>

Publicación	Resumen de la publicación	Total Citas	Total Citas por año
<p>Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans, (Dina et al., 2015)</p>	<p>El objetivo principal de este estudio fue evaluar la eficacia de un secador solar continuo integrado con almacenamiento térmico desecante para deshidratar granos de cacao, se utilizaron dos tipos desecantes y como resultado se encontró que el uso de un secador solar integrado con almacenamiento térmico desecante hace que el secado mediante energía solar sea más eficaz en términos de tiempo de secado y consumo específico de energía.</p>	<p>118</p>	<p>13,11</p>
<p>Incidence of <i>Bacillus cereus</i> and <i>Bacillus subtilis</i> in foods in the Netherlands, (te Giffel et al., 1996)</p>	<p>El artículo trata de la identificación de bacterias contaminantes en alimentos como leche, levadura, harina, productos de pasta, harinas chinas, cacao, chocolate, productos de panadería, productos cárnicos, hierbas y especias, alimentos que fueron muestreados en los países bajos.</p>	<p>116</p>	<p>4,14</p>
<p>Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach, (Ntiamoah &amp; Afrane, 2008)</p>	<p>El objetivo de este documento es ofrecer una imagen completa de los impactos medioambientales asociados a la producción y transformación del cacao en Ghana, aplicando la metodología de evaluación del ciclo de vida (ECV), en donde se incluye extracción de materias primas, la producción de insumos agrícolas, mantenimiento del cultivo, transporte de los granos y la transformación.</p>	<p>111</p>	<p>6,94</p>

Publicación	Resumen de la publicación	Total Citas	Total Citas por año
<p>Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review, (Vásquez et al., 2019)</p>	<p>Este artículo revisa los enfoques biotecnológicos implementados para el manejo y aprovechamiento del subproducto del cacao. Se abordan y discuten temas relacionados con la producción de cacao y la generación de biomasa residual, la sostenibilidad y la valorización de la cadena del cacao; se menciona que la esta biomasa residual se utiliza como abono para el cacaotero. Sin embargo, su eliminación se realiza sin un tratamiento adecuado, lo que provoca olores pútridos y enfermedades de las plantas.</p>	<p>94</p>	<p>18,80</p>
<p>Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador, (Argüello et al., 2019)</p>	<p>El estudio consistió en la evaluación de la distribución espacial del Cadmio en los granos de cacao en el Ecuador; así como los factores edáficos y agronómicos implicado, para este fin se tomaron muestras emparejadas de suelo y plantas (vainas y hojas) en 560 localidades. La información sobre las prácticas agronómicas se obtuvo mediante un cuestionario aplicado a los agricultores. Una de las conclusiones de este estudio está en que la concentración de cadmio es relativamente mayor en el grano debido a la elevada capacidad de absorción de Cadmio de las plantas, combinada con su cultivo en suelos jóvenes.</p>	<p>92</p>	<p>18,40</p>

Publicación	Resumen de la publicación	Total Citas	Total Citas por año
<p>Pelletization of wood and alternative residual biomass blends for producing industrial quality pellets, (García et al., 2019)</p>	<p>El estudio consistió en la producción de pellets para uso industrial a partir de mezclas de serrín de pino (PIN) y biomásas residuales alternativas (cascaras de almendras, huesos de aceitunas, hojas de piñas de pino, cereza de café, orujo de uva, cascara de avellana, miscanthus, en una peletizadora a escala piloto y cascara de cacao); se realizó la mezcla del aserrín de pino con cada uno de las biomásas residuales, sin embargo con la cacota de cacao no se logró realizar los pellets por la baja densidad aparente.</p>	<p>79</p>	<p>15,80</p>
<p>The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation, (Ho et al., 2015)</p>	<p>El estudio consistió en identificar la contribución de las bacterias lácticas a la fermentación del cacao en grano, mediante una fermentación en laboratorio y se compararon con una fermentación tradicional, los granos de cacao fermentados en presencia o ausencia de bacterias lácticas estaban completamente fermentadas, tenían pesos de cáscara similares y daban chocolates aceptables sin diferencias en las clasificaciones sensoriales. Se concluyó que las bacterias lácticas pueden no ser necesarias para el éxito de la fermentación del cacao.</p>	<p>79</p>	<p>8,78</p>
<p>Pressurized liquid extraction of</p>	<p>La cáscara de cacao (CS) es un coproducto de la industria del cacao utilizado</p>	<p>78</p>	<p>13,00</p>

Publicación	Resumen de la publicación	Total Citas	Total Citas por año
<p>flavanols and alkaloids from cocoa bean shell using ethanol as solvent, (Okiyama et al., 2018a)</p>	<p>principalmente como combustible para calderas, pero con aplicaciones secundarias como fertilizante y en la alimentación animal. Aunque se sabe que este material es rico en flavanoles y alcaloides, hasta la fecha no se ha realizado ningún estudio que haya identificado cuantitativamente estos compuestos en la CS. Por ello, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el CS en cuanto a su composición, en lo referente a catequina, epicatequina, procianidina B2, cafeína y teobromina, y evaluar la cinética de extracción de los flavanoles totales mediante extracción líquida presurizada (ELP) con etanol absoluto.</p>		
<p>The potential of using cocoa pod husks as green solid base catalysts for the transesterification of soybean oil into biodiesel: Effects of biodiesel on engine performance, (Ofori-Boateng &amp; Lee, 2013)</p>	<p>En este estudio se investigó la viabilidad del uso de potasa de cáscaras de mazorca de cacao (CPH) en la transesterificación de aceite de soja en biodiésel. Se midieron las eficiencias térmicas de frenado y el par motor de cada muestra de combustible a diferentes cargas. Las pruebas de motor mostraron un mejor rendimiento para todas las muestras de combustible (B100 y B40), mostrando el B40 características cercanas al gasóleo de petróleo. Por lo tanto, este primer informe sobre la utilización de CPH como catalizador para biodiesel muestra</p>	<p>77</p>	<p>7,00</p>

Publicación	Resumen de la publicación	Total Citas	Total Citas por año
	una alta viabilidad de la producción de catalizadores de base heterogénea verde comercialmente a partir de CPH para la producción sostenible de biodiesel.		

Fuente. Elaboración a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

#### 4. Publicaciones más recientes

Respecto a las publicaciones más recientes, la Tabla 4 muestra, por ejemplo, estudios recientes sobre la producción de biocombustibles a partir de residuos lipídicos del cacao, así como la extracción de microfibrillas de celulosa para aplicaciones biomédicas y en biocompuestos. Además, la utilización de biocarbón derivado de vainas de cacao se muestra prometedora en la agricultura y recuperación medioambiental. Otros estudios se enfocan en los efectos del cadmio en suelos cacaoteros y el desarrollo de protocolos para mejorar la productividad del cacao en nuevas áreas de cultivo. A nivel de salud, se ha investigado el uso de extractos de cáscara de cacao en tratamientos para enfermedades periodontales, resaltando sus propiedades antibacterianas y antiinflamatorias. En conjunto, estos trabajos sugieren que futuras investigaciones se centren en desarrollar tecnologías sostenibles y eficaces para aprovechar al máximo los subproductos del cacao, entre ellas, la combinación de técnicas y optimización de los parámetros del proceso de pirólisis para mejorar la eficiencia y calidad del biocarbón producido; la explotación de la celulosa microfibrilada (MFC) extraída de la cáscara de mazorca de cacao para su uso en aplicaciones avanzadas como la impresión 3D, embalaje biodegradable y materiales biomédicos, aprovechando sus propiedades mecánicas y biocompatibles; utilización de residuos lipídicos sólidos, como los destilados de ácidos grasos de cacao, para la producción de proteínas y aceites microbianos destinados a la alimentación humana y animal; y el uso de extractos de cáscara de cacao con propiedades antibacterianas y

antiinflamatorias en tratamientos de enfermedades periodontales, explorando nuevas aplicaciones terapéuticas.

**Tabla 4. Publicaciones más recientes**

Publicación	Resumen de la publicación
Single cell protein and oil production from solid cocoa fatty acid distillates co-fed ethanol, (Peterson et al., 2023)	El uso de residuos lipídicos sólidos se ha pasado por alto como materia prima para la producción de biomasa microbiana destinada a la alimentación humana y animal, y apenas se han examinado trabajos recientes sobre la utilización de destilados sólidos de ácidos grasos (DAG), que son un residuo importante del procesado de aceites vegetales.
Evaluation of Parameters Which Influence Voluntary Ingestion of Supplements in Rats, (Ruvira et al., 2023)	El estudio consistió en el desarrollo de un protocolo para la ingestión voluntaria de suplementos a base de gelatina en ratas, evaluando la influencia de la edad, el sexo, el ayuno (4 h) y los aditivos (vainilla, VF; sucralosa, S), y probarlo en madres lactantes. Se intervinieron ratas Sprague-Dawley de tres semanas y 5 meses de edad individualmente en una jaula vacía que contenía un cubo de gelatina y se entrenaron diariamente (5 días/semana), registrando el día en que se consumía el cubo entero (latencia).
Optimization of microfibrillated cellulose isolation from cocoa pod husk via mild oxalic acid hydrolysis: A response surface methodology approach, (Zambrano-Mite et al., 2023)	La falta de tecnologías de reutilización en la agroindustria del cacao ha dificultado la explotación de biocomponentes valiosos aplicables a la generación de bioproductos de alto valor añadido. Uno de estos bioproductos es la celulosa microfibrilada (MFC), un biopolímero que destaca por sus deseables propiedades mecánicas y biocompatibilidad en aplicaciones biomédicas, de embalaje, impresión 3D y construcción, el este estudio se aisló celulosa microfibrilada (MFC) a partir de cáscara de mazorca de cacao (CPH) mediante hidrólisis con ácido oxálico combinada con una explosión de vapor.

Publicación	Resumen de la publicación
<p>Unlocking the hidden value of pods: A review of thermochemical conversion processes for biochar production, (Iwuozor et al., 2023)</p>	<p>Se ha descubierto que las vainas de cacao son el precursor más utilizado para la síntesis de biocarbón, y la pirólisis es la técnica más utilizada para la producción de biocarbón a base de vainas. La conversión de las vainas en biocarbón se ve afectada por diversas variables, como la velocidad de calentamiento, la temperatura, la duración de la conversión y la presión. El biocarbón a base de vainas se ha utilizado en la agricultura, la recuperación medioambiental y el desarrollo de compuestos. La investigación futura debería explorar la combinación de técnicas y la optimización de los parámetros del proceso de conversión para materias primas de vaina específicas.</p>
<p>Effects of Cocoa Pod Husk Extract (Theobroma Cacao L.) on Alveolar Bone in Experimental Periodontitis Rats, (Rahayu et al., 2023)</p>	<p>La utilización de residuos de mazorcas de cacao (Theobroma cacao L) con su contenido en polifenoles tiene efectos antibacterianos, antioxidantes y antiinflamatorios. Este estudio pretende determinar el efecto del gel de extracto etanólico de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) sobre el número de osteoblastos y osteoclastos, así como la expresión de BMP-2 en el hueso alveolar de ratas modelo de periodontitis.</p>
<p>Proceedings of the 1st Unhas International Conference on Agricultural Technology, UICAT 2021, AIP Conference Proceedings, 2596</p>	<p>El artículo trata sobre la implementación de procesos agroindustriales y su efecto en la calidad de los alimentos, así como los diferentes usos para tratamiento de enfermedades.</p>
<p>Implementation of pre-harvest techniques in emerging agroforestry systems to increase</p>	<p>El rendimiento del cacao se ha visto afectado por diferentes aspectos ambientales, culturales y fitosanitarios. La aparición de nuevas zonas de cultivo permite explorar la posibilidad de generar nuevos sistemas económicos y ecológicos que</p>

Publicación	Resumen de la publicación
<p>the yield of cocoa tree (<i>Theobroma cacao</i> L.), (Mendoza-Meneses et al., 2023)</p>	<p>cumplan con las tendencias actuales de la agricultura ecológica. Para ellos, las prácticas de precosecha como la poda y la fertilización del suelo son dos herramientas necesarias para controlar la productividad de los agroecosistemas cacaoteros. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue analizar la implementación de técnicas de precosecha y la calidad del suelo para incrementar el rendimiento en un agroecosistema cacaotero en una zona emergente en la Huasteca Potosina de México.</p>
<p>Natural and Anthropogenic Sources of Cadmium in Cacao Crop Soils of Santander, Colombia, (Joya-Barrero et al., 2023)</p>	<p>En una de las principales regiones productoras de cacao de Colombia se han detectado elevados niveles de cadmio (Cd) en los productos del cacao, con concentraciones muy superiores a las permitidas para la exportación y que suponen una amenaza potencial para la salud humana. Para determinar el origen del Cd se utilizaron análisis geoquímicos y petrográficos de fertilizantes, suelos y rocas de tres explotaciones. Las rocas madre fueron la principal fuente de Cd en los suelos, mientras que el fertilizante orgánico puede haber contribuido aún más al elevado contenido de metal en una explotación.</p>
<p>Growth, yield and proximate composition of plantain, <i>Musa</i> species cultivated on soils amended with crop residues, (Akinrinade et al., 2023)</p>	<p>Este estudio investigó el potencial de los residuos de cultivos para mejorar el crecimiento y rendimiento del plátano, así como sus composiciones próximas. El biocarbón, la cáscara de la vaina de cacao y el salvado de arroz se aplicaron en las dosis de 4, 6, 8 y 10 t/ha después de tres semanas del establecimiento de los chupones en las parcelas experimentales. Los experimentos se llevaron a cabo en dos lugares diferentes, FUTA y Ejigbo, y se dispusieron en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.</p>

Publicación	Resumen de la publicación
<p>Simulating cocoa production: A review of modelling approaches and gaps, (Tosto et al., 2023)</p>	<p>El cacao es un importante cultivo básico y fuente de ingresos para millones de pequeños agricultores. Sin embargo, siguen planteándose interrogantes sobre el funcionamiento del cacaotero, las mejores prácticas de gestión y las respuestas al cambio climático. El estudio consistió en revisar literatura y posibles estrategias para avanzar en los modelos de producción de cacao.</p>

Fuente. Elaboración a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

### 5. Referentes en investigación, autores, instituciones, países y fuentes de consulta

La identificación de referentes en investigación a través del análisis de publicaciones científicas permite conocer investigadores, organizaciones, países líderes, y las principales fuentes de consulta (tanto para la divulgación de nuevo conocimiento, como para la consulta de conocimiento de línea base). La figura 3 presenta una visualización de tres variables (*Sankey plot*), la cual genera una visualización que permite generar una interrelación entre palabras claves (tópicos más frecuentes), organizaciones (instituciones líderes en investigación), y países (referentes mundiales).

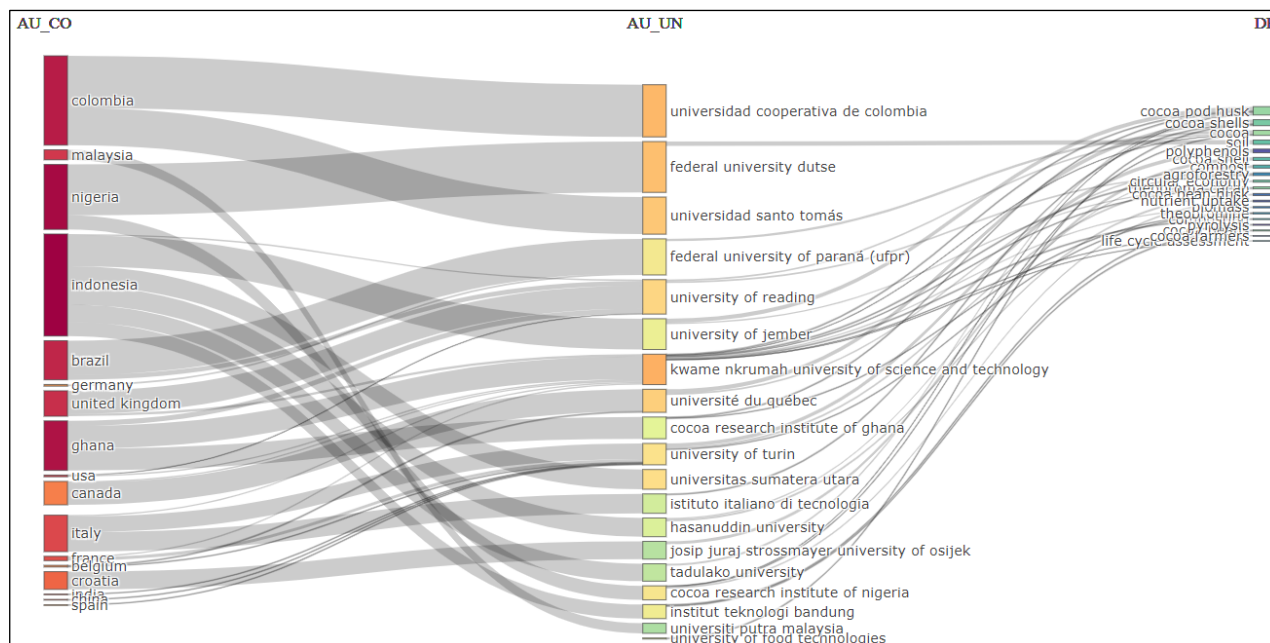
En esta figura se destacan como países referentes Colombia, Malasia, Nigeria, Indonesia, Brasil, Alemania, Reino Unido, Ghana, Estados Unidos, Canadá e Italia. Cada uno de estos países cuenta con una institución líder en la investigación respectivamente.

Los temas generales de referencia en la investigación en usos de biomasa residual de cacao se concentran en los usos de la cascarilla de cacao (en inglés, cocoa shells) que se refiere a la fina capa que recubre la semilla del cacao (el grano de cacao) después de que este ha sido tostado; la cascara o mesocarpiode cacao (en inglés, cocoa pod husk) hace referencia a la cubierta externa gruesa y dura del fruto del cacao, conocida como mazorca o vaina, así como en temas asociados a pirolisis, polifenoles, análisis de ciclo de vida, economía circular y absorción de nutrientes.

Respecto a los residuos de la cáscara de la mazorca de cacao y la cascarilla de cacao, autores como (Barišić et al., 2020) indican que la cascarilla de cacao contiene fibras dietéticas, proteínas, polifenoles, metilxantinas (como la teobromina y la cafeína), entre otros compuestos beneficiosos; pero que no se puede utilizar directamente en la producción de alimentos debido a la presencia de componentes que pueden ser perjudiciales para la salud humana, como micotoxinas, microorganismos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados; lo que ha llevado a investigar sobre métodos innovadores de contaminación, entre los que se encuentra el uso de descargas eléctricas de alto voltaje. En ese sentido, se ha investigado sobre la modificación química de la cascarilla de cacao para añadir valor a este material natural, ya que hasta ahora se ha utilizado de manera limitada como aditivo alimentario, mantillo de jardín, acondicionador de suelos o incluso se quema como combustible, rara vez ha sido investigada para su modificación o revalorización (Fioresi et al., 2017).

Otros autores como (Budaraga et al., 2022) han estudiado el potencial de los residuos de cascarilla de cacao como agente antimicrobiano a partir de la aplicación del humo líquido obtenido de esta cascarilla, especialmente contra el hongo *Lasiodiplodia theobromae*. Asimismo, se ha demostrado que la cascarilla de cacao también puede ser un agente estructurante eficaz, promoviendo un compostaje eficiente y seguro, contribuyendo así a la valorización de los residuos orgánicos, funcionando muy bien en mezclas con lodos fisicoquímicos y lodos biológicos, facilitando la aireación y la descomposición de los materiales (Boutin et al., 2010).

**Figura 3. Gráfico Sankey Países-Instituciones-tópicos generales**



Fuente. Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

Respecto a los temas de países encontrados con este análisis de ciencia-metría, se alinea con la participación por países en la producción mundial de cacao, la cual se detalla en la Tabla 5, en la que África, Asia y América Latina son las principales regiones productoras de cacao. Costa de Marfil de África es el mayor país productor de cacao por volumen y comprende el 33% del suministro mundial y Ghana es el segundo país productor de cacao después de Costa de Marfil (Amusan et al., 2005, Anang et al., 2013, Awua, 2002).

**Tabla 5. Distribución de la producción mundial de cacao**

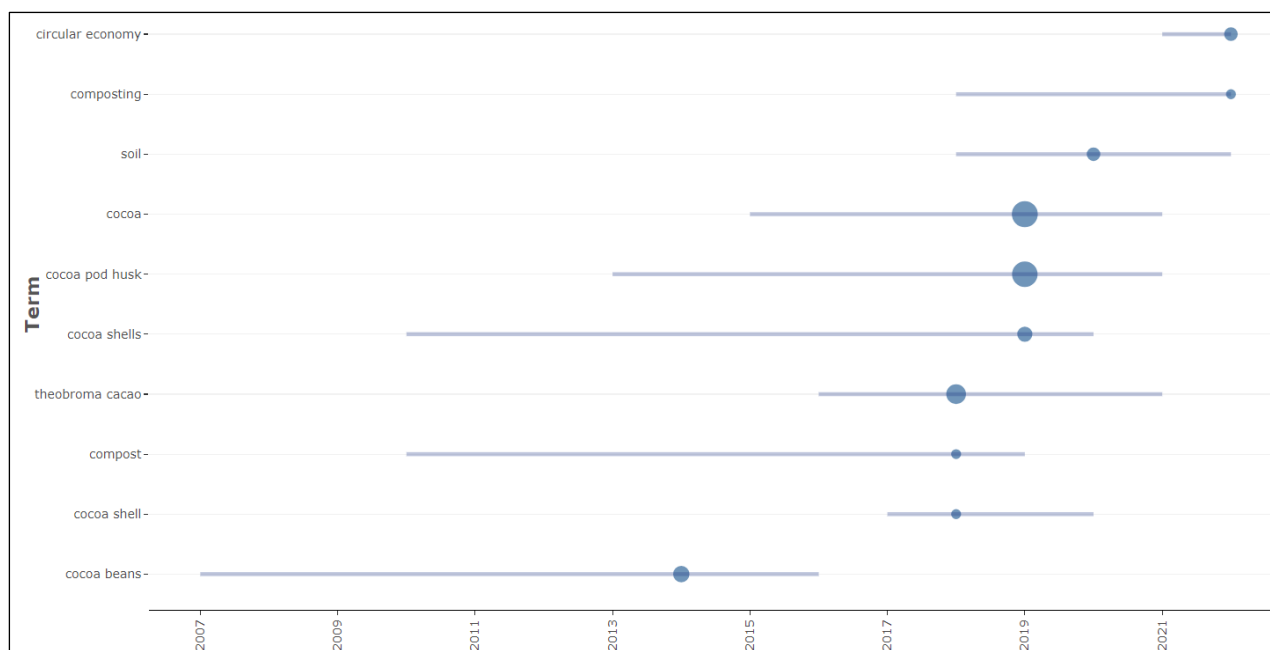
Regiones	Países	Participación en la producción
África	Costa de Marfil, Ghana, Nigeria, Camerún	68%
Asia/Oceanía	Papúa Nueva Guinea, Malasia, Indonesia,	17%
América	Colombia, Brasil, Ecuador	15%

Fuente: (Amusan et al., 2005, Anang et al., 2013, Awua, 2002)

## 6. Tópicos Tendenciales

El análisis de tópicos tendenciales permite identificar temas persistentes en la ventana de observación relacionada con la investigación en «usos de *biomasa residual del cultivo de cacao*». En la Figura 4 se presentan los tópicos tendenciales entre 1858:2023.

**Figura 4. Tópicos tendenciales**



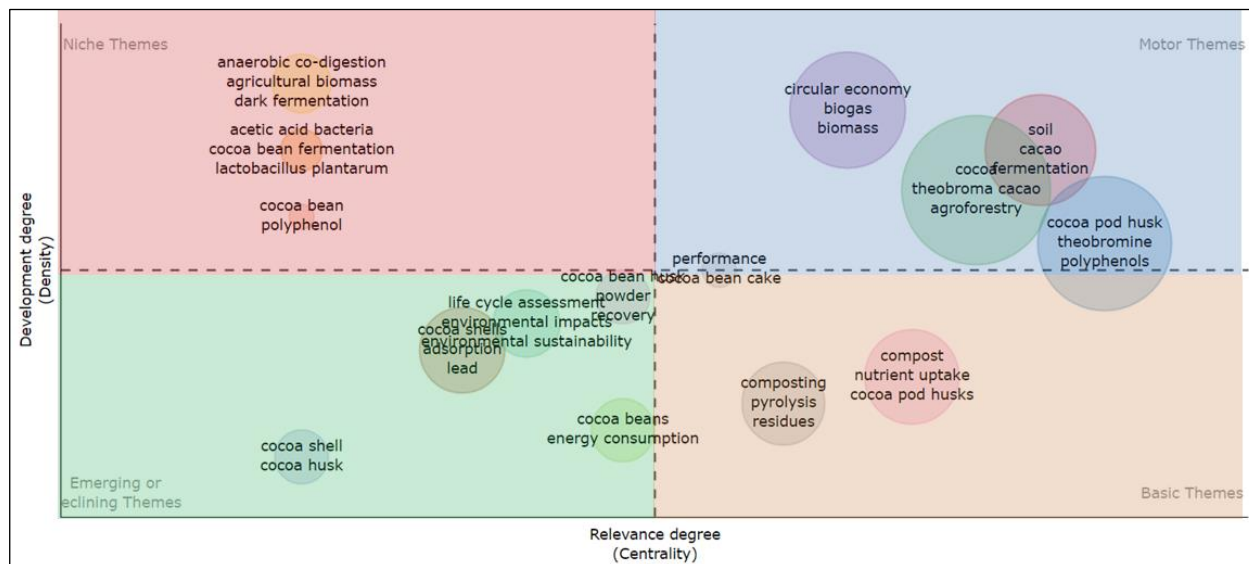
**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

## 7. Mapa de distribución temática

El mapa de distribución temática permite categorizar los principales tópicos de investigación por medio de dos dimensiones. La primera dimensión relevancia (grado de centralidad), establece la importancia relativa de cada tópico en el campo de investigación, y la segunda dimensión desarrollo (grado de densidad), establece el avance y amplitud en los conocimientos generados en el campo de investigación. La interacción de esta dos dimensiones conforma cuatro cuadrantes de análisis: i) temas motor: que comprenden el frente de investigación abarcando los tópicos con mayor relevancia y desarrollo; ii) temas básicos y transversales: temas con alta relevancia y un desarrollo estable; iii) temas emergentes o decadentes: temas con baja relevancia y desarrollo pero con el potencial de

convertirse en temas básicos o transversales, en temas motor o en tema especializados; y, iv) temas nicho o especializados, temas con un alto grado de desarrollo investigativo pero que su relevancia en el campo de investigación aún no es alta. En la Figura 5 se presenta el mapa temático para la investigación en «usos de *biomasa residual del cultivo de cacao*».

**Figura 5. Mapa temático de distribución de tópicos**



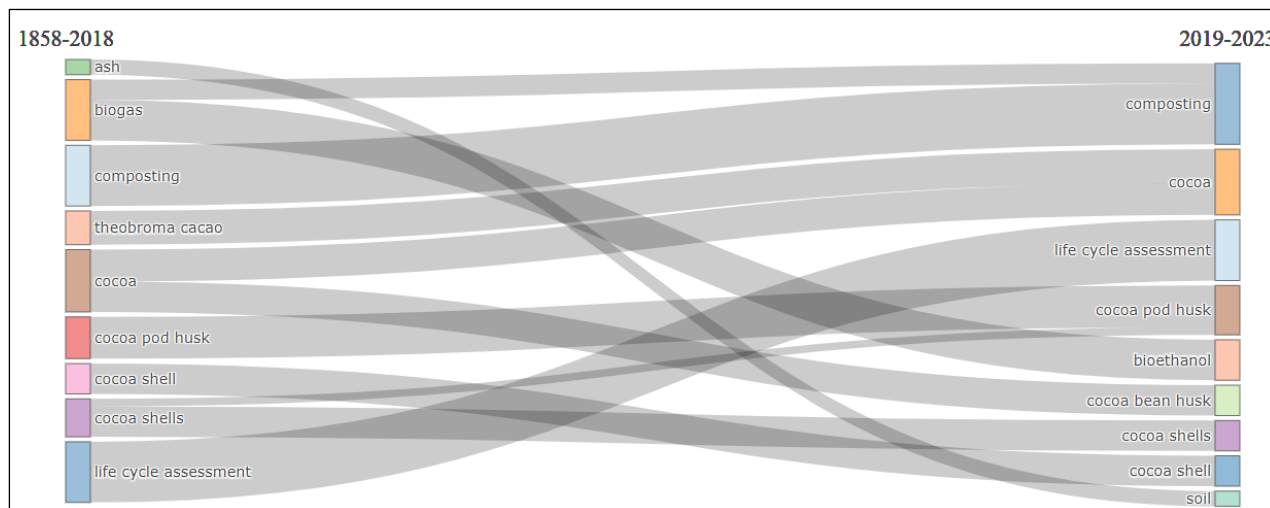
**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

## 8. Mapa de evolución temática

En la Figura 6, se muestra el mapa de evolución temática sobre cómo han cambiado los enfoques de investigación relacionados con el cacao y sus subproductos a lo largo del tiempo, comparando dos periodos: 1858-2018 y 2019-2023. Este mapa muestra una continuidad y transformación en la investigación sobre el cacao y sus subproductos. El compostaje ha mantenido su relevancia en ambos periodos, lo que sugiere un interés sostenido en la gestión sostenible de los residuos de cacao. Términos como *cocoa* y *cocoa pod husk* también han persistido, pero su aplicación ha evolucionado hacia la valorización, integrándose más con temas como la producción de bioetanol y la evaluación del ciclo de vida. En el periodo 2019-2023, ha emergido un enfoque nuevo e importante en la producción de bioetanol a partir de subproductos del cacao, reflejando un creciente interés

en la conversión de estos residuos en biocombustibles. Asimismo, han surgido temas como *soil* y *life cycle assessment*, que subrayan un mayor enfoque en la evaluación ambiental y la sostenibilidad agrícola, influenciados por las preocupaciones sobre el impacto ambiental del cultivo y procesamiento del cacao. En cuanto a la redefinición de subproductos, términos como *cocoa shells* y *cocoa bean husk* han ganado protagonismo, indicando un renovado interés en su valorización en aplicaciones industriales o energéticas. Por otro lado, *ash* parece haber perdido prominencia, a pesar de que la producción de biogás sigue siendo relevante, es posible que lo relacionado a la ceniza generada durante la combustión de subproductos del cacao, como las vainas o cáscaras, ahora sea investigado en otros procesos energéticos donde se aprovechan los residuos del cacao para generar energía.

**Figura 6. Mapa de evolución temática**



**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento Bibliometrix 4.1.1

### 9. Red de Co-ocurrencia de tópicos

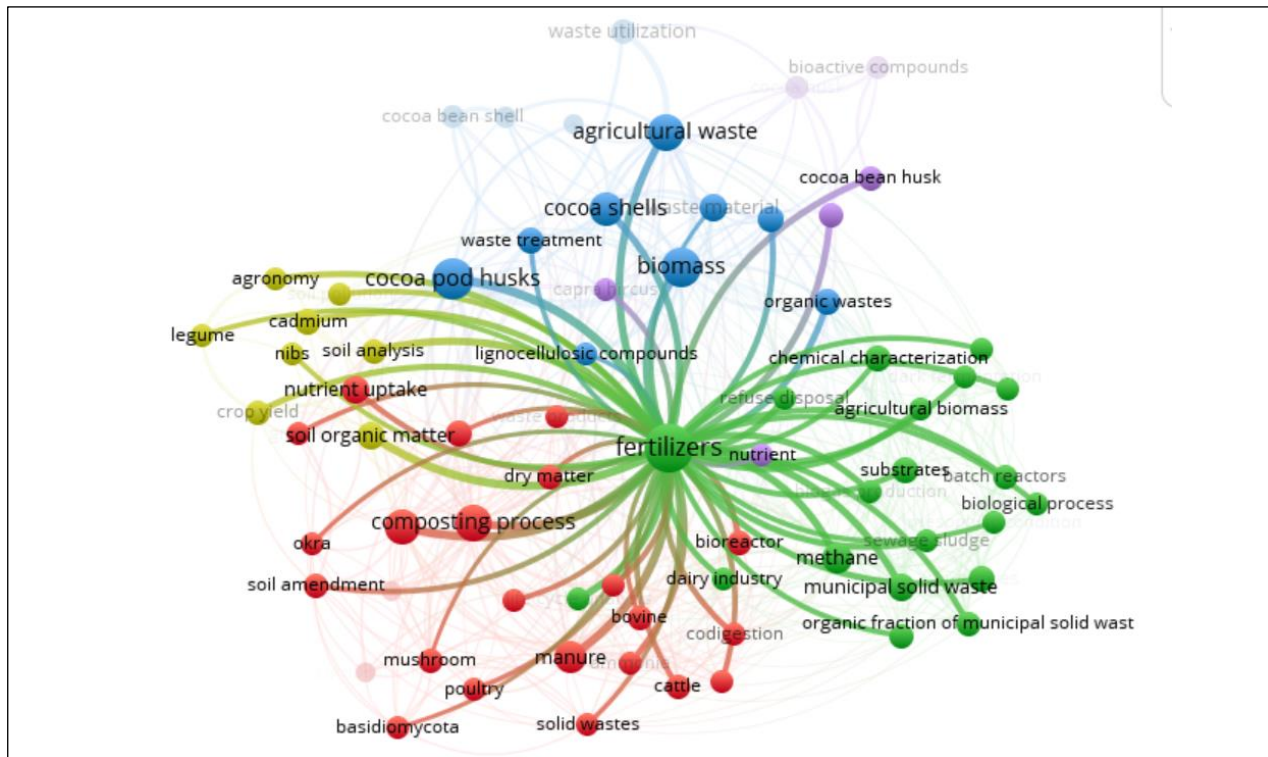
La red de co-ocurrencia de tópicos clave permite identificar la manera cómo los tópicos se integran en clústeres temáticos generando focos de investigación. En la Figura 7 se identifican 7 clústeres que comprenden un total de 118 tópicos clave extraídos de un total de 2.674 tópicos, y que se seleccionan bajo el criterio que sean abordados en al menos 5 documentos del corpus total de 296 documentos. **El clúster más sobresaliente, es el clúster rojo**, el cual aborda tanto procesos físicos como químicos, como extracción,





de gases de efecto invernadero y el aumento en la producción de cultivos con un enfoque de desarrollo sostenible (Isrun et al., 2021).

**Figura 9. Red de coocurrencia del tópico clave *fertilizers***



**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento VosViewer®

Por otra parte, el enfoque de procesos de cero desperdicios cuyo objetivo es la valorización de los desperdicios de alimentos en la ecuación de la economía circular, es actualmente uno de los temas más candentes en la investigación de la sostenibilidad. Este objetivo aún está lejos de lograrse por completo a pesar del lanzamiento de una serie de patentes y documentos que tratan el tema. Por lo que, sigue siendo un reto profundizar en investigaciones para valorizar la cáscara de cacao, como uno de los principales subproductos del proceso de tostado, para potenciar la extracción efectiva de compuestos de alto valor añadido mediante protocolos verdes, logrando obtener componentes de alimentación animal y cobertura de cultivos, debido a extractos valiosos, que son ricos en flavanoles antioxidantes (catequinas y epicatequinas), teobromina ( $32,7 \pm 0,12$  mg/g de cáscaras), cafeína ( $1,76 \pm 0,08$  mg/g de cáscaras) y manteca de cacao (Grillo et al., 2019).

Esto explica, que el siguiente clúster más importante sea el clúster azul, el cual se compone de 13 items, y las palabras más relevantes son *cocoa shells*, *biomass*, *cocoa pod husks* y *agricultural waste*. Este clúster asocia las palabras relacionadas con los residuos en la producción de cacao. Este clúster es importante, porque, de hecho, sólo el 10% del peso total del fruto del cacao se utiliza para su comercialización, mientras que el 90% restante se desecha como desperdicio o subproducto (Batteggazzore et al., 2014). Uno de estos subproductos es el tegumento externo que recubre los granos de cacao, también conocido como cáscara de grano de cacao (CBH - Cocoa bean husk ó CBS - Cocoa bean shells), que se genera durante el proceso de tostado. Los CBS constituyen alrededor del 10% al 17% del peso total de los granos de cacao (Hashimoto et al., 2018; Rojo-Poveda et al., 2020) y algunos estudios han revelado que es probable que estos porcentajes varíen dependiendo del tipo de fermentación de los granos de cacao (Thi et al., 2013).

De acuerdo con (Hernández-Hernández et al., 2019), la cáscara del grano de cacao es el principal subproducto de la industria del cacao y un importante residuo agroindustrial de la transformación de los granos de cacao, por ser una fuente de compuestos bioactivos, como teobromina, epicatequina y catequina; ya que a pesar de ser considerado un subproducto, la composición nutricional del CBS no difiere mucho de la de los granos de cacao, excepto por las grasas, que están mucho más presentes en los granos de cacao, mientras que en las cáscaras predominan las fibras (Martín - Cabrejas et al., 1994). Entre estas aplicaciones, se podrían considerar como las aplicaciones más comunes nuevos usos en el campo de la industria alimentaria, piensos para el ganado, o su utilización por la industria como biocombustible, absorbente o composite, entre otras (Balentic et al., 2018; Okiyama et al., 2017). Sin embargo, en los últimos años han aparecido otro tipo de aplicaciones centradas en la biofuncionalidad y bioactividad de este subproducto del cacao. Por ejemplo, el uso de su extracto (CBHE-cocoa bean husk extract), para preparar enjuague bucal de chocolate con resultados mejores en la eficacia antiplaca y la propiedad antibacteriana al reducir el crecimiento de *Streptococcus mutans*, lo que significa un mejor enjuague anticariogénico y no alcohólico en comparación con clorhexidina (CHX) y fluoruro

de sodio (NaF), que puede usarse de manera segura en niños como enjuague bucal de rutina y también para aquellos con gingivitis y alto riesgo de caries (Kibriya et al., 2023).

Entre los diferentes usos de CBS, se destaca el uso como alimento para animales, teniendo en cuenta el enfoque y alcance del proyecto en el que se enmarca este estudio. El CBS tiene cantidades considerables de proteínas, minerales y vitaminas que lo convierten en un material interesante y económico para la alimentación del ganado. Sin embargo, el CBS también contiene grandes cantidades de taninos y teobromina, que podrían actuar como antinutrientes en algunos animales, bloqueando algunos nutrientes esenciales durante la digestión y reduciendo su biodisponibilidad (Adeyemo, Ajayi, Longe, et al., 2015a). La teobromina también puede causar diferentes efectos tóxicos en algunos animales, como mal funcionamiento del hígado y la tiroides en los caballos (Alexander et al., 2009) o incluso la muerte en perros cuando se ingiere en grandes cantidades (Drolet et al., 1984). A pesar de la presencia de teobromina, los estudios han revelado efectos positivos cuando se utilizan dietas enriquecidas con la cantidad adecuada de CBS para aves de corral, conejos, rumiantes o cerdos. Algunos autores (Adeyemo, Ajayi, & Olubamiwa, 2015; Adeyemo, Ajayi, Longe, et al., 2015a) fijaron la sustitución máxima de harina de maíz y soja con CBS en 10%, donde observaron órganos internos reducidos en peso en aves de engorde, mientras que la morfología intestinal mejoró, mostrando dimensiones mejoradas de vellosidades y criptas. Otros autores (Emiola et al., 2011), observaron los mismos cambios negativos mencionados en gallinas ponedoras con más del 15% de sustitución de CBS. Con respecto a la calidad del huevo, se propuso como límite máximo del 10% al 25% de sustitución del maíz por CBS en la dieta de las gallinas ponedoras, más allá del cual el peso y la calidad del huevo se verían comprometidos (Oduniyi, 2015; Olumide et al., 2014). Sin embargo, Day y Dilworth (Day & Dilworth, 1984) hicieron una observación importante sobre la alimentación de pollos de engorde con CBS, quienes encontraron que cantidades equivalentes de teobromina pura eran más tóxicas para los pollos de engorde que las proporcionadas por la harina de CBS. Para conejos se propuso una sustitución máxima del 10%, ya que por encima de ese valor se observó una disminución del volumen celular (carencias nutricionales) y un aumento de los glóbulos blancos (estrés nutricional), aunque sólo se observó pérdida de peso con más del 20% de reemplazo de comidas CBS (Ogunsipe et al., 2017). Otros estudios sugirieron la inclusión de 200 g de CBS por kg de

peso corporal del conejo como valor para la relación costo-beneficio óptima (Adeyina A O et al., 2010; Ayinde et al., 2010). En cuanto al ganado, un alto contenido de fibra supone un valor añadido para el CBS como material alimentario, y se ha demostrado que las dietas que contienen hasta un 40% de CBS producen efectos positivos en la ganancia diaria de peso corporal y la eficiencia alimenticia (Soeharsono et al., 2017). Utilizado como material de cama, se demostró que el CBS aumentaba la producción de leche de las vacas debido a un aumento en su tiempo de postura, además, también disminuía el recuento de bacterias en los pezones y los niveles de cortisol en las vacas (que es un marcador de estrés), así como como concentraciones de amoníaco en los graneros (Yajima et al., 2016). Magistrelli demostró que una dieta con hasta un 7,5% de CBS no afectaría el crecimiento de los cerdos y mejoraría su microbiota al aumentar los niveles de bacterias que producen ácidos grasos de cadena corta, como el butirato, conocido por sus efectos antiinflamatorios (Magistrelli et al., 2016). En acuicultura, se encontró que alimentar a la tilapia del Nilo con una dieta con 23% de CBS resultó en una reducción del costo de alimentación del 35,6% y una mayor ganancia de peso y tasa de conversión alimenticia (Ouattara et al., 2014).

No obstante, también se ha demostrado que la presencia de teobromina ha limitado el uso directo de CBS en la alimentación animal, y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha establecido recientemente 300 mg/kg como nivel máximo de teobromina en los piensos, con excepción de 700 mg/kg para pienso completo para bovinos adultos (Alexander et al., 2008). Por estas razones, han aparecido varias estrategias de remediación con teobromina para aumentar el uso de CBS como material alimentario. Entre estas estrategias, se han propuesto tratamientos fisicoquímicos, como la ebullición de CBS o la extracción hidrotópica. Además, varios estudios han propuesto tratamientos de fermentación de hongos de CBS para la biodesteobrominación, demostrando que especies como *A. niger*, *Talaromyces* o *P. ostreatus* spawn son capaces de metabolizar la teobromina, obteniendo hasta un 78,13% de reducción del contenido de teobromina en CBS (Adeyemo, Ajayi, Longe, et al., 2015b; Aromolaran et al., 2018; Bentil, 2012; Oduro-Mensah et al., 2018).

Respecto a la cascara de cacao (CS - Cocoa shell), los autores indican que es un coproducto de la industria del cacao que se utiliza principalmente como combustible para

calderas, pero con aplicaciones secundarias como fertilizante y alimento para animales (Okiyama et al., 2018b). Si bien se sabe que este material es rico en flavanoles y alcaloides, aún se requiere caracterizar la cáscara de cacao en términos de su composición, en cuanto a catequina, epicatequina, procianidina B2, cafeína y teobromina.

Los últimos dos clústeres, son el amarillo que contiene 8 ítems relacionados con agronomía, cadmio, leguminosas, nibs, y análisis del suelo en cuanto a materia orgánica y contaminación del suelo; y el clúster morado, que contiene 6 ítems relacionados con nutrientes y compuestos bioactivos. Respecto al clúster amarillo, su relación por cercanía es con el clúster rojo, y comparte investigaciones donde se integran temáticas de materia orgánica en suelos con procesos de compostaje y absorción de nutrientes. En cambio, el clúster morado es cercano al clúster azul, y tres de las cinco palabras tienen que ver con subproductos del cacao.

## 10. Mapa de superposición de tópicos claves

Este mapa permite analizar la evolución de los tópicos de interés en el campo de investigación analizado de los usos de residuos de cacao. Se visualiza que los tópicos emergentes entre los años 2020 y 2023, son bioeconomía circular, análisis del cadmio, procesos de recuperación, biochar obtenido de residuos de cacao y uso de cáscara de vaina como fuente de energía renovable o como abono.

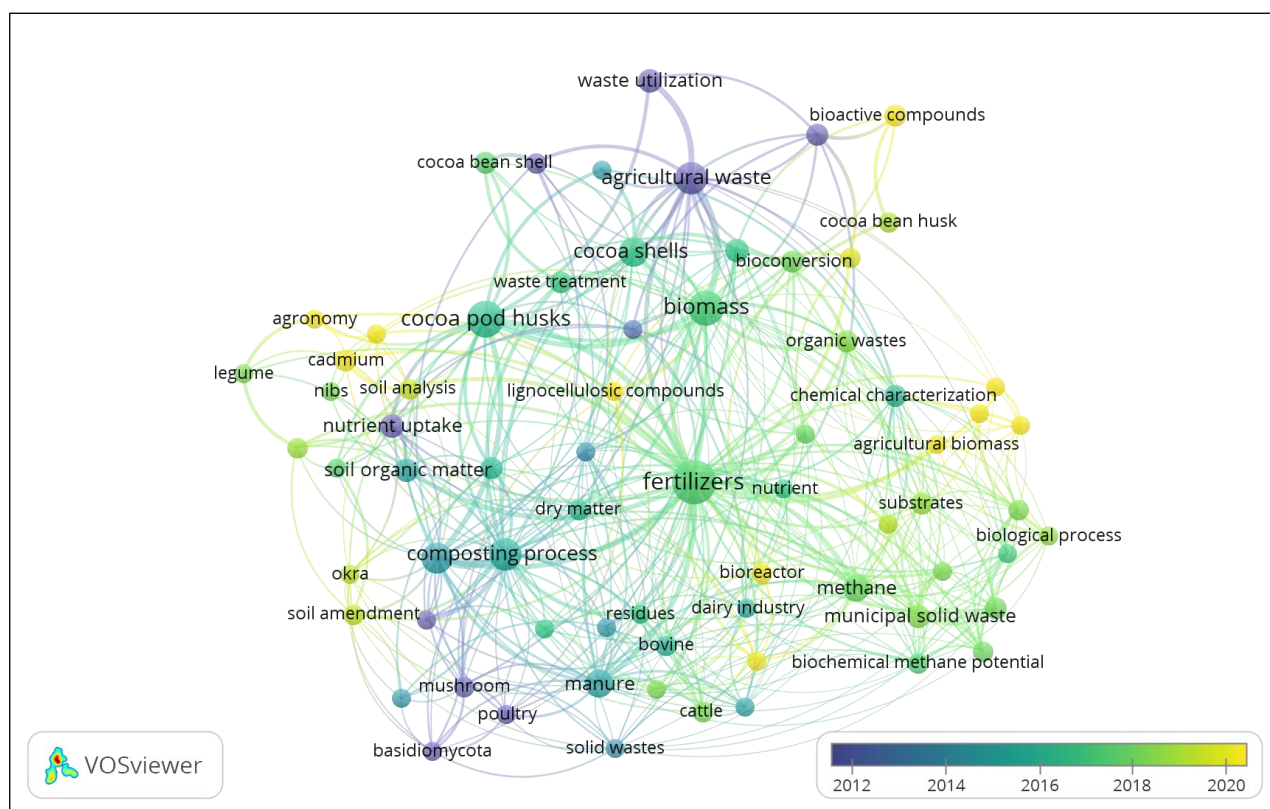
En ese sentido y según la evolución de los intereses en la investigación, los tópicos más recientes, emergentes entre 2020 y 2023, evidencian un creciente enfoque en la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de estos residuos. Conceptos como la bioeconomía circular destacan, reflejando el interés en integrar los residuos del cacao en sistemas económicos que optimicen su reutilización y minimicen el desperdicio. El análisis del cadmio también ha cobrado importancia, debido a las preocupaciones sobre la contaminación de suelos cacaoteros y su impacto en la seguridad alimentaria.

Otros tópicos emergentes incluyen procesos de recuperación, como la producción de biochar a partir de residuos de cacao, que tiene aplicaciones en la mejora del suelo y en la captura de carbono. Además, el uso de la cáscara de la vaina de cacao como fuente de



de la biomasa y la producción de biochar y biogás, con temas como *methane*, *composting*, y *bioconversion* ganando relevancia entre 2018 y 2020, lo que indica un enfoque en la conversión de residuos en energía renovable y en la mejora del manejo de desechos. Además, se observa que los términos como *fertilizers*, *nutrients*, y *soil amendments* están conectados a la sostenibilidad agrícola y la mejora de la productividad del suelo mediante la reutilización de residuos. El término *bioconversion* resalta el interés en tecnologías emergentes para convertir residuos en productos de alto valor añadido, alineándose con las tendencias hacia una bioeconomía circular y sostenible.

**Figura 11. Red de coocurrencia de tópicos clave refinando conjunto de palabras definidas por equipo técnico de investigación – línea temporal**

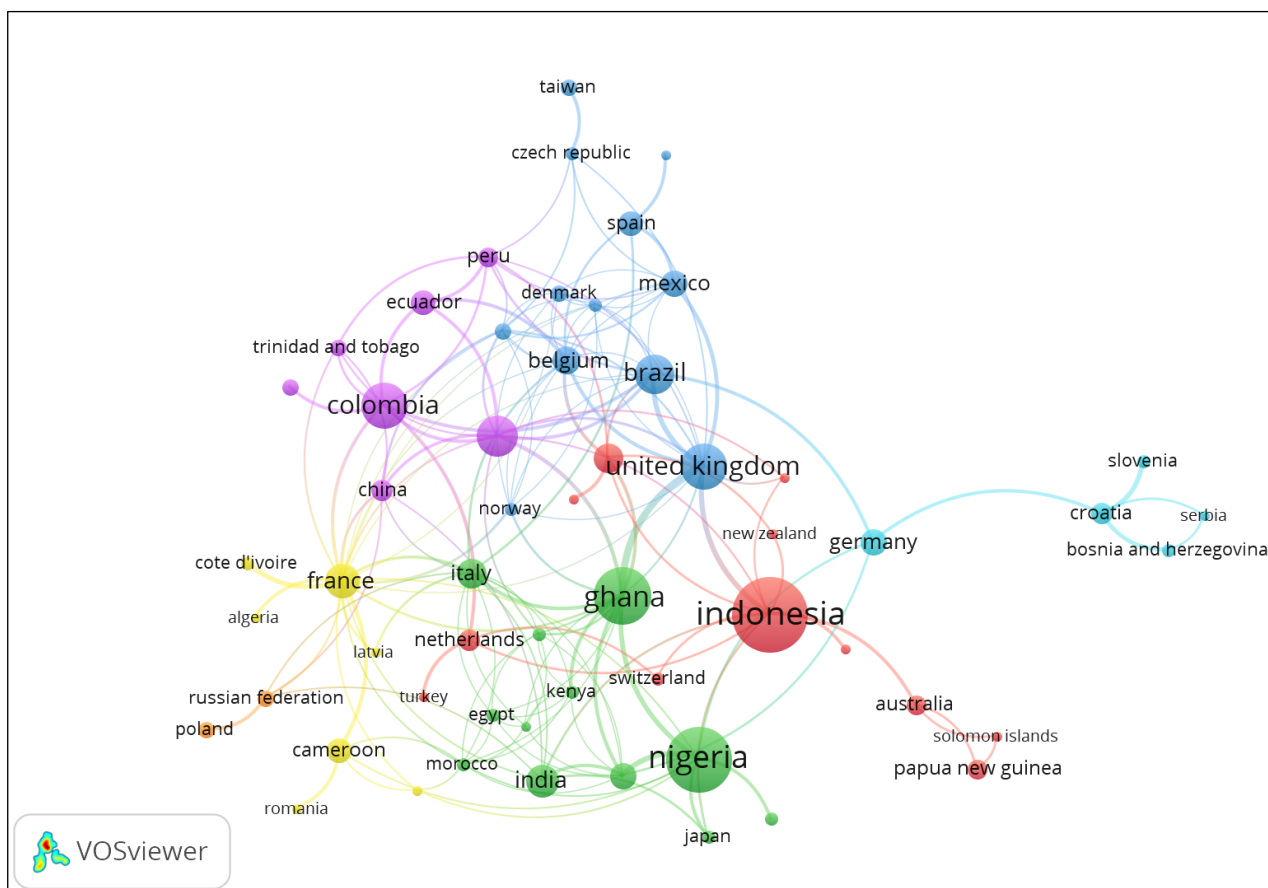


**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento VosViewer®

## 11. Red internacional de colaboración

Esta red está conformada por siete clústeres (grupos de trabajo) como se observa en la Figura 12. El primer clúster (rojo) liderado por Indonesia establece una red de cooperación con el país más grande y poblado del océano Pacífico: Papúa Nueva Guinea. El segundo clúster (verde) liderado por Nigeria y Ghana comprende una interacción entre Asia, Europa y África occidental. El tercer clúster (morado) liderado por Colombia, publica en colaboración con China, Ecuador, Perú, Venezuela, Trinidad y Tobago, y Estados Unidos. El clúster amarillo es liderado por Francia, el quinto clúster (azul) es liderado por Reino Unido, y los otros dos clústeres, uno lo lidera Alemania (celeste) y el otro, entre Rusia y Polonia (naranja).

**Figura 12. Red de coocurrencia de países**

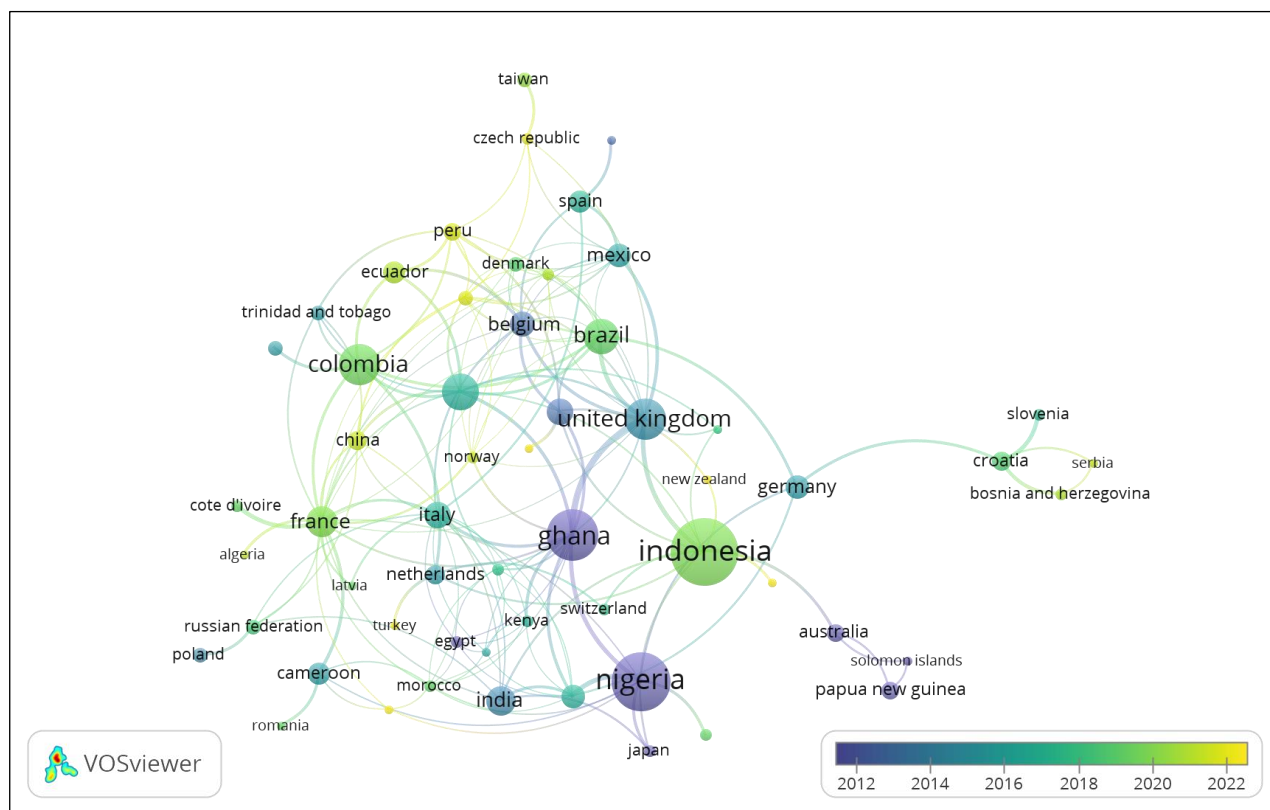


**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento VosViewer®.

## 12. Mapa de superposición de países claves a través del tiempo

La red de colaboración visualizada en la Figura 13 permite constatar la evolución del interés de los países a través del tiempo dentro del dominio de investigación de usos de residuos de cacao por año promedio de publicación. La red muestra cómo las colaboraciones han cambiado con el tiempo, utilizando un gradiente de colores que representa diferentes períodos. Se visualiza en color morado y celeste, las instituciones que desarrollaron en promedio más investigaciones y publicaron más artículos entre los años 2012 y 2017. En color turquesa y verde, aparecen las organizaciones que publicaron más artículos en promedio durante los años 2018 y 2019, y en color verde claro y amarillo, se muestran las organizaciones con más frecuencia de publicaciones entre los años 2020 y 2023.

**Figura 13. Red de coocurrencia de países – línea temporal**



**Fuente.** Elaborado a partir de datos de Scopus®. Fecha de consulta septiembre de 2023. Software de procesamiento VosViewer®.

## Bibliografía

- Adeyemo, G. O., Ajayi, A. O., Longe, O. G., & Olubamiwa, O. (2015a). Gut Morphology and Internal Organs of Broiler Birds Fed Graded Levels of Bio-Detheobrominized Cocoa Bean Shell (CBS) Based Diets. *Journal of Experimental Agriculture International*, 5(2), 172–177. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2015/10582>
- Adeyemo, G. O., Ajayi, A. O., Longe, O. G., & Olubamiwa, O. (2015b). Gut Morphology and Internal Organs of Broiler Birds Fed Graded Levels of Bio-Detheobrominized Cocoa Bean Shell (CBS) Based Diets. *Journal of Experimental Agriculture International*, 5(2), 172–177. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2015/10582>
- Adeyemo, G. O., Ajayi, A. O., & Olubamiwa, O. O. (2015). Performance of Broilers Fed Graded Levels of Bio-Detheobrominized Cocoa Bean Shell (CBS) Based Diets. *Journal of Experimental Agriculture International*, 5(6), 540–545. <https://doi.org/10.9734/AJEA/2015/10581>
- Adeyina A O, Annongu, A. D. F., & Okupke, A. O. I. (2010). Performance and Physiological Response of Weaner Rabbits Fed Hot Water Treated Cocoa Bean Shell Based Diet. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 5, 53–57.
- Akinrinade, O., Awodun, M., Ewulo, B., & Adeyemo, A. (2023). Growth, yield and proximate composition of plantain, musa species cultivated on soils amended with crop residues. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 12(1), 59–71. <https://doi.org/10.30486/ijrowa.2021.1932327.1260>
- Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J.-P., Dogliotti, E., Domenico, A. Di, Luisa Fernández-Cruz, M., Fürst, P., Fink-Gremmels, J., Corrado, L., Galli, P., Grandjean, J., Gzyl, G., Heinemeyer, N., Johansson, A., Mutti, J., Schlatter, R., Van Leeuwen, C. Van, & Peteghem, P. V. (2008). Theobromine as undesirable substances in animal feed - Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 6(9), 725. <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2008.725>
- Alexander, J., Dogliotti, E., Fernández-Cruz, M. L., Profile, S., Fink-Gremmels, J., & Domenico, A. Di. (2009). Nitrite as undesirable substances in animal feed. *Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain SEE PROFILE*. <https://www.researchgate.net/publication/237515965>
- Argüello, D., Chavez, E., Lauryssen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in

- cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of The Total Environment*, *649*, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Aromolaran, O., Motilola Ogunsakin, F., & Foluso Oluwagbemiga, O. (2018). Degradation of Theobromine in Cocoa (*Theobroma cacao*) by-products by Fermentation with *Aspergillus niger*. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, *2*(3), 1–6. <https://doi.org/10.9734/SAJRM/2018/V2I329265>
- Ayinde, O. E., Ojo, V., Adeyina, A. A., & Adesoye, O. (2010). Economics of using cocoa bean shell as feed supplement for rabbits. *Pakistan Journal of Nutrition*, *9*(2), 195–197. <https://doi.org/10.3923/PJN.2010.195.197>
- Balentic, J. P., Ačkar, Đ., Jokic, S., Jozinovic, A., Babic, J., Miličević, B., Ubaric, D., & Pavlovic, N. (2018). Cocoa Shell: A By-Product with Great Potential for Wide Application. *Molecules* *2018*, Vol. *23*, Page *1404*, *23*(6), 1404. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES23061404>
- Barišić, V., Jozinović, A., Flanjak, I., Šubarić, D., Babić, J., Miličević, B., Doko, K., & Ačkar, Đ. (2020). Difficulties with Use of Cocoa Bean Shell in Food Production and High Voltage Electrical Discharge as a Possible Solution. *Sustainability*, *12*(10), 3981. <https://doi.org/10.3390/su12103981>
- Bartol, T., Budimir, G., Juznic, P., & Stopar, K. (2016). Mapping and classification of agriculture in Web of Science: other subject categories and research fields may benefit. *Scientometrics*, *109*(2), 979–996. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2071-6>
- Battegazzore, D., Bocchini, S., Alongi, J., & Frache, A. (2014). Plasticizers, antioxidants and reinforcement fillers from hazelnut skin and cocoa by-products: Extraction and use in PLA and PP. *Polymer Degradation and Stability*, *108*, 297–306. <https://doi.org/10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2014.03.003>
- Bentil, J. A. (2012). COLLEGE OF SCIENCE DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY ENHANCEMENT OF THE NUTRITIVE VALUE OF COCOA (*THEOBROMA CACAO*) BEAN SHELLS FOR USE AS FEED FOR ANIMALS THROUGH A TWO-STAGE SOLID STATE FERMENTATION WITH *PLEUROTUS OSTREATUS* AND *ASPERGILLUS NIGER*.

- Boutin, É., Blais, J.-F., Mercier, G., Drogui, P., & Chartier, M. (2010). Valorisation de coproduits de l'industrie agro-alimentaire par production de compost de haute qualité. Article envoyé à la Revue du génie et de la science de l'environnement. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 37(1), 156–166. <https://doi.org/10.1139/L09-112>
- Boyack, K. W., & Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(12). <https://doi.org/10.1002/asi.21419>
- Budaraga, I. K., Putra, D. P., & Yanti, Y. (2022). Microbial activities and minimum liquid smoke killing concentration made of cacao pod toward *Lasiodiplodia theobromae* growth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1059(1), 012068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012068>
- Day, E. J., & Dilworth, B. C. (1984). Toxicity of Jimson Weed Seed and Cocoa Shell Meal to Broilers. *Poultry Science*, 63(3), 466–468. <https://doi.org/10.3382/PS.0630466>
- Dina, S. F., Ambarita, H., Napitupulu, F. H., & Kawai, H. (2015). Study on effectiveness of continuous solar dryer integrated with desiccant thermal storage for drying cocoa beans. *Case Studies in Thermal Engineering*, 5, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2014.11.003>
- Drolet, R., Arendt, T. D., & Stowe, C. M. (1984). Cacao bean shell poisoning in a dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 185(8), 902–902. <https://europepmc.org/article/med/6501051>
- Emiola, I. A., Ojebiyi, O. O., & Akande, T. O. (2011). Performance and organ weights of laying hens fed diets containing graded levels of sun-dried cocoa bean shell (CBS). *International Journal of Poultry Science*, 10(12), 986–989. <https://doi.org/10.3923/IJPS.2011.987.990>
- Fioresi, F., Vieillard, J., Bargougui, R., Bouazizi, N., Fotsing, P. N., Woumfo, E. D., Brun, N., Mofaddel, N., & Le Derf, F. (2017). Chemical modification of the cocoa shell surface using diazonium salts. *Journal of Colloid and Interface Science*, 494, 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.01.069>
- Flórez-Martínez, D. H., Contreras-Pedraza, C. A., & Rodríguez, J. (2021). A systematic analysis of non-centrifugal sugar cane processing: Research and new trends. *Trends*

- in Food Science and Technology*, 107, 415–428.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.11.011>
- Flórez-Martínez, D.-H., Castañeda, A. M., & Uribe-Galvis, C. P. (2020). Bioeconomy as a research megatrend for agricultural sector: Perspectives from a scientific landscapes analysis [Bioeconomía cómo megatendencia de investigación en el sector agropecuario: Perspectivas desde un análisis de paisajes científicos]. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.14>
- García, R., Gil, M. V., Rubiera, F., & Pevida, C. (2019). Pelletization of wood and alternative residual biomass blends for producing industrial quality pellets. *Fuel*, 251, 739–753.  
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.03.141>
- Grillo, G., Boffa, L., Binello, A., Mantegna, S., Cravotto, G., Chemat, F., Dizhbite, T., Lauberte, L., & Telysheva, G. (2019). Cocoa bean shell waste valorisation; extraction from lab to pilot-scale cavitation reactors. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 115, 200–208. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.08.057>
- Hashimoto, J. C., Lima, J. C., Celeghini, R. M. S., Nogueira, A. B., Efraim, P., Poppi, R. J., & Pallone, J. A. L. (2018). Quality Control of Commercial Cocoa Beans (*Theobroma cacao* L.) by Near-infrared Spectroscopy. *Food Analytical Methods*, 11(5), 1510–1517.  
<https://doi.org/10.1007/S12161-017-1137-2/METRICS>
- Hernández-Hernández, C., Morales-Sillero, A., Fernández-Bolaños, J., Bermúdez-Oria, A., Morales, A. A., & Rodríguez-Gutiérrez, G. (2019). Cocoa bean husk: industrial source of antioxidant phenolic extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 325–333. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9191>
- Ho, V. T. T., Zhao, J., & Fleet, G. (2015). The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 205, 54–67.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.031>
- Istrun, Hasanah, U., Laude, S., Basir-Cyio, M., Fadhliah, & Effendy. (2021). Reduction in the emission rate of greenhouse gases and the increase in crop production by using compost on marginal land. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 16(5), 583–591. <https://doi.org/10.18280/IJDNE.160513>
- Iwuozor, K. O., Emenike, E. C., Omonayin, E. O., Bamigbola, J. O., Ojo, H. T., Awoyale, A. A., Eletta, O. A. A., & Adeniyi, A. G. (2023). Unlocking the hidden value of pods: A

- review of thermochemical conversion processes for biochar production. *Bioresource Technology Reports*, 22, 101488. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101488>
- Joya-Barrero, V., Huguet, C., & Pearse, J. (2023). Natural and Anthropogenic Sources of Cadmium in Cacao Crop Soils of Santander, Colombia. *Soil Systems*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7010012>
- Kibriya, S., Srinivasan, I., Setty, J. V., Anu, S., & Khan, B. S. (2023). Characterization of Cocoa Bean Husk Extract Particles and its Comparison as a Mouthrinse with Different Vehicles in Children aged 7-12 Years. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 16(1), 54–59. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10005-2494>
- Leydesdorff, L., & Milojević, S. (2015). Scientometrics. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.85030-8>
- Magistrelli, D., Zanchi, R., Malagutti, L., Galassi, G., Canzi, E., & Rosi, F. (2016). Effects of Cocoa Husk Feeding on the Composition of Swine Intestinal Microbiota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(10), 2046–2052. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05732>
- Martín-Cabrejas, M. A., Valiente, C., Esteban, R. M., Mollá, E., & Waldron, K. (1994). Cocoa hull: A potential source of dietary fibre. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 66(3), 307–311. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740660307>
- Mazov, N. A., Gureev, V. N., & Glinskikh, V. N. (2020). The Methodological Basis of Defining Research Trends and Fronts. *Scientific and Technical Information Processing*, 47(4), 221–231. <https://doi.org/10.3103/S0147688220040036>
- Mendoza-Meneses, C. J., Feregrino-Pérez, A. A., Guevara-González, R. G., & García-Trejo, J. F. (2023). Implementation of pre-harvest techniques in emerging agroforestry systems to increase the yield of cocoa tree (*Theobroma cacao* L.). *Heliyon*, 9(3), e14542. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14542>
- Ntiamoah, A., & Afrane, G. (2008). Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1735–1740. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.11.004>
- Oduniyi, O. S. (2015). EGG WEIGHT AND SHELL QUALITY CHARACTERISTICS OF LAYING HENS FED WITH GRADED LEVELS OF COCOA BEAN SHELL . *Sixth*

*International Scientific Agricultural Symposium*, 1684–1692.  
<https://doi.org/10.7251/AGSY15051684O>

Oduro-Mensah, D., Ocloo, A., Lowor, S. T., Mingle, C., Okine, L. K. N. A., & Adamafio, N. A. (2018). Bio-dettheobromination of cocoa pod husks: Reduction of ochratoxin A content without change in nutrient profile. *Microbial Cell Factories*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S12934-018-0931-X/FIGURES/6>

Ofori-Boateng, C., & Lee, K. T. (2013). The potential of using cocoa pod husks as green solid base catalysts for the transesterification of soybean oil into biodiesel: Effects of biodiesel on engine performance. *Chemical Engineering Journal*, 220, 395–401. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.01.046>

Ogunsipe, M. H., Balogun, K. B., Oladepo, A. D., Ayoola, M. A., & Arikewuyo, M. T. (2017). Nutritive Value of Cocoa Bean Shell Meal and Its Effect on Growth and Haematology of Weaning Rabbits. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 13, 23–28.

Okiyama, D. C. G., Navarro, S. L. B., & Rodrigues, C. E. C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 103–112. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.03.007>

Okiyama, D. C. G., Soares, I. D., Cuevas, M. S., Crevelin, E. J., Moraes, L. A. B., Melo, M. P., Oliveira, A. L., & Rodrigues, C. E. C. (2018a). Pressurized liquid extraction of flavanols and alkaloids from cocoa bean shell using ethanol as solvent. *Food Research International*, 114, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.055>

Okiyama, D. C. G., Soares, I. D., Cuevas, M. S., Crevelin, E. J., Moraes, L. A. B., Melo, M. P., Oliveira, A. L., & Rodrigues, C. E. C. (2018b). Pressurized liquid extraction of flavanols and alkaloids from cocoa bean shell using ethanol as solvent. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 114, 20–29. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.07.055>

Olumide, M. D., Akinsoyinu, A. O., Rasheed, P., & Hamzat, A. (2014). Egg Quality Characteristics of Layers Fed Raw, Fermented, and Enzyme-Treated Cocoa Bean Shell-Based Diets. *The Pacific Journal of Science and Technology-289*, 15(1). <http://www.akamaiuniversity.us/PJST.htm>

Ouattara, N., Soro, Y., Ouattara, A., & Gouréne, G. (2014). Evaluation of production efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed diets containing crop residues in

- combination with cocoa bean shell and coconut oil cake in Côte d'Ivoire. *Res. Desarrollo Rural*, 26(10). [https://www.researchgate.net/profile/Yaya-Soro/publication/275341042\\_Y\\_Bamba\\_N\\_Ouattara\\_Y\\_Soro\\_A\\_Ouattara\\_K\\_Yao\\_G\\_Gourene\\_2014\\_Evaluation\\_of\\_production\\_efficiency\\_of\\_Nile\\_tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_L\\_fed\\_diets\\_containing\\_crop\\_residues\\_in\\_combination\\_with\\_cocoa\\_bean\\_/links/5b96a36fa6fdccfd543cbb41/Y-Bamba-N-Ouattara-Y-Soro-A-Ouattara-K-Yao-G-Gourene-2014-Evaluation-of-production-efficiency-of-Nile-tilapia-Oreochromis-niloticus-L-fed-diets-containing-crop-residues-in-combination-with-cocoa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yaya-Soro/publication/275341042_Y_Bamba_N_Ouattara_Y_Soro_A_Ouattara_K_Yao_G_Gourene_2014_Evaluation_of_production_efficiency_of_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_L_fed_diets_containing_crop_residues_in_combination_with_cocoa_bean_/links/5b96a36fa6fdccfd543cbb41/Y-Bamba-N-Ouattara-Y-Soro-A-Ouattara-K-Yao-G-Gourene-2014-Evaluation-of-production-efficiency-of-Nile-tilapia-Oreochromis-niloticus-L-fed-diets-containing-crop-residues-in-combination-with-cocoa.pdf)
- Peterson, E. C., Siao, R., Chua, G. G., Busran, C. T., Pavlovic, R., Thong, A., Hermansen, C., Sofeo, N., Kanagasundaram, Y., Weingarten, M., & Lindley, N. (2023). Single cell protein and oil production from solid cocoa fatty acid distillates co-fed ethanol. *Bioresource Technology*, 387, 129630. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129630>
- Rahayu, Y. C., Setiawatie, E. M., Rahayu, R. P., Sakinah, N. N., Kusumawardani, B., Gunadi, A., & Ryandhana, P. H. (2023). Effects of Cocoa Pod Husk Extract (*Theobroma Cacao* L.) on Alveolar Bone in Experimental Periodontitis Rats. *Trends in Sciences*, 20(6), 6535. <https://doi.org/10.48048/tis.2023.6535>
- Rojo-Poveda, O., Barbosa-Pereira, L., Zeppa, G., & Stévigny, C. (2020). Cocoa Bean Shell- A By-Product with Nutritional Properties and Biofunctional Potential. *Nutrients*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/NU12041123>
- Ruvira, S., Rodríguez-Rodríguez, P., Cañas, S., Ramiro-Cortijo, D., Aguilera, Y., Muñoz-Valverde, D., & Arribas, S. M. (2023). Evaluation of Parameters Which Influence Voluntary Ingestion of Supplements in Rats. *Animals*, 13(11), 1827. <https://doi.org/10.3390/ani13111827>
- Santa Soriano, A., Lorenzo Álvarez, C., & Torres Valdés, R. M. (2018). Bibliometric analysis to identify an emerging research area: Public Relations Intelligence—a challenge to strengthen technological observatories in the network society. *Scientometrics*, 115(3), 1591–1614. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2651-8>
- Soeharsono, Amin, M., & Cahyono, A. (2017). The Use of Cocoa Bean Waste as a Supplement in Male Bali Cattle Feeding. *International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology*, 0(0), 45–49. <https://doi.org/10.14334/PROC.INTSEM.LPVT-2016-P.45-49>

- te Giffel, M. C., Beumer, R. R., Leijendekkers, S., & Rombouts, F. M. (1996). Incidence of *Bacillus cereus* and *Bacillus subtilis* in foods in the Netherlands. *Food Microbiology*, 13(1), 53–58. <https://doi.org/10.1006/fmic.1996.0007>
- Thi, V., Ho, T., Zhao, J., & Fleet, G. (2013). *Yeasts are essential for cocoa bean fermentation*. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.014>
- Tosto, A., Morales, A., Rahn, E., Evers, J. B., Zuidema, P. A., & Anten, N. P. R. (2023). Simulating cocoa production: A review of modelling approaches and gaps. *Agricultural Systems*, 206, 103614. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2023.103614>
- Uma Maheswari, C., Obi Reddy, K., Muzenda, E., Guduri, B. R., & Varada Rajulu, A. (2012). Extraction and characterization of cellulose microfibrils from agricultural residue – *Cocos nucifera* L. *Biomass and Bioenergy*, 46, 555–563. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.06.039>
- Upham, S. P., & Small, H. (2010). Emerging research fronts in science and technology: Patterns of new knowledge development. *Scientometrics*, 83(1). <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0051-9>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Yajima, A., Owada, H., Kobayashi, S., Komatsu, N., Takehara, K., Ito, M., Matsuda, K., Sato, K., Itabashi, H., Sugimura, S., & Kanda, S. (2016). Cacao bean husk: an applicable bedding material in dairy free-stall barns. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(7), 1048–1053. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0877>
- Zambrano-Mite, L. F., Villasana, Y., Bejarano, M. L., Luciani, C., Niebieskikwiat, D., Álvarez, W., Cueva, D. F., Aguilera-Pesantes, D., & Orejuela-Escobar, L. M. (2023). Optimization of microfibrillated cellulose isolation from cocoa pod husk via mild oxalic acid hydrolysis: A response surface methodology approach. *Heliyon*, 9(6), e17258. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17258>



# AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria