



Boletín de **VIGILANCIA TECNOLÓGICA**



CAFÉ



CRÉDITOS

BOLETÍN DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA DE CAFÉ

Presidente del Concytec:

Sixto Enrique Sánchez Calderón

Directora de Investigación y Estudios - DIE

Leda Yamilée Hurtado Roca

Elaborado por:

Stephany Gabriela Soto Bendezú

Editado por:

© Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Concytec)

Av. del Aire 485, San Borja - Lima - Perú

Teléfono: (51-1) 399-0030

www.concytec.gob.pe

Edición Digital

Diciembre 2025

Estudio electrónico disponible en <https://octi.concytec.gob.pe/index.php/boletin>



OBJETIVO: *Proporcionar información sobre los últimos adelantos científicos y tecnológicos mundiales, así como sobre los productos y servicios más innovadores que ingresan al mercado internacional.*



1. Resumen Ejecutivo



El presente informe de vigilancia tecnológica analiza diversas tecnologías e investigaciones recientes enfocadas en la valorización de residuos del café, tales como la pulpa, el mucílago, la cascarilla y los pozos. Estas tecnologías incluyen tanto publicaciones científicas como patentes vinculadas a procesos innovadores que permiten transformar dichos residuos en productos de alto valor agregado. Entre las aplicaciones destacadas se encuentran la producción de bioplásticos, biopolímeros, materiales compuestos, biochar catalítico, fertilizantes orgánicos, y productos funcionales para el tratamiento ambiental.

Las tendencias observadas reflejan un interés creciente por integrar principios de economía circular y sostenibilidad en la cadena agroindustrial del café, mediante el desarrollo de tecnologías limpias que aprovechan residuos como recursos. Las invenciones patentadas incluyen desde métodos para la producción fermentativa de biopolímeros hasta formulaciones de bioplásticos que combinan residuos de café con polímeros convencionales, así como técnicas de pirólisis, compostaje y funcionalización de biochar. En paralelo, las investigaciones científicas aportan evidencia sobre la eficiencia y viabilidad técnica de estos enfoques.

4

Entre los principales hallazgos, se identifican:

- Tecnologías e investigaciones orientadas a la transformación de residuos de café en productos sostenibles con aplicación en los sectores agroindustrial, ambiental y de materiales.
- Avances en procesos de fermentación microbiana y pirólisis para producir biopolímeros como el PHB y biochar con propiedades mejoradas.
- Patentes que abordan composiciones de bioplásticos, sistemas de encapsulación, catalizadores modificados y biofertilizantes enriquecidos.
- Potencial de implementación de estas tecnologías en regiones productoras de café mediante el aprovechamiento local de residuos agroindustriales y el impulso de la bioeconomía.

El informe concluye que las tecnologías e investigaciones identificadas representan una oportunidad estratégica para agregar valor al cultivo del café, promover modelos de producción sostenible y diversificar la economía rural mediante soluciones basadas en ciencia, innovación y aprovechamiento de residuos.



2. Metodología





Para el desarrollo del presente informe, se ha llevado a cabo una serie de actividades para lograr definir el tema, la búsquedas, análisis y puesta en valor de los resultados obtenidos. A continuación, se describe los pasos:

- Se identificó y mapeó fuentes de acceso a información sobre ciencia y tecnología relacionado al objeto del servicio (datos abiertos y especializados).
- Se crearon ecuaciones de búsqueda incluyendo operadores lógicos, filtros y delimitadores que permitan acotar la investigación de campo sobre las bases de los datos seleccionadas.
- Se realizó la construcción de taxonomía realizando la definición de palabras claves asociadas a las tendencias de VT/IC de la cadena seleccionada para el estudio.
- Se construyó el cuerpo de la información: preparando las condiciones para realizar la búsqueda en las bases de datos y software utilizados.
- Se seleccionaron las fuentes y los medios de acceso a las mismas, siendo formales (patentes, prensa, bases de datos, informes, publicaciones, etc.) o informales (apuntes, reuniones, congresos, ferias, encuestas, exposiciones, entre otros).

Se elaboró dos (2) estudios de VT de las cadenas productivas priorizadas.

Para llevar a cabo estos pasos, se decidió seguir la metodología general de la realización de los estudios de vigilancia e inteligencia basándonos en los requisitos de la norma UNE 166006:2018



3. Análisis Ámbito Tecnológico

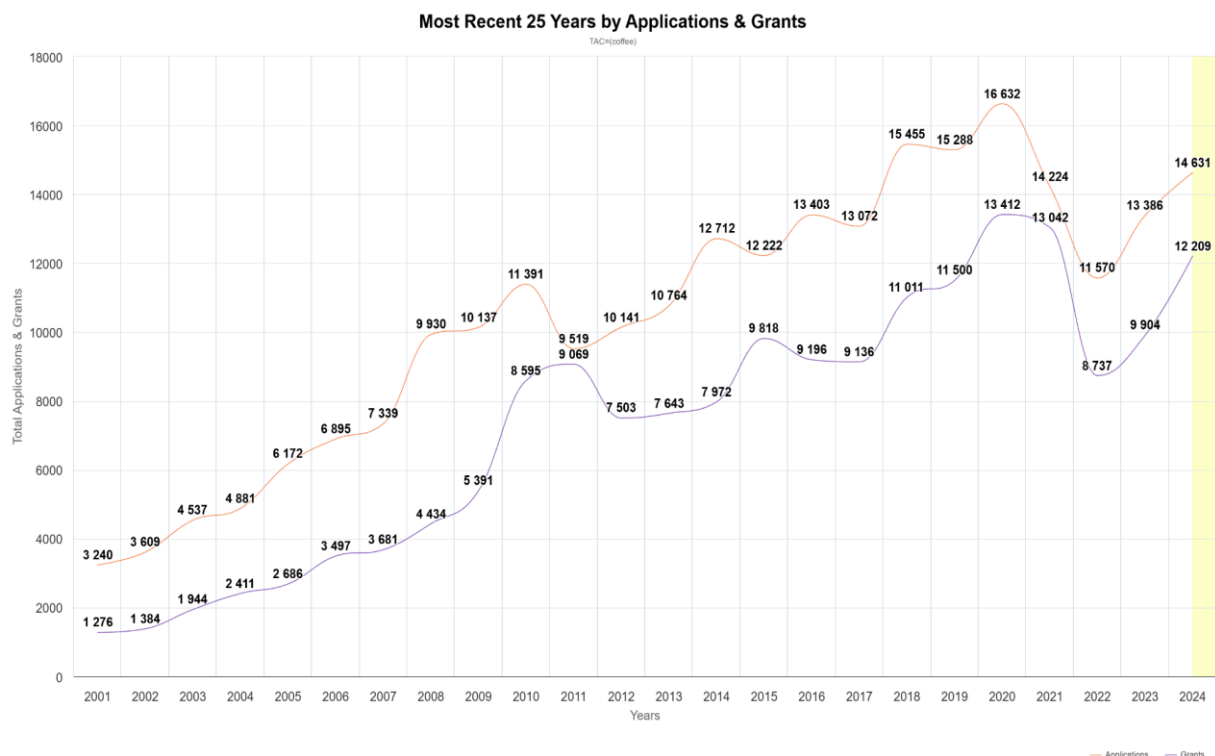


De acuerdo a los términos de referencia del servicio, se identificaron las necesidades de información y se identificaron los siguientes aspectos sobre el ámbito tecnológico:

3.1. Evolución de la patentes y Ciclo de vida de las tecnologías

En la imagen se puede observar la producción de tecnologías relacionadas el Sector Café. Se puede observar que existe una tendencia ascendente el interés por desarrollar tecnología en el sector, siendo el año 2020 el momento en el que se han realizado más desarrollos tecnológicos llegando a un total de 16,632 tecnologías solicitando protección. Se aprecia otro pico de desarrollo tecnológico en el 2018 con 15,455 desarrollos tecnológicos que solicitaron protección. Sin embargo, desde el 2022 al 2024, se aprecia un ascenso en la cantidad de solicitudes de patentes e interés por el desarrollo de estas temáticas. De acuerdo a la imagen, la línea naranja hace referencia a las solicitudes de patentes y la línea morada a las patentes otorgadas.

Figura 1: Evolución de la Protección de Tecnologías vs Tiempo



Nota: Línea naranja corresponde a solicitudes de patentes y línea morada corresponde a patentes otorgadas.

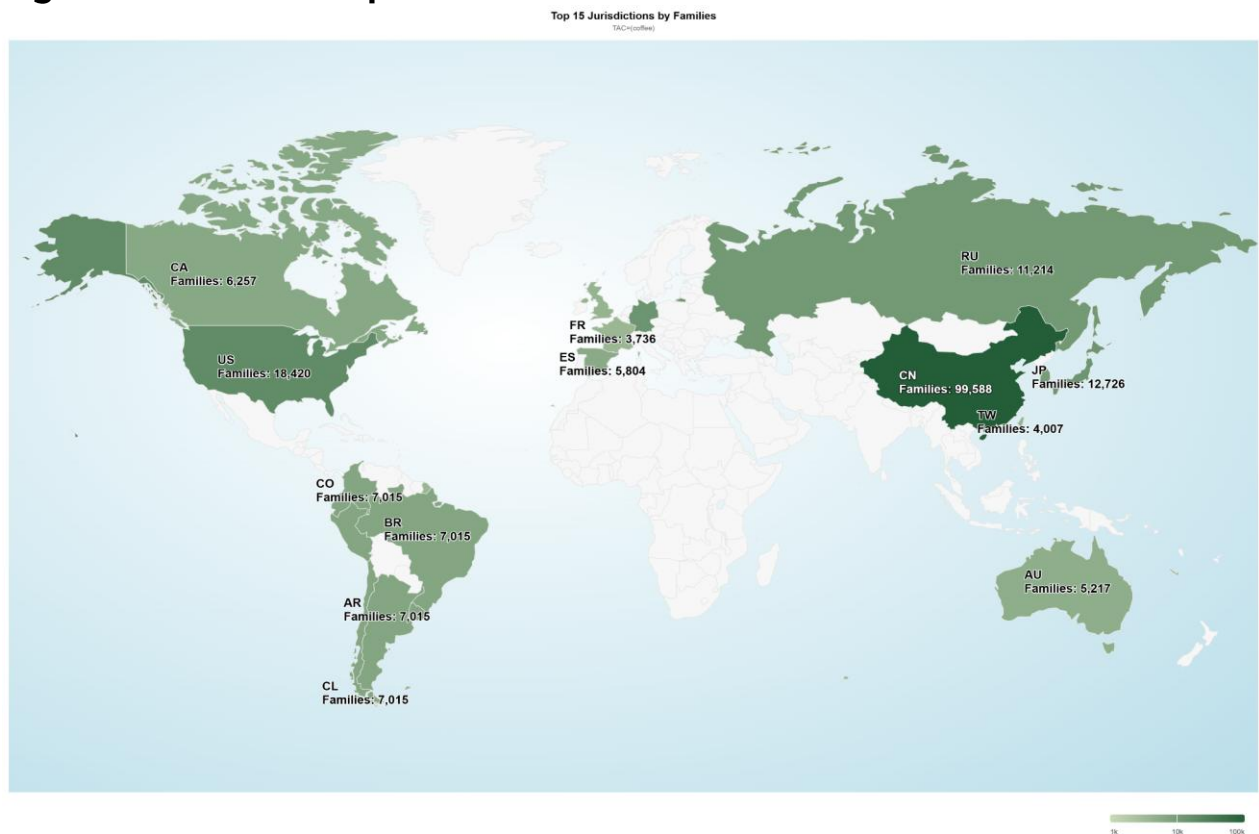


Fuente: Patbase (2025)

3.2. Países

En cuanto a los países o regiones con mayor número de solicitudes de patentes se posiciona en primer lugar China. A continuación se encuentran Estados Unidos de América, Alemania, Japón, Rusia, Corea del Sur, Sudamérica (Perú, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Uruguay), Canadá, España, Australia, Reino Unido, Taiwán y Francia.

Figura 2: Jurisdicción por Familias¹ de Patentes.



Fuente: Patbase (2025)

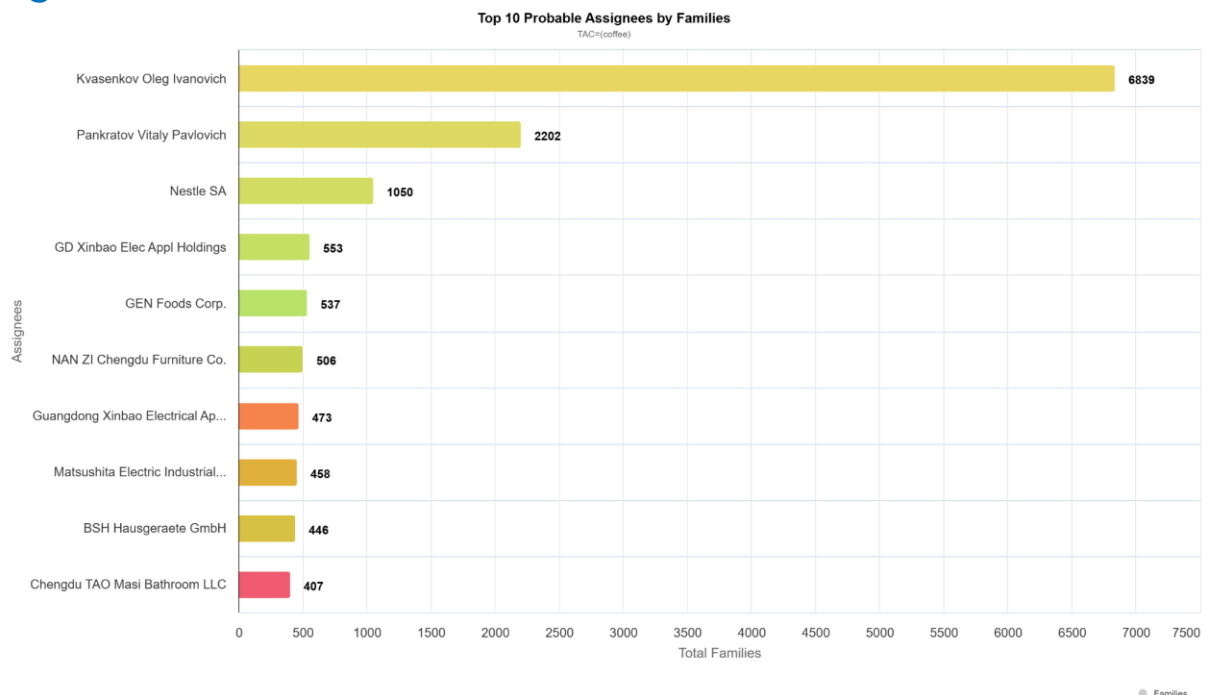
3.3. Solicitantes

¹ Una familia de patentes contiene solicitudes y patentes otorgadas que han sido solicitadas en diferentes países, sin embargo, se trata de 1 misma tecnología que busca expandirse internacionalmente. Con el objetivo de identificar tecnologías, se hablará de familia de patentes.



En relación a los principales solicitantes, Kvasenkov Oleg Ivanovich ocupa el primer lugar con 6839 familias de patentes. A continuación, están Pankratov Vitaly Pavlovich con 2202 familias, NESTLE S.A. con 1050 familias y GD Xinbao Elec Appl Holdings con 553 familias.

Figura 3: Solicitantes vs Número de Familia de Patentes



Fuente: Patbase (2025)

3.4. Desarrollo tecnológico

En el siguiente gráfico se presentan las 10 clasificaciones internacionales de patentes más relevantes relacionadas a Frutas y Hortalizas, que a continuación se detallan:

- **A47J — Equipos de cocina y preparación de alimentos/bebidas**

Esta subclase agrupa aparatos y utensilios de cocina usados para preparar alimentos y bebidas. En café, suele cubrir innovaciones en cafeteras (incl. espresso y automáticas), sistemas de extracción e infusión, filtrado, molienda integrada, control de temperatura/presión, espumado y dispensación, así como componentes o accesorios que mejoran la preparación y la repetibilidad de la bebida.



- **A23F — Café, té y sustitutos; fabricación, preparación o infusión**

A23F se enfoca directamente en café, té y sustitutos, abarcando tanto el producto como procesos de fabricación y preparación/infusión. En patentes de café, aquí aparecen mejoras en café soluble, extractos y concentrados, técnicas de tostado/infusión, descafeinado, conservación de aroma y sabor, mezclas y formulaciones que buscan atributos sensoriales o funcionales específicos.

- **A23L — Alimentos y bebidas no alcohólicas (no cubiertos por otras subclases)**

Esta subclase es un “paraguas” para alimentos y bebidas no alcohólicas cuando no encajan mejor en otra categoría más específica. En café, se usa con frecuencia para bebidas listas para tomar (RTD), bebidas funcionales con ingredientes relacionados al café, jarabes o bases, e incluso alimentos procesados con notas de café, cuando la invención se describe más como formulación alimentaria general que como “café” estrictamente (A23F).

- **B65D — Envases y recipientes para almacenamiento /transporte/dispensación**

B65D cubre envases, contenedores y soluciones de embalaje, incluyendo mecanismos de cierre, dosificación y dispensación. En café, está muy ligado a cápsulas/pods y monodosis, frascos y bolsas con barrera para preservar frescura, válvulas degasificadoras para café tostado, sistemas de sellado, empaques sostenibles/reciclables y diseños que facilitan el uso sin perder calidad del producto.

- **A47G — Equipamiento doméstico y de mesa**

A47G se centra en artículos del hogar y de mesa vinculados al servicio y uso cotidiano, más que a la “maquinaria” de cocina. En café, suele aparecer en invenciones relacionadas con servir y organizar: sets y accesorios de servicio, estaciones de café, porta-cápsulas, bandejas, soportes, recipientes de mesa o soluciones para mejorar la experiencia de consumo y presentación.

- **A61K — Preparaciones médicas, dentales o de tocador**

Esta subclase se refiere a preparaciones para uso médico o cosmético (tocador), como composiciones con ingredientes activos. En el mundo del café, suele conectar a la cafeína y extractos del café aplicados a cosmética (por ejemplo, productos



energizantes, anticelulitis, contorno de ojos) o a formulaciones con fines terapéuticos/funcionales, donde el foco de la patente está en la preparación para salud o cuidado personal, no en la bebida.

- **A21D — Tratamiento de harina/masa para horneado; productos de panadería**

A21D abarca mejoras en masa/harina y procesos de horneado, incluyendo aditivos, conservación y características del producto final. Se relaciona con café cuando este se incorpora como ingrediente (café, extractos, cafeína o derivados) en panadería y repostería, ya sea por sabor, por funcionalidad o por comportamiento tecnológico (textura, humedad, estabilidad), incluyendo rellenos o componentes que interactúan con el proceso de horneado.

- **A23N — Máquinas/aparatos para tratar frutas/vegetales a granel (incl. café)**

A23N incluye maquinaria para tratar productos vegetales a escala (limpieza, preparación, secado, tostado u operaciones afines, según el caso). Para café, es típico en patentes sobre equipos de poscosecha y procesamiento industrial: limpieza y separación, secado, clasificación, y sistemas que mejoran eficiencia, uniformidad o control del proceso cuando el “objeto” de la invención es la máquina o el aparato.

- **A23G — Cacao/chocolate, confitería, chicle, helados; preparación**

A23G se ocupa de confitería, chocolate/cacao, helados y productos similares, además de su preparación. En café se refleja en chocolates con café, caramelos o confites sabor café, helados tipo “coffee”, chicles con cafeína o notas de café, y formulaciones donde el café aporta sabor, aroma o un efecto funcional dentro de productos típicamente de confitería/postres.

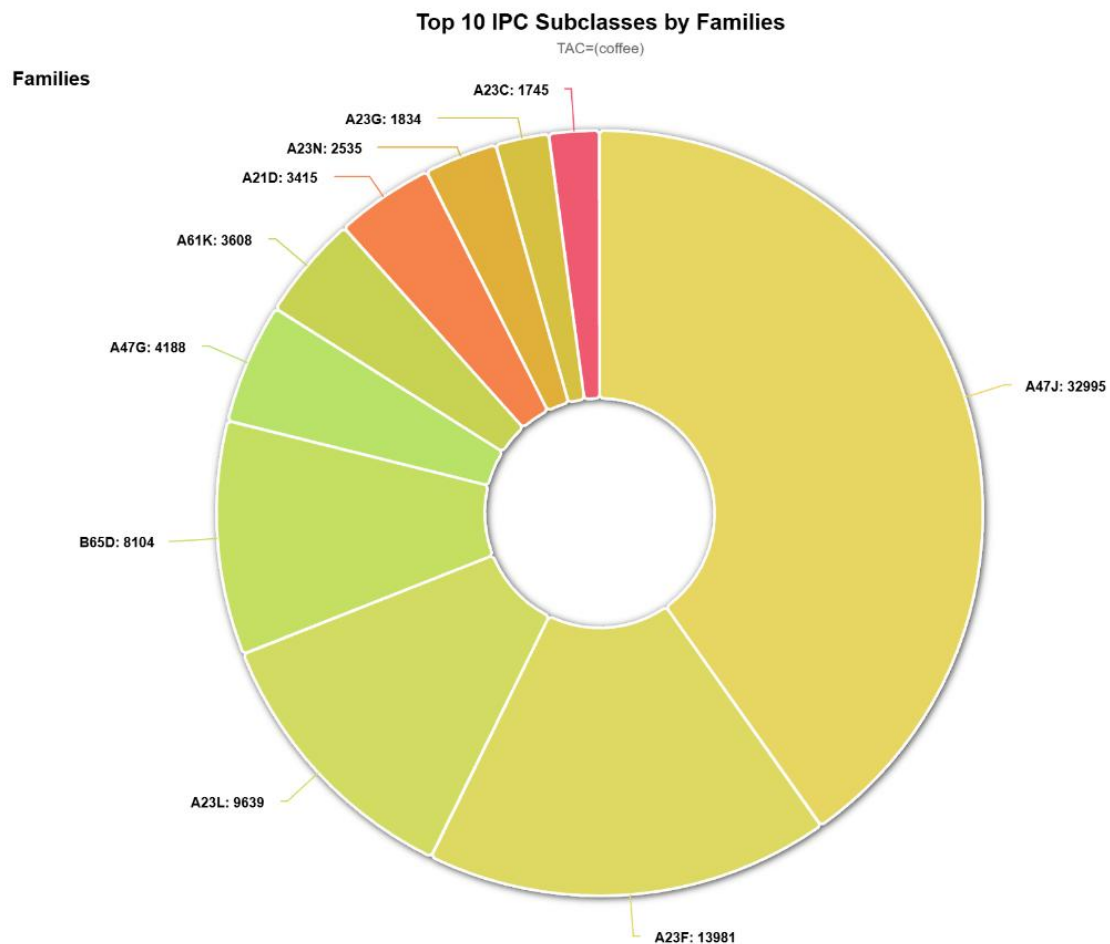
- **A23C — Lácteos y sustitutos; elaboración o tratamiento**

A23C se enfoca en productos lácteos y sus sustitutos (incluyendo procesos y composiciones asociadas). Su relación con café aparece en bebidas tipo “café con leche” listas para tomar, creamers (lácteos o alternativos vegetales), espumas estabilizadas y formulaciones que buscan compatibilidad con café (estabilidad, textura, separación, interacción con acidez y



sabor), optimizando la experiencia y vida útil del producto mezclado.

Figura 4: Códigos IPC vs Número de Familias de Patentes



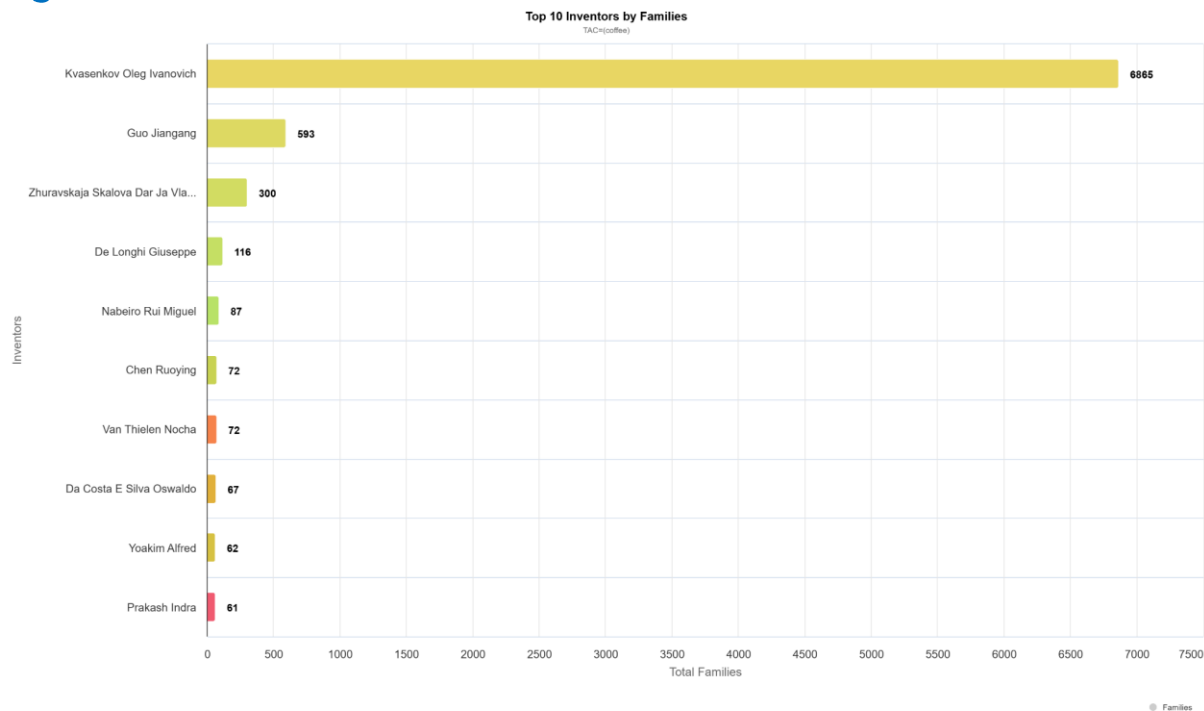
Fuente: Patbase (2025)

3.5. Principales Inventores y Expertos

En el siguiente gráfico se muestra los principales 10 inventores relacionados a las tecnologías en estudio:



Figura 5: Inventores vs Número de Familias de Patentes



Fuente: Patbase (2025)

Se puede apreciar que, por amplia diferencia, el inventor destacado en el sector café es Kvasenkov Oleg Ivanovich con 6865 familias de patentes.



4. Tecnologías e Innovaciones





Tecnologías e Innovaciones Seleccionadas

4.1. Solicitudes de patentes y Patentes otorgadas

• Documento 1 - Patente

Título	Métodos para reducir los atributos negativos del sabor en el café y sus composiciones
Número de publicación	CA3090117A1
Inventores	HOWELL JESSALIN A [US]; LU YANG [US]
Solicitantes	THE FOLGER COFFEE COMPANY [US]
Fecha de Publicación	16/02/2021
País	Canadá
CIPs	A23F5/02; A23F5/04; A23F5/14; A23F5/40; A23F5/46; A23L27/20;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/074567053/publication/CA3090117A1?q=pn%3DCA3090117>

Resumen de Patente: El presente invento aporta una mejora significativa al estado de la técnica al integrar herramientas de visión artificial y aprendizaje automático en un proceso tradicionalmente manual, lento y susceptible al error humano, como es la clasificación de granos de café verde. A diferencia de los métodos convencionales que dependen de la inspección visual realizada por operarios entrenados, este dispositivo ofrece una alternativa automatizada, escalable y objetivamente consistente, reduciendo la variabilidad en la calidad del producto final. Además, mejora el rendimiento operativo al acelerar el proceso de clasificación y minimizar el desperdicio de granos aprovechables. En comparación con tecnologías existentes, el invento introduce una arquitectura modular y económica que puede adaptarse a diversos contextos productivos, incluyendo zonas rurales con acceso limitado a tecnología avanzada. Esta innovación no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también permite trazabilidad y análisis estadístico de la calidad del café procesado, lo que representa una ventaja competitiva para los productores.

Aplicación de la presente tecnología: El invento puede aplicarse en distintos puntos del proceso productivo del café, especialmente en el centro de acopio o en las plantas de beneficio seco, donde se realiza la selección de granos antes de su comercialización. Su implementación puede darse tanto en cooperativas agrarias como en empresas exportadoras, adaptándose a



volúmenes de producción variables gracias a su diseño modular y escalable. Además, su aplicación no se limita únicamente al café convencional, sino que puede ser de gran utilidad en la producción de cafés especiales, donde la uniformidad y la ausencia de defectos son criterios fundamentales. El dispositivo puede funcionar como una solución independiente o como parte de una línea automatizada de procesamiento. También es viable su uso en programas de certificación de calidad o trazabilidad, al generar registros digitales del análisis realizado, los cuales pueden integrarse a plataformas de control y monitoreo. Esta versatilidad facilita su adopción tanto por grandes empresas como por pequeños productores organizados, contribuyendo a mejorar la calidad del café peruano en toda la cadena de valor.

• Documento 2 – Patente

Título	Granos de café raspados y métodos de raspado de café
Número de publicación	WO2022204037A1
Inventores	WRIGHT ERIC [US]
Solicitantes	WRIGHT ERIC [US]
Fecha de Publicación	29/09/2022
País	Estados Unidos
CIPs	A23F5/08;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/083363963/publication/WO2022204037A1?q=pn%3DEP4312577>

Resumen de Patente: El presente invento consiste en un método novedoso para la producción de un producto de café a partir del afeitado controlado de granos de café, mediante el cual se obtienen partículas planas y alargadas conocidas como “lascas” o “escamas” de café (shaved coffee bean particles). A diferencia de las técnicas convencionales de molienda que implican múltiples contactos destructivos con cuchillas o muelas —lo cual genera partículas irregulares, polvo fino (fines), sobrecalentamiento y extracción desigual—, el proceso descrito se basa en un contacto único y controlado entre el grano y un elemento de corte, como una cuchilla o láser, para obtener partículas con una alta relación superficie-volumen (SA/V) y geometría uniforme. La innovación radica en que al mantener una estructura más plana, con menor variabilidad en las dimensiones transversales, se maximiza el acceso a los compuestos solubles presentes en las células del grano de café, mejorando la eficiencia del proceso de extracción durante el preparado de bebidas. Además, esta técnica reduce la



generación de sedimentos, polvo fino y amargor asociado con la sobreextracción, logrando así una experiencia sensorial superior y más consistente para el consumidor. El invento abarca tanto el método de afeitado como el producto resultante, que puede clasificarse según la dimensión de las partículas obtenidas (flakes, shavings o slices), representando una mejora técnica sustancial frente al estado de la técnica en molienda de café.

Aplicación de la presente tecnología: El invento puede aplicarse de manera directa en la cadena de producción de café, particularmente en la etapa de post-procesamiento del grano tostado, sustituyendo o complementando los métodos tradicionales de molienda utilizados en cafeterías, plantas industriales, sistemas de cápsulas o en hogares. Gracias a su versatilidad, el proceso de afeitado puede integrarse en máquinas diseñadas especialmente para este fin o adaptarse a equipos existentes con sistemas de corte modificados. El producto resultante —las partículas de café afeitado— puede utilizarse en diversos métodos de preparación como espresso, cold brew, French press, café turco, o filtrado por goteo, con ventajas particulares en términos de sabor, eficiencia de extracción y reducción de residuos. Asimismo, la geometría optimizada de las partículas permite un mejor control del perfil de sabor durante la preparación, al facilitar una disolución más equilibrada de los compuestos deseados (ácidos, azúcares, aceites), minimizando la liberación de compuestos amargos. También se abren oportunidades de aplicación en la industria de bebidas listas para consumir (ready-to-drink), cápsulas de café, y procesos industriales de extracción de compuestos bioactivos del café, donde la alta relación SA/V mejora el rendimiento por unidad de materia prima. En consecuencia, esta innovación puede ser aplicada tanto a escala artesanal como industrial, generando beneficios económicos, ambientales y sensoriales en múltiples contextos del sector cafetalero.

• **Documento 3 – Patente**

Título	Método de fabricación de carbón activado de café a partir de residuos de café, carbón activado de café fabricado a partir del mismo y filtro combi para sistema de aire acondicionado de vehículos que incluye carbón activado de café
Número de publicación	KR20240166697A
Inventores	SEONG KWANG MO
Solicitantes	HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]; KIA CORP [KR]
Fecha de Publicación	03/11/2024



País	Corea del Sur
CIPs	B01D53/92; B01J20/20; B01J20/28; B01J20/30; C01B32/324

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/093465427/publication/KR20240166697A?q=pn%3DKR20240166697>

Resumen de Patente: El invento consiste en un método avanzado para fabricar carbón activado utilizando como materia prima los residuos de café (coffee grounds), así como el carbón activado resultante y un filtro combinado para sistemas de aire acondicionado vehicular que incorpora dicho carbón. La innovación radica en transformar los pozos de café, tradicionalmente desechados mediante incineración o disposición en vertederos, en un precursor carbonoso eficiente mediante un proceso que incluye secado, tamizado, carbonización y activación a altas temperaturas, seguido de un posprocesamiento que permite seleccionar partículas con un tamaño controlado entre 185 y 864 μm . Este tratamiento permite obtener un carbón activado con una superficie específica BET igual o superior a 1000 m^2/g , lo cual proporciona capacidades de adsorción comparables o superiores a las del carbón activado de origen convencional, pero con un impacto ambiental sustancialmente menor. Además, el invento propone su aplicación directa en filtros para sistemas de aire acondicionado de vehículos, logrando mejoras en la eficiencia de adsorción de gases contaminantes, reducción de la pérdida de presión y aumento de la captación de polvo. Con ello, la invención aporta una solución sostenible y de alto desempeño, alineada con objetivos de economía circular y carbono neutralidad.

Aplicación de la presente tecnología: El método y el producto resultante pueden aplicarse industrialmente en la fabricación de filtros para sistemas de climatización automotriz, sustituyendo el carbón activado derivado de madera, carbón mineral, lignito o cáscara de palma. El proceso permite integrar el carbón activado procedente de café en capas adsorbentes dentro de filtros multicapa, junto con materiales de soporte y capas captoras de partículas, formando estructuras plisadas y termoestabilizadas aptas para la filtración de aire. Gracias a sus propiedades adsorbentes y capacidad de retención de polvo, el material es adecuado para capturar compuestos orgánicos volátiles, partículas finas y gases perjudiciales como tolueno, n-butano y dióxido de azufre. Asimismo, el invento puede aplicarse en cadenas productivas orientadas a la gestión de residuos agroindustriales, permitiendo el reaprovechamiento de grandes volúmenes de residuos de



café generados por cafeterías, plantas tostadoras e industrias de alimentos y bebidas. Su adopción facilita la reducción de emisiones contaminantes, mejora el desempeño de filtrado en vehículos y genera oportunidades comerciales para sectores automotriz, ambiental y energético, contribuyendo a estándares internacionales de sostenibilidad y neutralidad de carbono.

• Documento 4 – Patente

Título	Microbots derivados de posos de café
Número de publicación	US2025017234A1
Inventores	SINGH AMIT KUMAR [US]; BASIREDDY TARINI [US]; MORAN JEFFREY LAWRENCE [US]
Solicitantes	UNIV GEORGE MASON [US]
Fecha de Publicación	16/01/2025
País	Estados Unidos
CIPs	A23F5/14; B25J7/00;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/094212258/publication/US2025017234A1?q=US2025017234%20AA>

Resumen de Patente: El invento consiste en un producto microbótico elaborado a partir de residuos de café (spent coffee grounds, SCGs), diseñado para la eliminación de contaminantes en soluciones acuosas, como colorantes industriales, microplásticos y aceites. Estos microbots están compuestos por partículas de café previamente utilizadas en procesos de infusión, que luego son secadas, molidas y funcionalizadas con nanopartículas de óxido de hierro (IONPs) mediante un enfoque de química verde, lo que les confiere propiedades magnéticas sin necesidad de altas temperaturas ni productos químicos tóxicos. El resultado es un microbot de base orgánica, con capacidad de autotransporte y dirección mediante campos magnéticos, que puede ser recuperado del agua tras su uso, facilitando su reutilización. En una variante del producto, estos microbots son recubiertos con ácido ascórbico, lo que les permite participar activamente en la reducción química de colorantes como el azul de metileno, aumentando así su eficacia como agente descontaminante. La innovación principal reside en la utilización de un residuo abundante y de bajo costo como el café usado, transformado en una herramienta multifuncional para el tratamiento de aguas contaminadas, mediante un proceso ecológico, reproducible, escalable y alineado con los principios de la economía circular. Este producto representa una solución técnica novedosa



frente a los tratamientos tradicionales, al combinar biocompatibilidad, capacidad de recuperación, funcionalidad química y control remoto mediante magnetismo.

Aplicación de la presente tecnología: El producto puede ser aplicado de manera directa en procesos de descontaminación de aguas residuales o fuentes naturales de agua, tanto a escala industrial como en entornos rurales o emergencias ambientales. Debido a su carácter magnético, los microbots derivados de residuos de café pueden ser fácilmente manipulados y dirigidos mediante campos magnéticos hacia zonas específicas con alta carga contaminante, lo que permite una intervención localizada y precisa. Su aplicación puede realizarse en plantas de tratamiento de agua, sistemas portátiles de purificación, instalaciones de recuperación ambiental o incluso integrarse en sistemas automatizados de limpieza de efluentes industriales. Asimismo, pueden ser utilizados como elemento activo en filtros, o dispersarse en soluciones acuosas contaminadas para capturar colorantes, aceites o microplásticos, y luego ser recuperados magnéticamente, lavados y reutilizados en múltiples ciclos. Su bajo costo de producción y su naturaleza reutilizable los hacen especialmente adecuados para países en vías de desarrollo o situaciones de acceso limitado a tecnologías de purificación convencionales. Además, la variante recubierta con ácido ascórbico permite su uso en la remoción avanzada de contaminantes químicos mediante mecanismos de reducción, lo que amplía el espectro de aplicaciones posibles. En conjunto, el producto representa una herramienta versátil, eficiente y sostenible para enfrentar desafíos actuales de contaminación hídrica.

• Documento 5 – Patente

Título	Método para el procesamiento de cerezas de café utilizando agua de mar profundo y microorganismos
Número de publicación	US2019380356A1
Inventores	PARK JONG-SOON [KR]; LEE DONG-JIN [KR]; LEE DEUK-SIK [KR]
Solicitantes	WELL BEING LS CO LTD [KR]
Fecha de Publicación	19/12/2019
País	Estados Unidos, Corea del Sur
CIPs	A23F5/02; A23F5/04;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/060203730/publication/US2019380356A1?q=pn%3DKR101885207B>



Resumen de Patente: El invento consiste en un método para el procesamiento de cerezas de café mediante la aplicación conjunta de agua de mar profunda (deep sea water) y microorganismos benéficos seleccionados, con el objetivo de acortar el tiempo de procesamiento de las cerezas en granos verdes, reducir la proporción de granos defectuosos y aumentar el contenido de trigonelina, un compuesto precursor del aroma del café. La innovación radica en aplicar esta tecnología desde las primeras etapas postcosecha, es decir, durante la fermentación de las cerezas de café, y no en la fase de extracción de bebida como ocurre en los antecedentes conocidos. El proceso se puede ejecutar bajo tres métodos tradicionales de beneficio: natural, honey (pulped natural) y lavado, todos adaptados para incluir una etapa de fermentación controlada mediante la inoculación de cepas seleccionadas de *Lactobacillus plantarum* LS-801, *Lactobacillus fermentum* LS-802 y *Lactobacillus acidophilus* LS-803, aisladas directamente de cerezas de café. Estas cepas se aplican junto con una proporción específica de agua de mar profunda (2–4% p/p), rica en minerales y con baja carga biológica, lo que favorece una fermentación eficiente y controlada. El proceso resulta en granos verdes de mayor calidad, con menos defectos físicos y químicos, y con un incremento medible en trigonelina, mejorando así el perfil sensorial del café. Esta innovación representa un avance técnico significativo al integrar microbiología aplicada y recursos marinos en el tratamiento primario del café, con resultados comprobables en calidad y rendimiento.

Aplicación de la presente tecnología: El método descrito puede aplicarse directamente en fincas cafetaleras, cooperativas, beneficios húmedos o plantas de procesamiento primario, integrándose a los flujos de trabajo existentes con adaptaciones mínimas. La implementación comienza con la recolección de cerezas maduras, que luego se someten al tratamiento con agua de mar profunda y microorganismos seleccionados, según el método de beneficio que se utilice (natural, honey o lavado). En cada modalidad, se controlan variables como la temperatura, tiempo de fermentación y proporción de inóculo, para asegurar la degradación eficiente del mucílago y maximizar la actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas. Posteriormente, los granos son lavados, secados por aire caliente entre 40–50 °C y descascarillados. Este método permite reducir el tiempo total de procesamiento de hasta 40 días a tan solo 3–4 días, con un aumento del rendimiento en peso de los granos verdes y una drástica reducción de defectos (por ejemplo, de 35 granos defectuosos a solo 1–3 por muestra). Adicionalmente, la tecnología es escalable y adaptable a condiciones



locales, pudiendo utilizarse tanto en producciones artesanales como industriales. También abre oportunidades para la comercialización diferenciada de café especial, ya que el mayor contenido de trigonelina mejora el perfil aromático tras el tueste, lo cual se traduce en mejores puntajes en catas (cupping) y mayor valor agregado. Así, este proceso puede incorporarse como un modelo sostenible y de economía circular, utilizando recursos marinos y microbiología para mejorar la calidad, productividad y rentabilidad del café.

• Documento 6 – Patente

Título	Café en polvo liofilizado y un método para su fabricación
Número de publicación	WO2017186876A1
Inventores	WELSH JOE CHRISTOPHER [GB]; JACKSON TAMSIN MIKEALA [GB]; MULVANY JONATHAN PATRICK [GB]; REES JACK [GB]; KANG WON [GB]
Solicitantes	DOUWE EGBERTS BV [NL]
Fecha de Publicación	02/11/2017
País	Reino Unido / Holanda
CIPs	A23F5/26; A23F5/32;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/058640889/publication/WO2017186876A1?q=pn%3DWO2017186876>

Resumen de Patente: El invento consiste en un método innovador para la fabricación de un polvo de café liofilizado que, al ser reconstituido con agua caliente, genera una crema superficial (crema o crema layer) significativa, mejorando así la calidad sensorial percibida del producto final. Este resultado se logra mediante la adición controlada de gas—preferentemente nitrógeno— a un extracto de café con una concentración de sólidos disueltos entre 40% y 55% en peso, seguido de una despresurización rápida para formar una espuma estable que se congela en una secuencia térmica precisa y sin aplicación de cizallamiento elevado. La congelación incluye un enfriamiento lento dentro de una ventana de temperaturas específicas, lo que permite el crecimiento de cristales de hielo de mayor tamaño y reduce la interconectividad entre las burbujas de gas y los poros del hielo. Posteriormente, el extracto congelado se muele y se liofiliza para obtener un café soluble con una microestructura única que facilita la liberación controlada del gas al momento de la disolución, formando una capa de crema comparable a la obtenida en bebidas de café preparadas en cafeterías a partir de granos molidos.



Aplicación de la presente tecnología: El invento puede aplicarse industrialmente en la fabricación de café soluble liofilizado de alta gama, destinado a consumidores que buscan una experiencia similar a la del café preparado en cafeterías, con una capa de crema visible y estable al momento de la reconstitución. La metodología es compatible con procesos industriales existentes, requiriendo adaptaciones controladas en la etapa de espumado, congelación y secado por sublimación. También puede integrarse en líneas de producción de bebidas listas para preparar, productos funcionales con ingredientes activos encapsulados en café, o en sistemas monodosis tipo cápsulas solubles. Asimismo, es viable su aplicación conjunta con otros componentes naturales del café, como extractos de cereza submadura ricos en polifenoles, lo cual amplía su uso hacia alimentos y suplementos con propiedades antioxidantes. Su implementación contribuye a diversificar la oferta de productos del sector cafetero, promover la innovación tecnológica y aprovechar integralmente la biomasa del cafeto, alineándose con prácticas de economía circular y agregación de valor en origen.

• Documento 7 – Patente

24

Título	Bioprocesamiento de residuos orgánicos con bacillus coagulans para la nutrición y conservación de suelos y procesos agrícolas.
Número de publicación	MX2021012898A
Inventores	ROCHIN MEDINA JESÚS JAIME [MX]; MENDOZA LÓPEZ ILIANNE ANNEL; RAMÍREZ MEDINA HILDA KARINA; FAJARDO LÓPEZ ANA JOSEFINA
Solicitantes	SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA TECNOLOGICO NAC DE MEXICO [MX]
Fecha de Publicación	24/04/2023
País	México
CIPs	B09B3/00; C05F11/08; C12R1/07;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/089903716/publication/MX2021012898A?q=pn%3DMX2021012898A>

Resumen de Patente: El invento consiste en un bioproceso optimizado de fermentación que transforma residuos agroindustriales contaminantes —específicamente el nejayote (agua residual de la nixtamalización) y los pozos de café— en un producto de valor agregado, utilizando la bacteria probiótica *Bacillus coagulans* como agente biológico. La innovación principal radica en el establecimiento de una sinergia entre estos desechos: la bacteria



fermenta el nejayote a 39°C durante dos días produciendo ácidos orgánicos que reducen su alcalinidad natural, y posteriormente se añaden posos de café al 2% para neutralizar el pH a 7 de forma biológica (sustituyendo el uso de químicos neutralizantes) y enriquecer la mezcla con minerales, logrando así maximizar la concentración de biomasa, compuestos fenólicos y actividad antioxidante

Aplicación de la presente tecnología: Esta tecnología se aplica principalmente como un biofertilizante y protector de suelos agrícolas que, tras un proceso de secado, aporta nutrientes esenciales como aminoácidos, calcio, magnesio y potasio para mejorar la fertilidad de la tierra de manera sustentable. Su implementación en cultivos comerciales ha demostrado incrementar significativamente el porcentaje de germinación en semillas de girasol (24%), pepino (21%), ajonjolí (21%) y maíz (18%), además de actuar como un agente de biocontrol con capacidad bactericida que inhibe el desarrollo de patógenos peligrosos como Salmonella enterica, Escherichia coli y Listeria monocytogenes, promoviendo así la seguridad y el rendimiento alimentario.

• **Documento 8 – Patente**

Título	Procedimiento para la producción de polihidroxibutirato (phb) a partir de residuos del beneficio de café
Número de publicación	CO2024017930A1
Inventores	RAMÍREZ MALULE HOWARD DIEGO [CO]; GÓMEZ RÍOS DAVID ANDRÉS [CO]; SANJUAN VANEGAS GUSTAVO ANDRÉS [CO]; LÓPEZ AGUDELO MARÍA CAMILA [CO]
Solicitantes	UNIV DEL VALLE [CO]
Fecha de Publicación	01/04/2025
País	Colombia
CIPs	C12P1/04; C12P7/02; C12P7/42;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/096138991/publication/CO2024017930A1?q=CO20240017930>

Resumen de Patente: La presente invención se refiere a un procedimiento biotecnológico para la producción fermentativa de polihidroxibutirato (PHB), un biopolímero biodegradable perteneciente a la familia de los polihidroxialcanoatos (PHA), utilizando como microorganismo productor a Cupriavidus necátor y como fuente de carbono un sustrato obtenido a partir



de residuos agroindustriales del café, específicamente extracto de pulpa y mucílago de café. La innovación radica en el uso directo de este subproducto agroindustrial sin requerir costosos pretratamientos químicos ni ajustes significativos en su composición, debido a que el residuo presenta de forma natural una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) favorable para inducir la acumulación intracelular de PHB en la bacteria seleccionada. El proceso incluye etapas de preparación del sustrato (extracción acuosa y posible filtración), inoculación con la cepa *C. necátor* en condiciones de fermentación controladas (pH, temperatura, aireación y tiempo) y posterior recuperación del biopolímero mediante técnicas de lisis celular y extracción con disolventes. La propuesta constituye una alternativa innovadora y sostenible que integra la valorización de residuos del beneficio húmedo del café en un proceso fermentativo de alto valor agregado, minimizando los insumos externos y los impactos ambientales típicamente asociados a la producción de bioplásticos a partir de fuentes purificadas de carbono como glucosa o sacarosa. En este sentido, el procedimiento permite aprovechar un flujo residual de abundante generación en países cafetaleros, transformándolo en materia prima para la fabricación de materiales biodegradables.

Aplicación de la presente tecnología: La aplicación del procedimiento descrito puede integrarse en plataformas de biorrefinería ubicadas cerca de centros de acopio o procesamiento de café, donde se recolectan y procesan los residuos generados durante el despulpado y fermentación del grano. Estas instalaciones pueden implementar biorreactores a pequeña o mediana escala en los que se cultive *Cupriavidus necátor* bajo condiciones optimizadas para acumular PHB utilizando los extractos de pulpa y mucílago como fuente principal de carbono. Tras la fermentación, el PHB puede ser extraído, purificado y utilizado para la elaboración de materiales plásticos biodegradables, como films, bolsas compostables, envases de un solo uso o productos agrícolas (macetas, coberturas). Además, esta tecnología puede ser adoptada tanto por instituciones de investigación como por empresas agroindustriales, interesadas en desarrollar líneas de productos más sostenibles y alineadas con políticas de responsabilidad ambiental. También puede ser útil en proyectos de desarrollo rural o cooperativas cafetaleras que busquen diversificar su producción y generar nuevos ingresos a partir de residuos actualmente subutilizados. La implementación puede iniciarse con unidades modulares piloto y escalar progresivamente según la disponibilidad de residuos y la demanda de bioplásticos. En suma, el procedimiento se perfila como una solución



tecnológica flexible, de bajo costo y con alto impacto ambiental positivo, facilitando la transición hacia modelos de producción más circulares en el sector agroindustrial.

• **Documento 9 – Patente**

Título	Composiciones impresas tridimensionales utilizando sustratos orgánicos como café, cáscaras de pistacho y cáscaras de coco, con aglutinantes a base de bacterias, recubrimientos para composiciones impresas tridimensionales y procesos relacionados con las mismas.
Número de publicación	WO2021201830A1
Inventores	MILLER JAKE [US]; EADS THAD [US]; CHAN DANNY [US]
Solicitantes	COMMON GROUNDS LAB INC [US]
Fecha de Publicación	07/10/2021
País	Estados Unidos
CIPs	A23F5/00; B09B3/00; B33Y10/00; B33Y70/00; B33Y80/00; C04B18/00; C04B18/04; C04B18/18; C04B18/24;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/077929744/publication/WO2021201830A1?q=pn%3DWO2021201830>

Resumen de Patente: La presente invención se refiere a un método de fabricación de objetos sólidos mediante impresión 3D utilizando mezclas formuladas a partir de residuos orgánicos como posos de café, cáscaras de pistacho y cáscaras de coco, los cuales son combinados con aglutinantes biológicos, principalmente bacterias capaces de inducir la precipitación de carbonato de calcio (MICP). Esta mezcla permite generar estructuras estables sin necesidad de polímeros sintéticos. La innovación radica en el desarrollo de una formulación que es compatible con impresión 3D, aprovechando subproductos agroindustriales, y en el uso de procesos de curado biológico que consolidan el material de forma natural. Además, se contempla la aplicación de tratamientos superficiales como recubrimientos metálicos o exposición a ozono para modificar sus propiedades estéticas o funcionales, ampliando así el rango de aplicaciones finales.

Aplicación de la presente tecnología: Esta invención puede aplicarse en procesos de producción mediante impresión tridimensional en sectores



como el diseño industrial, mobiliario, arquitectura sostenible y artículos sanitarios. Las mezclas de materiales, una vez preparadas, pueden cargarse en impresoras 3D para fabricar objetos como lavabos, luminarias, tazas reutilizables o piezas decorativas. Posteriormente, las piezas pueden someterse a un proceso de curado húmedo que permite la solidificación gracias a la acción del aglutinante bacteriano, seguido de tratamientos superficiales opcionales para mejorar su durabilidad y apariencia. Su aplicación permite aprovechar residuos agrícolas locales, reducir el uso de plásticos convencionales y ofrecer productos con menor huella ambiental y alto valor estético o funcional.

• **Documento 10 – Patente**

Título	Bioplástico a partir de residuos de café y método para elaborarlo
Número de publicación	KR20130083742A
Inventores	KIM JAE DO [KR]; BYUN DAE WOO [KR]; BYUN WOO SHIN [KR]; SHIN KYEONG SOON [KR]
Solicitantes	DONGSUH FOODS CORP [KR]; EVERGREEN CO LTD [KR]
Fecha de Publicación	23/07/2013
País	Corea del Sur
CIPs	B29B9/06; B29B9/12;

Link:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/048994675/publication/KR20130083742A?q=pn%3DKR20130083742>

Resumen de Patente: La invención consiste en un bioplástico elaborado a partir de subproductos del café, como residuos de extracción y cáscaras, que se incorporan a una matriz plástica compuesta por polipropileno (PP), polietileno (PE) u otras combinaciones poliméricas. El proceso incluye el secado y pulverización del residuo de café hasta alcanzar un tamaño de partícula óptimo (120–300 mesh), seguido de su mezcla con aditivos como carbonato de calcio, dióxido de titanio, ceras y dispersantes. Esta mezcla es luego extruida para obtener pellets de bioplástico que conservan propiedades mecánicas adecuadas, como resistencia a la tracción, y mejoran la biodegradabilidad del producto final. La innovación radica en integrar hasta un 20% de residuos orgánicos de café en una formulación técnica estable, utilizando procesos industriales existentes, lo cual permite reducir la proporción de plástico convencional sin sacrificar funcionalidad ni estética. Adicionalmente, el uso de aditivos específicos controla



características como fotodegradabilidad, color, dispersión y procesabilidad, lo que amplía el rango de aplicaciones del material.

Aplicación de la presente tecnología: El bioplástico obtenido mediante este proceso puede aplicarse en la fabricación de productos como envases, bolsas, películas para embalaje, bandejas, tapas, láminas o piezas moldeadas por inyección, utilizando equipos convencionales de extrusión e inyección plástica. Su composición permite sustituir parcialmente los polímeros derivados del petróleo con materiales renovables y reciclados, generando productos con menor huella ambiental. También es apto para aplicaciones de un solo uso, donde se busca mejorar la degradabilidad del producto tras su disposición final. Además, al incorporar residuos agroindustriales del café, se ofrece una solución de economía circular que contribuye a la valorización de desechos orgánicos, reducción del impacto ambiental y fortalecimiento de cadenas productivas sostenibles en regiones cafeteras.

• Documento 11 – Patente

Título	Un método de preparación de un biocompuesto miceliar
Número de publicación	IN202541038841
Inventores	Vasudha K U, Dr Jamuna Bai A
Solicitantes	JSS Academy of Higher Education & Research (Deemed to be university)
Fecha de Publicación	30/05/2025
País	India
CIPs	A01G18/20; A01G18/40; A01G18/50; A01G18/64; C12N1/14

Resumen de Patente: El invento consiste en un método para preparar un biocompuesto de micelio, un material de ingeniería ecológico generado al unir subproductos lignocelulósicos mediante una red de hifas fúngicas que actúa como aglutinante natural. La innovación principal radica en la valorización de residuos agrícolas (paja) y urbanos (posos de café usados), transformando materiales habitualmente desechados en una alternativa no tóxica, de bajo costo y ligera al poliestireno expandido (conocido como unicel o poliespán). El proceso técnico aprovecha la capacidad natural de los hongos comestibles para descomponer estos sustratos, acelerando el crecimiento inicial con azúcares simples y finalizando con un secado térmico a 60°C para detener la actividad biológica, lo que resulta en un producto estable y resistente al fuego.



Aplicación de la presente tecnología: Su aplicación fundamental es funcionar como un sustituto sostenible para los productos de poliestireno de un solo uso, especialmente en la industria del embalaje y empaquetado, atacando directamente el problema de la contaminación plástica. Además de este uso primario, el material posee una gran versatilidad que permite aplicarlo en la construcción (para aislamiento y acústica), en decoración, accesorios y textiles mezclados, existiendo incluso proyecciones futuras para su uso en blindaje electromagnético. Una ventaja crucial de su aplicación es la circularidad de su ciclo de vida: una vez que el producto ha cumplido su función (por ejemplo, proteger un envío), puede utilizarse como fertilizante, devolviendo nutrientes al suelo en lugar de convertirse en basura.

• **Documento 12 – Patente**

Título	Cuero procesado biológicamente y métodos de preparación de materiales de biocuero
Número de publicación	IN202241006777 A
Inventores	A SHINEY PEARLIN; D RAJA; K MANI; M LOKHITHA; S M UDAYA KRITHIKA; S S SOWNDHARYA
Solicitantes	SONA COLLEGE OF TECHNOLOGY
Fecha de Publicación	30/12/2022
País	India
CIPs	B29C48/12; C05F11/00; C12G3/02; C22F1/18; D06N3/00

Resumen de Patente: El invento consiste en un bio-cuero procesado biológicamente, un material sostenible de una sola capa creado a partir de la fermentación de residuos de frutas no cítricas en descomposición, fibra de bagazo y colonias bacterianas, que destaca por ofrecer una mayor durabilidad, grosor y resistencia a la tracción (17 N/mm²) en comparación con otras alternativas veganas como el cuero SCOBY, además de reducir significativamente el tiempo de producción mediante el uso de levadura activada. La innovación tiene una relación intrínseca con el café, ya que utiliza residuos de café como ingrediente clave en la mezcla (en una proporción específica) para alimentar a los microbios (bacterias del ácido láctico y acético) y, principalmente, para teñir el material de forma natural, logrando el tono marrón característico del cuero animal sin necesidad de químicos sintéticos.

Aplicación de la presente tecnología: Este material está diseñado para aplicarse como una alternativa ecológica y económicamente viable en



cualquier sector que utilice cuero animal o sintético (como calzado, ropa o mobiliario), aprovechando que es un producto "crudo" no procesado con una resistencia a la tracción casi equivalente a la piel animal. Su aplicación se extiende hacia la sostenibilidad agrícola gracias al café: una vez finalizado el proceso de fabricación del cuero, la solución restante que contiene los residuos de café enriquecidos con nutrientes se puede aplicar directamente como un excelente biofertilizante, lo que permite una gestión circular de los desechos y añade valor funcional al subproducto del proceso.

4.2. Artículos Científicos

• Documento 13 – Artículo

Título	Residuos del procesamiento del café: Oportunidades para el desarrollo sostenible
Autor(es) de la Investigación	Konstantina Tsigkou, Berhanu Assefa Demissie, Suhaila Hashim, Parisa Ghofrani-Isfahani, Rewe Thomas, Kidere Flaura Mapinga, Shimelis Kebede Kassahun, Irini Angelidaki.
Afiliación de Investigador Principal	Technical University of Denmark
Fecha de Publicación	03/2025
País	Dinamarca
DOI	https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115263

Link: [https://www.sciencedirect-com.unmsm.lookproxy.com/science/article/pii/S1364032124009894](https://www.sciencedirect.com/unmsm.lookproxy.com/science/article/pii/S1364032124009894)

Resumen de Investigación: El artículo “Coffee processing waste: Unlocking opportunities for sustainable development” (2025) aborda el potencial de los residuos generados en el procesamiento del café como recursos estratégicos para la sostenibilidad. Estos subproductos, que tradicionalmente representan un problema ambiental por su volumen y alto contenido orgánico, son analizados en relación con su aprovechamiento para la producción de biocombustibles, biopolímeros, compuestos bioactivos y fertilizantes. La investigación, liderada por la Technical University of Denmark, destaca la importancia de transformar estos desechos en insumos de valor agregado que fortalezcan la bioeconomía circular y reduzcan los impactos ambientales de la cadena cafetalera. La vinculación con el sector agroindustrial es clara, ya que ofrece soluciones prácticas para productores, procesadores y exportadores de café que buscan cumplir con estándares internacionales de sostenibilidad y generar nuevas oportunidades de negocio.



Aplicación de la presente investigación: La aplicación de los hallazgos de este estudio se centra en la valorización integral de los residuos del café mediante tecnologías de conversión biológica, química y termoquímica. Entre los usos más relevantes se encuentran la producción de bioenergía (biogás, bioetanol, biodiésel), bioplásticos, antioxidantes naturales y fertilizantes orgánicos, todos con aplicación directa en el sector agroindustrial. En particular, la incorporación de estos residuos en formulaciones agrícolas o como materia prima para biomateriales abre un abanico de alternativas que permiten a los productores reducir costos, diversificar ingresos y contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). De este modo, el estudio no solo resalta el valor científico y tecnológico de los residuos del café, sino que también evidencia su capacidad de transformar desafíos ambientales en ventajas competitivas para las cadenas agroalimentarias globales.

• **Documento 14 – Artículo**

Título	Elaboración de cerveza sostenible: cuantificación de las brechas de inversión en I+D agrícola en el sector cafetero mundial
Autor(es) de la Investigación	Mywish K. Maredia, Jose Maria Martinez
Afiliación de Investigador Principal	Michigan State University
Fecha de Publicación	06/2026
País	Estados Unidos
DOI	https://doi.org/10.1016/j.wds.2025.100261

Link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772655X2500059X?via%3Dihub>

Resumen de Investigación: La investigación analiza el déficit global de inversión en investigación y desarrollo (I+D) agrícola para el café, especialmente en países del Sur Global, en un contexto de crecimiento de la demanda y efectos del cambio climático. Mediante un modelo económico, se proyectan distintos escenarios de demanda, impacto climático y concentración de la producción, estimando cuánto se debe invertir para mantener o aumentar el rendimiento y la diversidad de orígenes del café. La innovación clave radica en cuantificar con precisión la brecha de inversión según regiones y escenarios futuros, y en demostrar que la actual concentración en tres países (Brasil, Vietnam y Colombia) pone en riesgo la diversidad, resiliencia y sostenibilidad del sector cafetalero. El estudio propone estrategias concretas para cerrar esta brecha, como alianzas



público-privadas, fondos regionales y mecanismos de financiamiento coordinado.

Aplicación de la presente investigación: Los resultados pueden aplicarse como guía estratégica para diseñar políticas e inversiones dirigidas al fortalecimiento de sistemas de I+D agrícola en regiones subfinanciadas como África, Asia (excluyendo Vietnam) y América Latina (excluyendo Brasil y Colombia). Gobiernos, cooperativas, organismos internacionales y empresas del sector pueden usar esta información para asignar recursos de forma más equitativa, financiar el desarrollo de variedades resistentes al clima, mejorar prácticas agronómicas y reducir la vulnerabilidad de pequeños productores. Además, el estudio fundamenta la creación de mecanismos de financiamiento innovadores como tasas al productor o importador, consorcios regionales de investigación o fondos rotatorios, que permitirían invertir en ciencia y tecnología para garantizar una producción cafetera sostenible y diversa a largo plazo.

• Documento 15 – Artículo

33

Título	Wood vinegar-enhanced iron-loaded coffee grounds biochar activated persulfate for removing persistent organic pollutants
Autor(es) de la Investigación	Jiujiu Xiong, Junfeng Zhu, Qingzhu Zeng, Zhaohan Zhang, Jiahui Liu, Wen Zha, Guanghua Zhang.
Afiliación de Investigador Principal	Shaanxi University of Science and Technology
Fecha de Publicación	04/2026
País	China
DOI	https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01800

Link:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214993725005688?via%3Dihub>

Resumen de Investigación: La investigación desarrolló un nuevo catalizador avanzado para la degradación de contaminantes orgánicos persistentes (POPs), elaborado a partir de residuos de café usados como materia prima para la producción de biochar (carbón vegetal activado). Este biochar fue dopado con nitrógeno y cargado con hierro, y posteriormente modificado con vinagre de madera, obteniendo el material denominado V-Fe@N-BC. La innovación radica en sustituir los tradicionales modificadores ácidos, usualmente corrosivos y contaminantes, por el vinagre de madera, un subproducto renovable y no tóxico, rico en ácidos orgánicos. Esta



modificación mejoró significativamente la estructura porosa, área superficial y cantidad de grupos funcionales del biochar. Específicamente, se logró duplicar la presencia de grupos carbonilo ($C=O$) y casi triplicar la superficie específica del material. El uso del residuo de café es fundamental en esta propuesta, ya que aporta una matriz carbonosa rica en lignocelulosa que, tras ser carbonizada, sirve como soporte eficaz para los catalizadores metálicos. Este enfoque integra sostenibilidad y eficiencia tecnológica al aprovechar dos residuos agroforestales (café y vinagre de madera) en un solo sistema de remediación ambiental.

Aplicación de la presente investigación: Este catalizador, basado en residuos de café, puede aplicarse en plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, especialmente en sectores donde se generan contaminantes complejos como el bisfenol A (BPA), común en la industria del plástico, papel y pesticidas. El material V-Fe@N-BC activa el persulfato para generar radicales oxidantes que degradan estos compuestos de manera eficiente. El uso del café como precursor del biochar ofrece una solución de economía circular, ya que permite valorizar un desecho agrícola abundante a nivel mundial, reduciendo la presión sobre los vertederos y generando un insumo útil para la descontaminación de agua. Además, este catalizador tiene ventajas técnicas clave: es reutilizable, de bajo costo, altamente poroso y con alta estabilidad química, lo cual facilita su incorporación en reactores de lecho fijo, sistemas de tratamiento por lotes o tecnologías descentralizadas de saneamiento ambiental. En regiones productoras de café, esta tecnología podría promover el aprovechamiento local de residuos, fomentando cadenas de valor sostenibles en torno a la economía del café.



5. Aspectos normativos



5.1. Requisitos legales y normativos

El sector cafetalero en Perú opera dentro de un marco normativo que busca garantizar la calidad, inocuidad, sostenibilidad y competitividad del café tanto en el mercado nacional como internacional. Estos requisitos normativos abarcan desde la producción primaria hasta la exportación del producto final, incluyendo también la valorización de residuos del café para el desarrollo de nuevas tecnologías.

- **Normativa sanitaria y fitosanitaria:** El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) regula los lineamientos relacionados con el manejo integrado de plagas, la trazabilidad y la inocuidad agroalimentaria del café. Para exportación, se requiere certificación fitosanitaria y cumplimiento de protocolos que garanticen la ausencia de contaminantes químicos o biológicos.
- **Regulación ambiental:** La Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611) y la legislación complementaria establecen criterios para el manejo sostenible de residuos agroindustriales, como la pulpa y la cascarilla del café. Las tecnologías que emplean estos residuos deben respetar criterios de disposición final, emisiones y eficiencia energética, de acuerdo con los lineamientos del Ministerio del Ambiente (MINAM).
- **Comercio exterior y aduanas:** Las exportaciones de café deben cumplir con la Ley General de Aduanas (Decreto Legislativo N.º 1053) y las disposiciones de la SUNAT, que incluyen la correcta clasificación arancelaria (código 0901 para café) y el cumplimiento de requisitos de origen, etiquetado y tratados comerciales internacionales vigentes, como el acuerdo con la Unión Europea o los EE.UU.

5.2. Normas Técnicas Peruanas

El cumplimiento de Normas Técnicas Peruanas es clave para asegurar la estandarización del café peruano en toda la cadena productiva. Algunas normas de aplicación directa al sector café incluyen:

- **NTP 209.027:2016 Café verde. Requisitos** – Establece criterios de calidad como tamaño del grano, humedad máxima permitida, porcentaje de defectos y parámetros organolépticos, fundamentales para la exportación.



- **NTP 209.028:2021 – CAFÉ. Café tostado en grano o molido. Requisitos** - Especifica requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir el café tostado (en grano o molido), incluyendo etiquetado, contaminantes y características físico-químicas.
- **NTP 209.311:2019 – CAFÉS ESPECIALES. Requisitos** - Define los criterios que debe cumplir un café para ser considerado “especial”, incluyendo atributos sensoriales, físicos y químicos, así como aspectos de muestreo.
- **NTP 209.315:2008 (revisada 2018) – CAFÉ soluble o instantáneo. Métodos de ensayo** - Establece cómo deben medirse características como humedad, solubilidad, cenizas, pH y contenido de cafeína en cafés solubles.
- **NTP 209.316:2019 – CAFÉ soluble o instantáneo. Requisitos** - Define los parámetros que deben cumplir los cafés instantáneos para su comercialización.
- **NTP 209.320:2021 – CAFÉ verde. Determinación de ocratoxina A** - Normaliza la medición de ocratoxina A en café verde, una micotoxina de importancia para seguridad alimentaria.
- **NTP-ISO 10470:2014 (revisada 2019) – Café verde. Tabla de referencia de defectos** - Proporciona la clasificación de defectos en café verde, útil para control de calidad y catación.
- **NTP-ISO 8455:2018 – Café verde. Guía de almacenamiento y transporte** - Ofrece recomendaciones sobre condiciones de almacenaje para minimizar deterioro y contaminación.
- **Otras NTP relacionadas con el análisis físico y sensorial del café** - Incluyen normas como NTP-ISO 4150 (granulometría), NTP-ISO 18794 (análisis sensorial) y NTP-ISO 3509 (vocabulario de café), que ayudan a estandarizar ensayos técnicos.
- **NTP 209.318:2020 – CAFÉ. Buenas prácticas agrícolas para el cultivo y beneficio del café** - Establece lineamientos de *Buenas Prácticas Agrícolas* para asegurar inocuidad, sostenibilidad ambiental y condiciones laborales en el manejo del café.
- **NTP 209.312:2020 – CAFÉ. Buenas prácticas para prevenir la formación de mohos** - Define criterios para disminuir riesgos de mohos y ocratoxinas durante el post-cosecha.
- **NTP relacionadas a residuos y subproductos agroindustriales** – Aunque no específicas al café, existen normas aplicables a la transformación de residuos orgánicos en compost, biocarbono o insumos industriales, que cobran relevancia en tecnologías que valorizan los subproductos del café.



- **NTP relacionadas a envases y empaques** – Las normas que regulan materiales en contacto con alimentos aseguran la conservación de la calidad del grano y la seguridad para el consumidor.
- **NTP ISO 22000:2018 Sistemas de gestión de la inocuidad alimentaria** – Aplicable a toda la cadena de valor del café, desde la producción hasta el empaque, especialmente en procesos de certificación para mercados exigentes.

Estas normas son claves para fortalecer la confianza del consumidor y facilitar la inserción de productos en mercados internacionales con altos estándares de exigencia.



Conclusiones

- Las tecnologías e investigaciones identificadas en este informe demuestran un alto potencial para impulsar el valor agregado, la economía circular, la eficiencia energética y el desarrollo de nuevos productos derivados de residuos de café. Estas líneas representan oportunidades estratégicas para transformar desafíos ambientales en soluciones innovadoras de aplicación industrial.
- El uso de residuos de café como insumos para la producción de bioplásticos, biofertilizantes, catalizadores, materiales absorbentes y productos funcionales refleja una clara tendencia hacia la bioeconomía. Estas tecnologías, basadas en principios de sostenibilidad y aprovechamiento local de subproductos, pueden ser integradas en cadenas agroindustriales para diversificar fuentes de ingreso y reducir impactos ambientales.
- La adopción y cumplimiento de las Normas Técnicas Peruanas (NTP), junto con el respeto a los requisitos legales nacionales en materia sanitaria, ambiental, laboral y de comercio exterior, es fundamental para asegurar la competitividad del sector cafetalero en mercados nacionales e internacionales. La estandarización y la trazabilidad son pilares para facilitar la exportación, garantizar la inocuidad y generar confianza en los consumidores.
- Se observa una disminución en el número de solicitudes de patentes desde 2021, lo que evidencia la necesidad de fomentar políticas que promuevan la investigación aplicada, la protección de la propiedad intelectual y la transferencia tecnológica hacia el sector productivo.
- Asimismo, se identifica la importancia de fortalecer la articulación entre centros de investigación, universidades, productores, empresas y entidades del Estado para facilitar la adopción de tecnologías sostenibles. Esta colaboración es clave para acelerar procesos de validación, escalamiento y comercialización de soluciones innovadoras.
- En conjunto, los hallazgos del informe resaltan el potencial del café no solo como cultivo estratégico, sino también como fuente de materia prima para nuevas industrias sostenibles. Su valorización mediante ciencia, tecnología e innovación puede contribuir significativamente a los objetivos de desarrollo sostenible, mejorando la competitividad, la resiliencia y la sostenibilidad de las cadenas productivas cafetaleras del país.