

SSTSDS-Vol.4. N1. 129

Tendencias de investigación sobre el aprovechamiento alimentario del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L): un análisis bibliométrico

Research trends on the food use of cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L): a bibliometric analysis

Autores:

Alexander Rody Muñoz Cruzati
Facultad de Posgrado, Universidad Estatal de Milagro
Milagro – Ecuador
amunozc15@unemi.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-0358-6696>

Gustavo Martínez Valenzuela
Facultad de Posgrado, Universidad Estatal de Milagro
Milagro – Ecuador
gmartinezv3@unemi.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0424-1632>

Autor de correspondencia: *Alexander Rody Muñoz Cruzati*, amunozc15@unemi.edu.ec

Enviado: 21-07-2026
Aceptado: 01-09-2026

Revisado: 30-07-2026
Publicado: 02-09-2026

Cómo citar este artículo:

Muñoz Cruzati, A. R., & Martínez Valenzuela, G. (2026). Tendencias de investigación sobre el aprovechamiento alimentario del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L): un análisis bibliométrico. *Sage Sphere of Technology, Sciences, Discoveries And Society*, 4(1), 1-26. <https://doi.org/10.63688/cggfj371>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.



RESUMEN

Introducción: El mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) ha pasado de ser considerado un residuo del procesamiento del fruto a constituir una materia prima con potencial para el desarrollo de alimentos, bebidas fermentadas e ingredientes de valor agregado. Este estudio analizó la evolución de la producción científica, la estructura temática, las aplicaciones alimentarias y las principales tendencias de investigación relacionadas con su aprovechamiento.

Metodología: Se desarrolló un estudio documental, descriptivo e interpretativo que integró análisis bibliométrico y revisión temática cualitativa. Los registros se recuperaron de Scopus y Web of Science el 13 de julio de 2026. De 436 documentos identificados, se eliminaron 127 duplicados y, posteriormente, se aplicaron criterios de selección de revistas Q1-Q2 y pertinencia temática, conformándose un corpus final de 214 artículos publicados entre 1966 y 2026 en 131 fuentes científicas.

Resultados: La producción presentó una tasa de crecimiento anual de 4,08 %, un promedio de 33,49 citas por documento y 36,45 % de colaboración internacional. El mapa temático identificó temas motores vinculados con pulpa de cacao, bebidas, enzimas y compuestos bioactivos; temas básicos asociados con fermentación y microorganismos; temas de nicho relacionados con compuestos aromáticos y valorización de biomasa; y temas emergentes o en declive vinculados con líquidos de exudación, evaluación sensorial y nuevas rutas biotecnológicas. Las aplicaciones incluyeron vinos, cervezas, kéfir, jugos probióticos, kombucha, jarabes, sorbetes y edulcorantes naturales.

Conclusiones: La evidencia muestra una transición hacia la valorización del mucílago como materia prima alimentaria. Su consolidación industrial requiere avances en estandarización, inocuidad, estabilidad, aceptación sensorial, viabilidad económica y escalamiento sostenible.

Palabras clave: mucílago de cacao, valorización alimentaria, fermentación, análisis bibliométrico, mapa temático

ABSTRACT

Introduction: Cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) has evolved from being considered a processing residue to being recognized as a raw material with potential for the development of foods, fermented beverages, and value-added ingredients. This study analyzed the evolution of scientific production, thematic structure, food applications, and the main research trends related to its utilization.

Methodology: A documentary, descriptive, and interpretative study was conducted, integrating bibliometric analysis and qualitative thematic review. Records were retrieved from Scopus and Web of Science on July 13, 2026. Of the 436 documents initially identified, 127 duplicates were removed. Subsequently, Q1-Q2 journal selection criteria and thematic relevance assessment were applied, resulting in a final corpus of 214 articles published between 1966 and 2026 across 131 scientific sources.

Results: Scientific production showed an annual growth rate of 4.08%, an average of 33.49 citations per document, and 36.45% international collaboration. The thematic map identified motor themes related to cocoa pulp, beverages, enzymes, and bioactive compounds; basic themes associated with fermentation and microorganisms; niche themes linked to aroma compounds and biomass valorization; and emerging or declining themes related to cocoa sweatings, sensory evaluation, and new biotechnological pathways. Applications included wines, beers, kefir, probiotic juices, kombucha, syrups, sorbets, and natural sweeteners.

Conclusions: The evidence reveals a transition toward the valorization of cocoa mucilage as a food raw material. Its industrial consolidation requires further advances in standardization, food safety, stability, sensory acceptance, economic feasibility, and sustainable scale-up.

Keywords: cocoa mucilage; food valorization; fermentation; bibliometric analysis; thematic map.



1. INTRODUCCIÓN

El procesamiento del cacao (*Theobroma cacao* L.) genera diversas fracciones además de los granos destinados principalmente a la elaboración de chocolate. Entre estas se encuentra el mucílago, una matriz viscosa y rica en azúcares que recubre las semillas y que también ha sido denominada en la literatura como pulpa, miel de cacao, jugo, exudado o líquidos de escurrimiento. Durante la fermentación convencional del cacao, una parte de este material es utilizada por las comunidades microbianas que intervienen en la transformación de la masa pulpa-grano, mientras que otra se separa en forma de líquido. Aunque históricamente esta fracción fue considerada un efluente o residuo del procesamiento, su composición y potencial de transformación motivaron desde etapas tempranas el interés por desarrollar alternativas para su aprovechamiento y generación de valor (Adams et al., 1982).

El creciente interés por el mucílago como materia prima alimentaria se relaciona con sus características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales, así como con su elevada disponibilidad de azúcares fermentables. Investigaciones recientes han examinado de manera integrada las propiedades alimentarias y la composición de la miel de cacao, destacando su potencial para el desarrollo de productos diferenciados y de mayor valor agregado (Rocha et al., 2025). Sin embargo, estas características no son necesariamente constantes, debido a que factores como el grado de madurez del fruto y las condiciones de almacenamiento poscosecha pueden modificar la calidad de la pulpa, lo que evidencia la importancia de controlar la materia prima antes de su transformación tecnológica (Cadby & Araki, 2022).

Dentro de este campo, la fermentación constituye uno de los principales núcleos de investigación. La composición taxonómica y funcional de las comunidades microbianas que participan en el procesamiento del cacao influye de manera significativa en las transformaciones bioquímicas de la masa pulpa-grano y, consecuentemente, en la calidad del producto fermentado (Mota-Gutierrez et al., 2021). No obstante, el potencial metabólico de levaduras, bacterias y otros microorganismos también ha comenzado a aprovecharse fuera del proceso tradicional de fermentación del grano. La pulpa de cacao, por ejemplo, ha sido utilizada como sustrato para obtener bebidas mediante fermentación con hongos comestibles, generando perfiles aromáticos de carácter tropical (Klis et al., 2023), mientras que diferentes



cepas de *Saccharomyces cerevisiae* han demostrado aplicabilidad en la producción de vinos de frutas elaborados a partir de miel y pulpa de cacao (Koelher et al., 2022).

Esta diversificación ha ampliado progresivamente las posibilidades de incorporación del mucílago en diferentes categorías de alimentos y bebidas. La pulpa ha mostrado potencial como adjunto en la producción de cerveza (Nunes et al., 2020) y como medio para favorecer el crecimiento de microorganismos con propiedades probióticas y actividad antimicrobiana (Yuliana et al., 2025). De manera paralela, se han desarrollado propuestas relacionadas con bebidas fermentadas, jugos probióticos, kombucha y otros productos destinados a aprovechar tanto sus características sensoriales como su composición química. Estas aplicaciones evidencian que el mucílago puede trascender su función dentro de la fermentación convencional del cacao y convertirse en una materia prima con posibilidades tecnológicas, funcionales y comerciales.

A pesar de este potencial, su aprovechamiento alimentario presenta limitaciones asociadas con la elevada humedad, la rápida fermentación espontánea, la variabilidad composicional y la corta vida útil. Estas características pueden afectar su estabilidad microbiológica y sensorial y dificultar el almacenamiento, transporte y procesamiento a escala industrial. En respuesta, se han estudiado tecnologías de conservación como la pasteurización y el ultrasonido de alta intensidad para evaluar los cambios producidos durante el almacenamiento de la miel de cacao (Nascimento et al., 2025). Asimismo, la recuperación de componentes de interés tecnológico, como la pectina, mediante procesos asistidos por ultrasonido muestra que las diferentes fracciones derivadas del cacao pueden constituir fuentes alternativas de ingredientes con posibilidades de incorporación en sistemas alimentarios (Mounya & Chowdary, 2024).

En conjunto, estos avances reflejan una transición conceptual desde la consideración del mucílago como residuo hacia su reconocimiento como coproducto susceptible de valorización alimentaria. Sin embargo, el conocimiento científico disponible se encuentra distribuido entre investigaciones de fermentación, microbiología, conservación, composición fisicoquímica, desarrollo de productos, evaluación sensorial y aprovechamiento de subproductos. Esta dispersión dificulta establecer de manera integrada cómo ha evolucionado el campo, cuáles líneas de investigación presentan un mayor grado de consolidación, qué aplicaciones concentran actualmente el interés científico y cuáles representan



oportunidades emergentes. Por esta razón, resulta pertinente analizar simultáneamente la evolución de la producción científica, su estructura conceptual y la evidencia relacionada con las aplicaciones alimentarias del mucílago.

En este contexto, el estudio considera como ejes de análisis la evolución temporal de la producción científica, el impacto y la colaboración científica, la estructura temática del campo, la distribución de los temas según su centralidad y densidad, las principales aplicaciones alimentarias identificadas y las tendencias emergentes de investigación. Estos elementos permiten examinar el desarrollo del conocimiento desde una perspectiva cuantitativa y, al mismo tiempo, interpretar el contenido y la orientación de los estudios que conforman el corpus documental.

Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es analizar la evolución, la estructura temática, las aplicaciones alimentarias y las tendencias de investigación relacionadas con el aprovechamiento del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante la integración de un enfoque bibliométrico y una interpretación temática cualitativa. Para alcanzar este propósito, se desarrolló un estudio documental de carácter descriptivo e interpretativo basado en literatura científica recuperada de Scopus y Web of Science. La investigación se orientó mediante la siguiente pregunta: ¿cómo ha evolucionado la producción científica y cuáles son las principales estructuras temáticas, aplicaciones alimentarias y tendencias emergentes en la investigación sobre el aprovechamiento del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.)?

2. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló mediante un enfoque documental de alcance descriptivo e interpretativo, integrando técnicas bibliométricas y análisis temático cualitativo. Este diseño permitió examinar, desde una perspectiva cuantitativa, la evolución y la estructura conceptual de la producción científica relacionada con el aprovechamiento alimentario del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) y, de forma complementaria, interpretar las aplicaciones, los procesos de transformación, las propiedades evaluadas y los principales hallazgos descritos en los estudios seleccionados. El procedimiento metodológico se organizó en cuatro fases sucesivas: búsqueda, evaluación, análisis y síntesis. La identificación, depuración, elegibilidad e inclusión de los documentos se estructuró mediante un proceso de selección



documental basado en PRISMA, con el propósito de garantizar la trazabilidad desde los registros inicialmente recuperados hasta la conformación del corpus analítico definitivo. En la fase de búsqueda, la literatura científica se recuperó de Scopus y Web of Science, bases de datos multidisciplinarias seleccionadas por su cobertura de revistas sometidas a revisión por pares y por la disponibilidad de metadatos apropiados para el desarrollo de estudios bibliométricos. La búsqueda se realizó el 13 de julio de 2026, se limitó al tipo documental artículo científico y no estableció restricciones respecto al periodo de publicación ni al idioma. La estrategia de recuperación consideró la diversidad terminológica empleada en la literatura para describir el material mucilaginoso del cacao, por lo que se incorporaron términos relacionados con mucílago, pulpa, jugo, miel y exudado, junto con sus variantes en inglés, español y portugués. En Scopus, la búsqueda se efectuó en los campos título, resumen y palabras clave y contempló el uso de operadores de proximidad; en Web of Science se utilizó el campo *Topic*. Las características generales de la estrategia aplicada se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.
Estrategia general de búsqueda aplicada en Scopus y Web of Science

Base de datos	Campo de búsqueda	Tipo documento	de Periodo	Idioma
Scopus	Título, resumen y palabras clave	Artículo científico	Sin restricción	Sin restricción
Web of Science	<i>Topic</i>	Artículo científico	Sin restricción	Sin restricción

Nota. La búsqueda se realizó el 13 de julio de 2026 e incorporó términos relacionados con mucílago, pulpa, jugo, miel y exudado de cacao, así como variantes terminológicas en inglés, español y portugués. La recuperación conjunta de Scopus y Web of Science produjo 436 registros antes de la eliminación de duplicados. Elaboración propia.

La aplicación de la estrategia de búsqueda en ambas bases de datos permitió identificar inicialmente 436 registros. Una vez integrados los resultados, se desarrolló la fase de evaluación, comenzando con la detección y eliminación de documentos duplicados. En esta etapa se eliminaron 127 registros repetidos, por lo que se obtuvieron 309 documentos únicos para la evaluación posterior. La depuración se apoyó en los identificadores y metadatos



bibliográficos disponibles en los registros, considerando información como título, autoría, año de publicación y DOI, además de la revisión de inconsistencias derivadas de diferencias de codificación o escritura. La integración y depuración de los registros procedentes de ambas bases de datos se apoyó en Python para la identificación de duplicados y la normalización de los metadatos bibliográficos.

Posteriormente, los 309 documentos únicos fueron clasificados según el cuartil de la revista en la que habían sido publicados. La clasificación se verificó mediante SCImago Journal & Country Rank (SJR), consultado en 2026. Para mantener la correspondencia temporal entre la publicación y la clasificación de la fuente, se utilizó el cuartil de la revista correspondiente al año de publicación de cada artículo. Cuando no fue posible verificar una clasificación para el año correspondiente, el documento se consideró dentro de la categoría de revistas sin clasificación verificable. Se identificaron 170 artículos pertenecientes a revistas Q1, 50 a revistas Q2, 49 a revistas Q3, 23 a revistas Q4 y 17 correspondientes a revistas sin una clasificación definida o verificable. De acuerdo con el criterio de calidad establecido para el estudio, se conservaron exclusivamente las publicaciones pertenecientes a revistas Q1 y Q2. Como resultado, 89 documentos fueron excluidos por estar publicados en revistas Q3, Q4 o no disponer de una clasificación verificable, mientras que 220 artículos avanzaron a la evaluación de pertinencia temática.

Los 220 documentos que cumplieron el criterio de cuartil fueron sometidos posteriormente a una evaluación de pertinencia temática para determinar su correspondencia directa con el aprovechamiento alimentario del mucílago, pulpa, miel, jugo o exudado de cacao. En esta etapa se excluyeron seis artículos cuyo contenido se orientaba exclusivamente hacia aplicaciones o procesos agronómicos, clínicos, energéticos o industriales y que, por tanto, no abordaban directamente el aprovechamiento alimentario definido como objeto de esta investigación. En consecuencia, el corpus analítico definitivo quedó constituido por 214 artículos publicados entre 1966 y 2026 en 131 fuentes científicas. La secuencia completa del proceso de selección quedó establecida en 436 registros identificados, 127 duplicados eliminados, 309 documentos únicos evaluados, 220 artículos publicados en revistas Q1-Q2 sometidos a evaluación temática y 214 documentos incluidos en el corpus definitivo.

Tabla 2.

Proceso de depuración, elegibilidad y conformación del corpus analítico



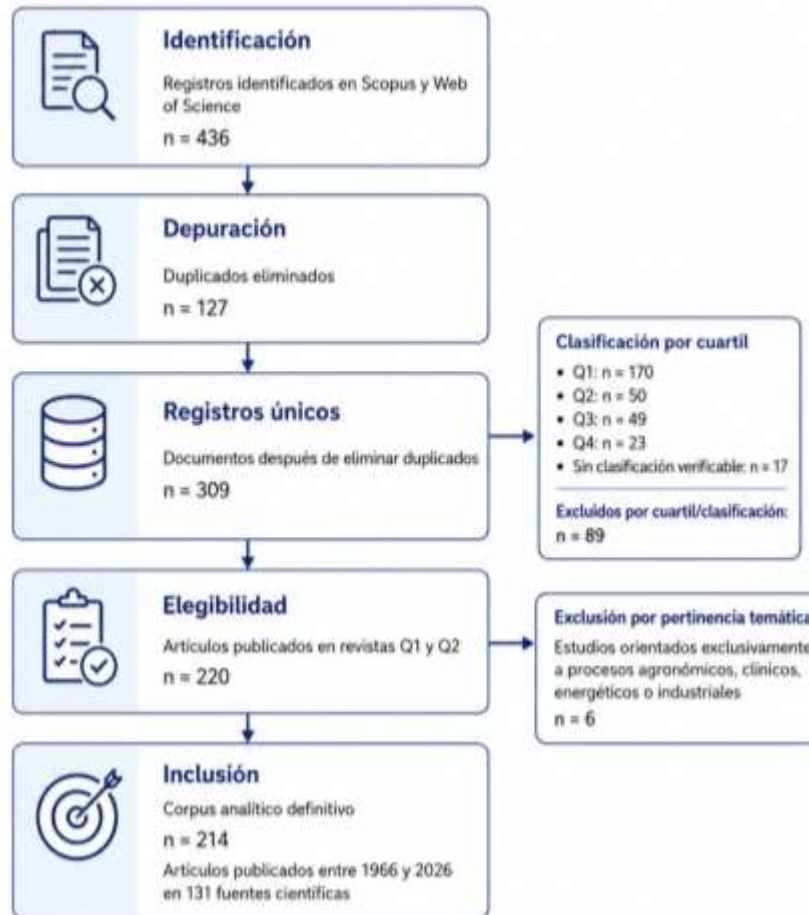
Etapa	Criterio aplicado	Documentos
Identificación	Registros recuperados de Scopus y Web of Science	436
Depuración	Duplicados eliminados	127
Registros únicos	Documentos después de eliminar duplicados	309
Evaluación por cuartil	Artículos publicados en revistas Q1	170
Evaluación por cuartil	Artículos publicados en revistas Q2	50
Exclusión por cuartil	Artículos publicados en revistas Q3	49
Exclusión por cuartil	Artículos publicados en revistas Q4	23
Exclusión por clasificación	Revistas sin clasificación verificable	17
Elegibilidad	Artículos Q1-Q2 sometidos a evaluación temática	220
Exclusión temática	Estudios orientados exclusivamente a procesos agronómicos, clínicos, energéticos o industriales, sin correspondencia directa con el aprovechamiento alimentario del mucílago de cacao	6
Inclusión final	Corpus analítico definitivo	214

Nota. De los 309 documentos únicos, 89 fueron excluidos por pertenecer a revistas Q3, Q4 o no disponer de una clasificación verificable. Los 220 artículos publicados en revistas Q1-Q2 fueron sometidos posteriormente a una evaluación de pertinencia temática, tras la cual se excluyeron seis estudios orientados exclusivamente a procesos agronómicos, clínicos, energéticos o industriales y sin correspondencia directa con el aprovechamiento alimentario objeto de la investigación. El corpus definitivo quedó conformado por 214 artículos. Elaboración propia.

Figura 1.

Diagrama del proceso de selección documental mediante PRISMA





Nota. El diagrama resume las etapas de identificación, depuración, clasificación por cuartil, evaluación de pertinencia temática e inclusión del corpus final. Elaboración propia.

Una vez establecido el corpus definitivo, los registros fueron integrados en una matriz bibliográfica única y sometidos a un proceso de limpieza y normalización. Para cada documento se conservaron, de acuerdo con su disponibilidad, los campos correspondientes a autoría, título, revista, año de publicación y DOI. El proceso de normalización contempló la corrección de inconsistencias de codificación, caracteres especiales, abreviaturas, uso de mayúsculas y variantes en los nombres de autores y fuentes, sin modificar el contenido sustantivo de los registros originales. Esta etapa permitió disminuir errores derivados de la integración de metadatos procedentes de dos bases bibliográficas diferentes y mejorar la consistencia del corpus antes del análisis.

Asimismo, se elaboró un tesauro orientado a reducir la dispersión terminológica asociada con las diferentes denominaciones empleadas para describir el mucílago de cacao. Se agruparon



expresiones conceptualmente equivalentes en inglés, español y portugués, entre ellas *cocoa mucilage*, *cacao mucilage*, *cocoa pulp*, *cocoa honey* y *cocoa sweatings*, junto con sus respectivas variantes lingüísticas. Esta normalización permitió consolidar términos equivalentes antes de analizar la coocurrencia de palabras clave y facilitó una interpretación más consistente de la estructura conceptual del campo.

En la fase de análisis, el componente bibliométrico consideró la evolución anual de la producción científica, la productividad de autores y fuentes, la colaboración científica y el impacto de los documentos mediante indicadores de citación. El procesamiento y análisis bibliométrico se realizó en el entorno R mediante el paquete bibliometrix, versión 5.4.1, utilizando los metadatos consolidados procedentes de Scopus y Web of Science. A partir de este procedimiento se obtuvieron indicadores relacionados con la producción científica, autoría, fuentes, colaboración e impacto de citación, así como los insumos necesarios para examinar la estructura conceptual del corpus. El corpus definitivo estuvo conformado por 214 artículos distribuidos en 131 fuentes y comprendió 1.045 autores. Los indicadores bibliométricos mostraron un promedio de 5,71 coautores por documento, un 36,45 % de colaboración internacional, 722 palabras clave de autor y 30.335 referencias bibliográficas. Asimismo, se determinaron una tasa de crecimiento anual de la producción científica de 4,08 %, una edad promedio de los documentos de 8,26 años y un promedio de 33,49 citas por artículo.

La estructura conceptual se examinó mediante un análisis de coocurrencia de las palabras clave de autor de los documentos incluidos en el corpus. Previamente, los términos fueron normalizados mediante un tesoro elaborado para el estudio, con el propósito de unificar variantes ortográficas, formas singular-plural, equivalencias lingüísticas y denominaciones conceptualmente equivalentes en inglés, español y portugués. Asimismo, se eliminaron los registros sin información disponible en el campo de palabras clave, identificados como valores NA, debido a que no representan términos conceptuales del campo analizado. Para la construcción del mapa temático se utilizaron los parámetros predeterminados de bibliometrix, considerando un mínimo operativo de dos ocurrencias para la inclusión de los términos y el algoritmo Louvain para la formación de los clústeres. Los clústeres obtenidos fueron representados de acuerdo con sus valores de centralidad y densidad. La centralidad permitió interpretar el grado de relación de cada tema con el conjunto del campo



científico, mientras que la densidad representó su nivel de desarrollo interno. A partir de ambas dimensiones, los clústeres se clasificaron en temas motores, básicos, de nicho y emergentes o en declive.

La combinación de ambas dimensiones permitió clasificar los núcleos temáticos en cuatro cuadrantes. Los temas motores correspondieron a aquellos caracterizados por elevada centralidad y densidad, lo que indicó simultáneamente relevancia para el campo y un alto grado de desarrollo interno. Los temas básicos presentaron una elevada centralidad y menor densidad, por lo que se interpretaron como núcleos transversales que articulan diferentes líneas de investigación. Los temas de nicho mostraron menor centralidad y elevada densidad, característica de áreas especializadas y desarrolladas internamente, pero con menor conexión con el conjunto del campo. Finalmente, los temas emergentes o en declive presentaron valores reducidos de centralidad y densidad, condición que permitió reconocer líneas periféricas cuyo comportamiento debía interpretarse conjuntamente con la actualidad de los documentos y la evidencia temática disponible. Los estudios utilizados para complementar la interpretación de los clústeres fueron seleccionados por su correspondencia temática con cada núcleo identificado y se presentan como estudios representativos; por tanto, no se estableció una clasificación basada exclusivamente en el número total de citas.

De manera complementaria, se desarrolló un análisis temático cualitativo orientado a interpretar las principales formas de aprovechamiento del mucílago de cacao descritas en la literatura científica. Esta fase se aplicó a los 214 artículos que conformaron el corpus analítico definitivo. La extracción y codificación de la información fue realizada por el equipo investigador mediante la revisión del contenido de los documentos seleccionados. Para cada artículo se consideraron como dimensiones de extracción el tipo de materia prima utilizada, el producto desarrollado, el proceso de transformación aplicado, las propiedades evaluadas y los principales hallazgos reportados. A partir de la comparación de estos contenidos, los estudios con características conceptualmente relacionadas fueron agrupados progresivamente en categorías vinculadas con bebidas, productos fermentados, ingredientes funcionales, procesos de conservación y estabilidad y valorización de subproductos. Las categorías obtenidas fueron posteriormente contrastadas con los clústeres identificados mediante el análisis bibliométrico, permitiendo relacionar la estructura conceptual del campo con las aplicaciones descritas en la literatura. Este procedimiento permitió



complementar los indicadores bibliométricos con una interpretación sustantiva de las formas de aprovechamiento alimentario identificadas. Las diferencias identificadas durante la clasificación fueron revisadas conjuntamente hasta alcanzar consenso sobre la categoría correspondiente.

En la fase de síntesis, las categorías obtenidas mediante el análisis temático cualitativo fueron contrastadas con los clústeres y cuadrantes del mapa temático. La integración de ambos componentes permitió relacionar la posición estructural de los temas con el contenido específico de los artículos y distinguir líneas consolidadas, núcleos especializados, tendencias emergentes y áreas con menor desarrollo científico. De este modo, la bibliometría proporcionó una representación cuantitativa de la evolución y organización del campo, mientras que la revisión temática permitió interpretar las aplicaciones, procesos tecnológicos y oportunidades de valorización alimentaria del mucílago de cacao.

3. RESULTADOS

El análisis se realizó sobre un corpus definitivo de 214 artículos publicados entre 1966 y 2026 en 131 fuentes científicas, recuperados de Scopus y Web of Science después del proceso de identificación, depuración, evaluación por cuartil y revisión de pertinencia temática. Los resultados permitieron caracterizar la evolución de la producción científica, su impacto, la estructura conceptual del campo y las principales aplicaciones relacionadas con el aprovechamiento alimentario del mucílago de cacao.

La caracterización general del corpus mostró una tasa de crecimiento anual de 4,08 %, una edad promedio de 8,26 años por documento y un promedio de 33,49 citas por artículo. En términos de impacto temporal, se registraron 3,307 citas anuales por documento. Debido a que la búsqueda se realizó el 13 de julio de 2026, los documentos correspondientes a este último año representan una producción parcial y fueron interpretados con cautela.

En los 214 documentos participaron 1.045 autores, con un promedio de 5,71 coautores por artículo y un 36,45 % de colaboración internacional. Asimismo, se identificaron 722 palabras clave de autor y 30.335 referencias bibliográficas. Estos indicadores evidencian una producción caracterizada por una elevada participación colaborativa y una base documental suficientemente amplia para examinar la evolución y organización conceptual del campo.

Figura 2.



Caracterización general del corpus bibliográfico



Nota. Principales indicadores bibliométricos correspondientes a los 214 artículos publicados entre 1966 y 2026 en 131 fuentes científicas. Elaboración propia.

La evolución de la producción científica fue inicialmente discontinua y estuvo constituida por publicaciones aisladas durante las primeras décadas del periodo analizado. En los años recientes se observó una mayor concentración de publicaciones, comportamiento reflejado en la tasa de crecimiento anual de 4,08 %. Este incremento coincidió con una diversificación de los objetos de estudio, desde trabajos relacionados principalmente con la composición y fermentación de la pulpa hasta investigaciones centradas en conservación, microorganismos, compuestos bioactivos, desarrollo de bebidas y formulaciones alimentarias de mayor valor agregado.

Las palabras clave de autor mostraron una marcada concentración en conceptos relacionados con los procesos fermentativos y los microorganismos asociados con el procesamiento del cacao. Entre los términos con mayor presencia se identificaron *fermentation*, *cocoa fermentation*, *yeasts*, *lactic acid bacteria*, *acetic acid bacteria*, *cocoa pulp*, *cocoa mucilage*

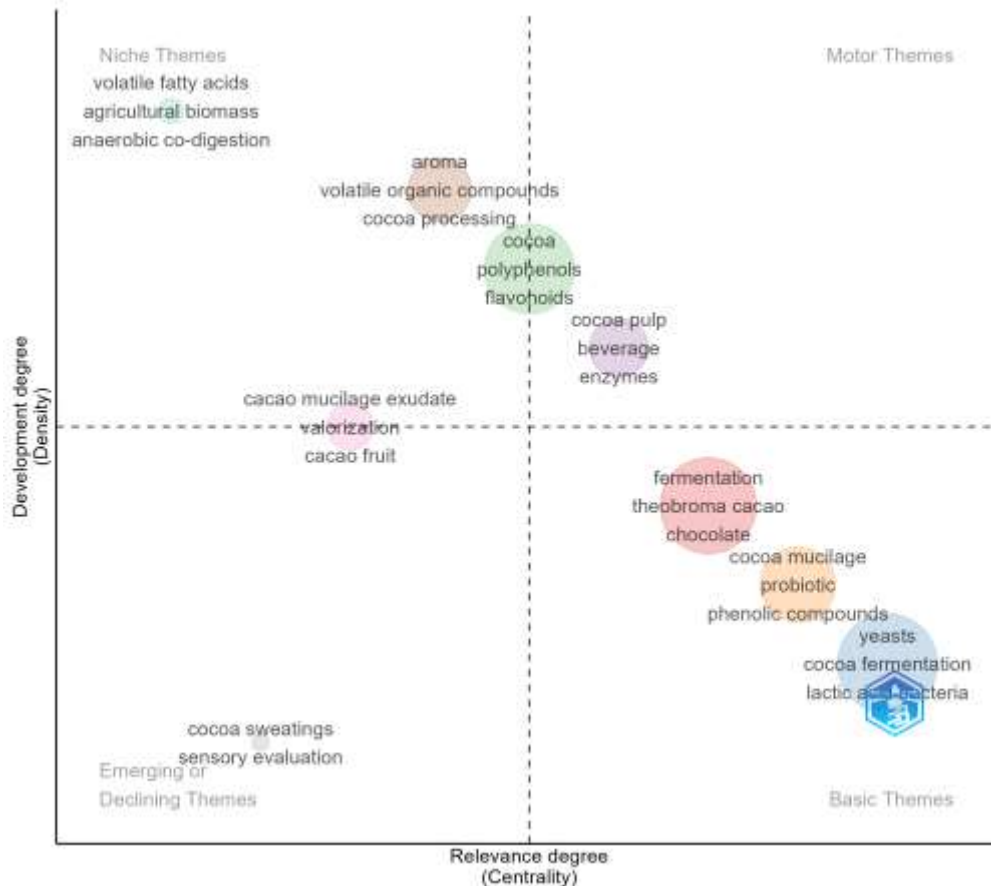


Nube de palabras de los términos más frecuentes del corpus



Mapa temático de la estructura conceptual del corpus





Nota. Los clústeres se distribuyen según sus niveles relativos de centralidad y densidad en temas motores, básicos, de nicho y emergentes o en declive. Elaboración propia.

Los temas motores mostraron una estrecha relación entre la caracterización química del mucílago y su posterior aprovechamiento alimentario. Martínez et al. (2012) identificaron fibra, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en coproductos del cacao, mientras que Llerena et al. (2023) reportaron polifenoles, flavonoides, metilxantinas y actividad antioxidante en subproductos de variedades ecuatorianas. Pettipher (1986) demostró, además, que la composición de la pulpa permite sostener el crecimiento de levaduras, bacterias lácticas y bacterias acéticas.

En las aplicaciones alimentarias, Dias et al. (2007) demostraron la viabilidad de elaborar vino a partir de pulpa de cacao, mientras que dos Santos Filho et al. (2019) establecieron su potencial como vehículo de microorganismos probióticos durante el almacenamiento refrigerado. Ruesgas-Ramón et al. (2020), por su parte, exploraron alternativas sostenibles para la extracción de biomoléculas de los coproductos de cacao.



Los temas básicos estuvieron dominados por la fermentación, las levaduras y las bacterias asociadas con el procesamiento del cacao. Díaz-Muñoz et al. (2023) demostraron diferencias entre cultivos iniciadores y observaron un comportamiento fermentativo más avanzado con *Saccharomyces cerevisiae*. Van de Voorde et al. (2023) confirmaron que la cepa de levadura utilizada modifica la velocidad de fermentación y la formación de alcoholes, ésteres y otros compuestos volátiles.

La diversificación alimentaria también estuvo representada en este cuadrante. Yuliana et al. (2023) transformaron miel de cacao en una bebida tipo kombucha y observaron incrementos en actividad antioxidante, fenoles y flavonoides. Haase et al. (2023) evaluaron pasteurización y tratamiento UHT como estrategias de estabilización microbiológica, mientras que Streule et al. (2024) demostraron que una proporción de la pulpa puede retirarse antes de la fermentación sin comprometer la calidad del grano. Chang et al. (2025) incorporaron herramientas de volatilómica y aprendizaje automático para relacionar cultivos iniciadores con perfiles aromáticos.

Los temas de nicho estuvieron relacionados con metabolismo microbiano, compuestos aromáticos y valorización de biomasa. Viesser et al. (2020) identificaron cepas fructofílicas de *Lactiplantibacillus plantarum* capaces de consumir fructosa y producir metabolitos vinculados con el aroma. Posteriormente, Viesser et al. (2021) demostraron que el cocultivo de bacterias lácticas fructofílicas y levaduras favorece el metabolismo de los azúcares y la formación de compuestos aromáticos.

Haase et al. (2021) identificaron 65 compuestos con actividad aromática en pulpas procedentes de diferentes orígenes, mientras que Nascimento et al. (2024) optimizaron la determinación de compuestos orgánicos volátiles y establecieron su relación con el perfil sensorial de la miel de cacao. Dentro de las rutas de valorización de biomasa, Rangel et al. (2021) evaluaron la producción de hidrógeno mediante fermentación oscura, mientras que Ochoa et al. (2021) identificaron ácidos orgánicos como acetato, propionato, butirato y lactato entre los coproductos obtenidos.

Los temas emergentes o en declive mostraron una mayor heterogeneidad y estuvieron asociados principalmente con *cocoa sweatings*, evaluación sensorial y nuevas rutas de valorización. Su baja centralidad y densidad no permiten determinar exclusivamente si corresponden a líneas que están disminuyendo o si constituyen áreas todavía en



etapas tempranas de desarrollo. La presencia de publicaciones recientes indica que algunas de estas aplicaciones podrían encontrarse en proceso de expansión.

Rodríguez-Castro et al. (2024) utilizaron mucílago en una bebida tipo kombucha y obtuvieron formulaciones con aceptación sensorial favorable. Meneses-Marentes et al. (2024) evaluaron la reincorporación de líquidos de exudación y encontraron modificaciones en el tiempo de fermentación y en compuestos relacionados con el sabor. Saavedra-Sanabria et al. (2021) utilizaron los azúcares disponibles en el exudado para producir celulosa bacteriana, mientras que Quintero-Silva et al. (2024) estudiaron la producción de polihidroxialcanoatos a partir de residuos líquidos del cacao. Vergara-Mendoza et al. (2022) complementaron estas evidencias mediante un balance de masa y análisis composicional de las diferentes fracciones del fruto.

El análisis temático cualitativo confirmó una amplia diversificación de las aplicaciones alimentarias. Las bebidas fueron la categoría con mayor presencia y comprendieron vinos, cervezas, jugos probióticos, kombucha y otras bebidas fermentadas. Dias et al. (2007) demostraron la viabilidad de elaborar vino a partir de pulpa de cacao; Koelher et al. (2022) evaluaron cepas de *Saccharomyces cerevisiae* para producir vinos utilizando miel complementada con pulpa; Nunes et al. (2020) establecieron el potencial de la pulpa como adjunto en cerveza; y dos Santos Filho et al. (2019) demostraron su aplicabilidad como matriz de un jugo probiótico.

Las investigaciones recientes ampliaron estas aplicaciones hacia bebidas tipo kombucha (Yuliana et al., 2023; Rodríguez-Castro et al., 2024) y procesos fermentativos alternativos. Klis et al. (2023), por ejemplo, utilizaron *Laetiporus persicinus* para fermentar pulpa de cacao y obtener una bebida con perfiles aromáticos tropicales. Yuliana et al. (2025) demostraron además que la miel de cacao puede funcionar como medio para favorecer el crecimiento de *Saccharomyces boulardii* y su actividad antimicrobiana.

El corpus también registró aplicaciones relacionadas con kéfir, sorbetes probióticos, bebidas funcionales, jarabes y edulcorantes naturales. Puerari et al. (2012) desarrollaron bebidas de kéfir a partir de pulpa de cacao y evaluaron su composición microbiológica, química y sensorial, mientras que Yuliana et al. (2023) evidenciaron el potencial de la miel de cacao para el desarrollo de una bebida funcional tipo kombucha. Tadtan et al. (2025) utilizaron jugo de pulpa de cacao en el desarrollo de un sorbete probiótico con propiedades



bioactivas, mientras que Aldana et al. (2023) estudiaron la concentración del exudado de mucílago para la obtención de jarabe de cacao. De manera complementaria, Quintero et al. (2025) incorporaron pulpa seca de cacao como edulcorante rico en nutrientes en barras de chocolate, evidenciando una alternativa de aprovechamiento compatible con el desarrollo de ingredientes de mayor estabilidad.

La conservación y estabilidad constituyeron otro eje de desarrollo. Haase et al. (2023) demostraron que la pasteurización y el tratamiento UHT pueden prolongar la estabilidad microbiológica de la pulpa, aunque producen modificaciones diferenciadas en atributos como color y aroma. Nascimento et al. (2025) evaluaron mediante análisis multivariante el comportamiento durante el almacenamiento de miel de cacao procesada mediante pasteurización y ultrasonido de alta intensidad, evidenciando el interés creciente por tecnologías capaces de ampliar la vida útil de la materia prima.

En conjunto, los resultados evidencian una transición desde investigaciones centradas principalmente en la composición y función del mucílago durante la fermentación convencional hacia un campo más diversificado, en el que convergen microbiología, fermentación controlada, compuestos bioactivos, estabilidad, aroma, evaluación sensorial y desarrollo de nuevos alimentos. Las bebidas fermentadas presentan actualmente la mayor diversidad de evidencia experimental, mientras que los ingredientes estabilizados, los productos funcionales y las nuevas rutas de transformación constituyen áreas con un desarrollo más reciente y potencial de expansión.

4. DISCUSIÓN

La evolución observada en la literatura sugiere que el estudio del mucílago de cacao ha dejado de concentrarse exclusivamente en su función durante la fermentación del grano y ha avanzado hacia enfoques de valorización alimentaria con una orientación tecnológica más definida. Esta transición es coherente con el cambio desde su consideración inicial como efluente del procesamiento (Adams et al., 1982) hacia su reconocimiento como una matriz con propiedades fisicoquímicas y funcionales de interés para el desarrollo de productos (Rocha et al., 2025). La permanencia de la fermentación como eje articulador también coincide con la evidencia microbiológica que demuestra la influencia de levaduras y bacterias



sobre las transformaciones de la masa pulpa-grano y la formación de compuestos relacionados con la calidad (Mota-Gutierrez et al., 2021; Díaz-Muñoz et al., 2023).

El mayor desarrollo de las bebidas fermentadas puede relacionarse con la disponibilidad de azúcares y la aptitud del mucílago como sustrato para diferentes microorganismos. Los antecedentes sobre vino, cerveza, kombucha y matrices probióticas muestran una progresión desde estudios de factibilidad hacia formulaciones con mayor atención a atributos funcionales y sensoriales (Dias et al., 2007; Nunes et al., 2020; Yuliana et al., 2023, 2025). Paralelamente, la incorporación de volatílómica, análisis sensorial y control de cultivos iniciadores evidencia una mayor sofisticación experimental para comprender la formación de aromas y la calidad de los productos obtenidos (Nascimento et al., 2024; Chang et al., 2025).

Esta diversificación, sin embargo, plantea exigencias tecnológicas vinculadas con la naturaleza perecedera de la materia prima. Los estudios sobre estabilización térmica, pasteurización y ultrasonido de alta intensidad muestran que la conservación constituye un componente estrechamente relacionado con el aprovechamiento posterior del mucílago (Haase et al., 2023; Nascimento et al., 2025). A su vez, la incorporación de pulpa seca como ingrediente en chocolate amplía las alternativas más allá de las bebidas y evidencia el interés por desarrollar matrices de mayor estabilidad y posibilidades de incorporación en formulaciones alimentarias (Quintero et al., 2025).

5. CONCLUSIONES

La investigación permitió establecer que el aprovechamiento alimentario del mucílago de cacao ha experimentado una diversificación progresiva durante el periodo analizado. El campo evolucionó desde estudios centrados principalmente en la composición de la pulpa y su participación en la fermentación del grano hacia investigaciones orientadas al desarrollo de bebidas fermentadas, productos probióticos, ingredientes funcionales, edulcorantes naturales y otras formulaciones de mayor valor agregado.

La estructura conceptual mostró que la fermentación, las levaduras, las bacterias lácticas y acéticas, la pulpa de cacao y los compuestos bioactivos constituyen los principales ejes de articulación científica. Los temas motores evidenciaron una mayor consolidación de las investigaciones vinculadas con bebidas, enzimas, polifenoles y flavonoides, mientras que los



temas básicos confirmaron el carácter transversal de los procesos microbiológicos. Los temas de nicho y las líneas emergentes revelaron, por su parte, oportunidades relacionadas con compuestos aromáticos, evaluación sensorial, líquidos de exudación y nuevas alternativas de valorización.

Las futuras investigaciones deberían profundizar en la estandarización de la materia prima, el control microbiológico, la inocuidad, la conservación y la vida útil de los productos desarrollados. También resulta necesario ampliar los estudios de aceptación sensorial, estabilidad durante el almacenamiento, escalamiento industrial y viabilidad económica, especialmente en aquellas aplicaciones que todavía presentan un menor grado de consolidación científica.

El aprovechamiento del mucílago debe entenderse dentro de una perspectiva más amplia de valorización integral del fruto de cacao. Su incorporación en alimentos, bebidas, ingredientes funcionales y procesos biotecnológicos puede contribuir a reducir pérdidas, diversificar los productos derivados del cacao y fortalecer modelos de economía circular en las cadenas agroindustriales, especialmente en territorios productores donde esta fracción continúa siendo subutilizada.

En perspectiva, el desarrollo científico y tecnológico del mucílago de cacao podría avanzar hacia sistemas de producción más estandarizados, sostenibles y orientados a mercados especializados. La integración de tecnologías de estabilización, fermentaciones controladas, análisis sensorial avanzado y evaluación de sostenibilidad permitirá transformar progresivamente esta materia prima en una alternativa de mayor valor comercial, siempre que los avances experimentales sean acompañados por evidencia sobre seguridad, aceptación del consumidor y factibilidad de implementación a escala industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, M. R., Dougan, J., Glossop, E. J., & Twiddy, D. R. (1982). Cocoa sweatings—an effluent of potential value. *Agricultural Wastes*, 4(3), 225–229. [https://doi.org/10.1016/0141-4607\(82\)90014-2](https://doi.org/10.1016/0141-4607(82)90014-2)

Aldana, M. Y., Bustos, Y., Espinoza, L. A., Ramírez, A., Nabarlatz, D. A., Blanco-Tirado, C., & Combariza, M. Y. (2023). Influence of temperature and pH during cacao mucilage exudate concentration on cacao syrup composition. *International Journal*



of Food Science & Technology, 58(12), 6817–6824.
<https://doi.org/10.1111/jifs.16677>

Cadby, J., & Araki, T. (2022). Postharvest pod storage and maturity effects on specialty cacao pulp quality. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 8(2–3), 212–226. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2022.121936>

Chang, H., Gu, C., Zhang, Q., Zhang, W., Ma, L., Liu, F., & Feng, Z. (2025). Investigation of aromatic compounds and olfactory profiles in cocoa pulp fermentation using yeast-based starters: A volatilomics and machine learning approach. *Food Chemistry: X*, 26, 102315. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102315>

Dias, D. R., Schwan, R. F., Freire, E. S., & dos Santos Serôdio, R. (2007). Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp. *International Journal of Food Science & Technology*, 42, 319–329. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01226.x>

Díaz-Muñoz, C., Van de Voorde, D., Tuentner, E., Lemarcq, V., Van de Walle, D., Soares Maio, J. P., Mencía, A., Hernandez, C. E., Comasio, A., Sioriki, E., Weckx, S., Pieters, L., Dewettinck, K., & De Vuyst, L. (2023). An in-depth multiphasic analysis of the chocolate production chain, from bean to bar, demonstrates the superiority of *Saccharomyces cerevisiae* over *Hanseniaspora opuntiae* as functional starter culture during cocoa fermentation. *Food Microbiology*, 109, 104115. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104115>

dos Santos Filho, A. L., Veloso Freitas, H., Rodrigues, S., Gonçalves Abreu, V. K., de Oliveira Lemos, T., Faria Gomes, W., Narain, N., & Fernandes Pereira, A. L. (2019). Production and stability of probiotic cocoa juice with sucralose as sugar substitute during refrigerated storage. *LWT*, 99, 371–378. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.007>

Haase, T. B., Naumann-Gola, S., Ortner, E., Zorn, H., & Schweiggert-Weisz, U. (2023). Thermal stabilisation of cocoa fruit pulp—Effects on sensory properties, colour and microbiological stability. *Current Research in Food Science*, 7, 100549. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100549>

Haase, T. B., Schweiggert-Weisz, U., Ortner, E., Zorn, H., & Naumann, S. (2021). Aroma properties of cocoa fruit pulp from different origins. *Molecules*, 26(24), 7618. <https://doi.org/10.3390/molecules26247618>



- Klis, V., Pühn, E., Jerschow, J. J., Fraatz, M. A., & Zorn, H. (2023). Fermentation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp by *Laetiporus persicinus* yields a novel beverage with tropical aroma. *Fermentation*, 9(6), 533. <https://doi.org/10.3390/fermentation9060533>
- Koelher, B. T. A., de Souza, S. M. M., da Costa, A. M., & Aguiar-Oliveira, E. (2022). Applicability of *Saccharomyces cerevisiae* strains for the production of fruit wines using cocoa honey complemented with cocoa pulp. *Food Technology and Biotechnology*, 60(2), 192–201. <https://doi.org/10.17113/ftb.60.02.22.7285>
- Llerena, W., Samaniego, I., Vallejo, C., Arreaga, A., Zhunio, B., Coronel, Z., Quiroz, J., Angós, I., & Carrillo, W. (2023). Profile of bioactive components of cocoa (*Theobroma cacao* L.) by-products from Ecuador and evaluation of their antioxidant activity. *Foods*, 12(13), 2583. <https://doi.org/10.3390/foods12132583>
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International*, 49(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.005>
- Meneses-Marentes, N., Bharath, S. M., & Hopfer, H. (2024). Effect of the addition of cocoa sweatings and time of fermentation on flavor compounds and sensory perception of 100% roasted cocoa liquor. *Journal of Food Science*, 89(11), 7294–7308. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17404>
- Mota-Gutierrez, J., Ferrocino, I., Giordano, M., Suárez-Quiroz, M. L., González-Ríos, O., & Cocolin, L. (2021). Influence of taxonomic and functional content of microbial communities on the quality of fermented cocoa pulp-bean mass. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(14), e00425-21. <https://doi.org/10.1128/AEM.00425-21>
- Mounya, K. S., & Chowdary, A. R. (2024). Optimization of ultrasound-assisted pectin recovery from cocoa by-products using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(11), 6714–6723. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13498>
- Nascimento, M. B., Amorim, L. R., Nonato, M. A. S., Roselino, M. N., Santana, L. R. R., Ferreira, A. C. R., Rodrigues, F. M., Mesquita, P. R. R., & Soares, S. E. (2024). Optimization of HS-SPME/GC-MS method for determining volatile organic compounds and sensory profile in cocoa honey from different cocoa



varieties (*Theobroma cacao* L.). *Molecules*, 29(13), 3194.
<https://doi.org/10.3390/molecules29133194>

Nascimento, M. B., Paulino, B. N., Silva, S. B., Deegan, K. R., Alencar, J. C. G., Ferreira, A. C. R., Rodrigues, F. M., Mesquita, P. R. R., & Soares, S. E. (2025). Multivariate analysis to evaluate the storage time of cocoa honey (*Theobroma cacao* L.) processed by pasteurization and high intensity ultrasound. *Food Chemistry*, 473, 143057. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143057>

Nunes, C. S. O., da Silva, M. L. C., Camilloto, G. P., Machado, B. A. S., Hodel, K. V. S., Koblitz, M. G. B., Carvalho, G. B. M., & Uetanabaro, A. P. T. (2020). Potential applicability of cocoa pulp (*Theobroma cacao* L.) as an adjunct for beer production. *The Scientific World Journal*, 2020, 3192585. <https://doi.org/10.1155/2020/3192585>

Ochoa, C., Hernández, M. A., Bayona, O. L., Cabeza, I. O., & Candela, A. M. (2021). Value-added by-products during dark fermentation of agro-industrial residual biomass: Metabolic pathway analysis. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 5937–5948. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01421-1>

Pettipher, G. L. (1986). Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardised artificial cocoa pulp medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37(3), 297–309. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740370315>

Puerari, C., Magalhães, K. T., & Schwan, R. F. (2012). New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis. *Food Research International*, 48(2), 634–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.005>

Quintero, I., Ceccaldi, A., Martínez, H., Santander, M., Rodríguez, J., & Escobar, S. (2025). Dry cacao pulp in chocolate bars: A sustainable, nutrient-rich sweetener with enhanced sensory quality through refractance windows drying. *Applied Food Research*, 5(1), 100700. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100700>

Quintero-Silva, M. J., Suárez-Rodríguez, S. J., Gamboa-Suárez, M. A., Blanco-Tirado, C., & Combariza, M. Y. (2024). Polyhydroxyalkanoates production from cacao fruit liquid residues using a native *Bacillus megaterium* strain: Preliminary study. *Journal of Polymers and the Environment*, 32, 1289–1303. <https://doi.org/10.1007/s10924-023-03018-2>



- Rangel, C. J., Hernández, M. A., Mosquera, J. D., Castro, Y., Cabeza, I. O., & Acevedo, P. A. (2021). Hydrogen production by dark fermentation process from pig manure, cocoa mucilage, and coffee mucilage. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11, 241–250. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00618-z>
- Rocha, G. H. A. M., de Almeida, M. C., da Silva, L. L. P., Flores, I. S., Castiglioni, G. L., De Oliveira, T. F., & Pereira, J. (2025). Food-related properties and composition of cocoa honey (*Theobroma cacao* L.): An integrated investigation. *Food Research International*, 202, 115694. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115694>
- Rodríguez-Castro, R., Guerrero, R., Valero, A., Franco-Rodríguez, J., & Posada-Izquierdo, G. (2024). Cocoa mucilage as a novel ingredient in innovative kombucha fermentation. *Foods*, 13(11), 1636. <https://doi.org/10.3390/foods13111636>
- Ruesgas-Ramón, M., Suárez-Quiroz, M. L., González-Ríos, O., Baréa, B., Cazals, G., Figueroa-Espinoza, M. C., & Durand, E. (2020). Biomolecules extraction from coffee and cocoa by- and co-products using deep eutectic solvents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 81–91. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9996>
- Saavedra-Sanabria, O. L., Durán, D., Cabezas, J., Hernández, I., Blanco-Tirado, C., & Combariza, M. Y. (2021). Cellulose biosynthesis using simple sugars available in residual cacao mucilage exudate. *Carbohydrate Polymers*, 274, 118645. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118645>
- Streule, S., André, A., Freimüller, S. L., Chatelain, K., Gillich, E., Chetschik, I., & Miescher, S. S. (2024). Influences of depulping, pod storage and fermentation time on fermentation dynamics and quality of Ghanaian cocoa. *Foods*, 13(16), 2590. <https://doi.org/10.3390/foods13162590>
- Tadtan, A., Tanukul, K., Chaipoot, S., Kanthakat, G., Sangpimpa, W., Srichan, P., Renaldi, G., & Samakradhamrongthai, R. S. (2025). Utilization of unfermented cocoa powder and cocoa pulp juice for the development of a probiotic sorbet with bioactive properties. *Applied Food Research*, 5(2), 101335. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101335>
- Van de Voorde, D., Díaz-Muñoz, C., Hernandez, C. E., Weckx, S., & De Vuyst, L. (2023). Yeast strains do have an impact on the production of cured cocoa beans, as assessed with Costa Rican Trinitario cocoa fermentation processes and chocolates thereof. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1232323. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1232323>



Vergara-Mendoza, M., Martínez, G. R., Blanco-Tirado, C., & Combariza, M. Y. (2022). Mass balance and compositional analysis of biomass outputs from cacao fruits. *Molecules*, 27(12), 3717. <https://doi.org/10.3390/molecules27123717>

Viesser, J. A., de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Rogez, H., Góes-Neto, A., Azevedo, V., Brenig, B., Aburjaile, F., & Soccol, C. R. (2021). Co-culturing fructophilic lactic acid bacteria and yeast enhanced sugar metabolism and aroma formation during cocoa beans fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 339, 109015. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109015>

Viesser, J. A., de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Vandenberghe, L. P. S., Azevedo, V., Brenig, B., Rogez, H., Góes-Neto, A., & Soccol, C. R. (2020). Exploring the contribution of fructophilic lactic acid bacteria to cocoa beans fermentation: Isolation, selection and evaluation. *Food Research International*, 136, 109478. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109478>

Yuliana, N., Nurainy, F., Sari, G. W., Sumardi, & Widiastuti, E. L. (2023). Total microbe, physicochemical property, and antioxidative activity during fermentation of cocoa honey into kombucha functional drink. *Applied Food Research*, 3(1), 100297. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100297>

Yuliana, N., Nurainy, F., Sumardi, Marentina, Z., & Putri, N. R. (2025). Potency of cocoa honey, byproduct of cocoa bean processing as probiotic media: Optimization of *Saccharomyces boulardii* growth and its antimicrobial activity. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 5(1), 320–331. <https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.219>

CONFLICTO DE INTERESES

No existe.

FINANCIAMIENTO

No aplica.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Alexander Rody Muñoz Cruzati y Gustavo Martínez Valenzuela.

Curación de datos: Alexander Rody Muñoz Cruzati.

Análisis formal: Alexander Rody Muñoz Cruzati y Gustavo Martínez Valenzuela.



Redacción – Borrador original: Alexander Rody Muñoz Cruzati.

Redacción – Revisión y edición: Alexander Rody Muñoz Cruzati y Gustavo Martínez Valenzuela.

