



La economía circular
como eje del proceso
productivo de
tres empresas de
café en el Quindío

The circular economy
as the axis of the process
productive of
three companies
coffee in Quindío



Esp. Andrés Felipe Ramírez Duque
Centro Agroindustrial Sena Regional Quindío
aframirezd@sena.edu.co



Ing. Angélica María Angulo Rodríguez
Centro de Comercio y Turismo Sena Regional Quindío
amangulor@sena.edu.co



Ing. Carlos Alonso López Sepúlveda
Centro de Comercio y Turismo Sena Regional Quindío
caalopezs@sena.edu.co



Esp. María Inés Amézquita Camacho
Centro de Comercio y Turismo Sena Regional Quindío
miamezquita@sena.edu.co



Resumen

Este artículo se inscribe en la Línea 2: Tecnologías para el Hábitat, las Energías Libres y el Desarrollo Sostenible; presenta una síntesis de la ejecución del proyecto de fomento a la innovación liderado por el Centro de Comercio y Turismo, con el respaldo del Centro Agroindustrial en la Regional Quindío. El proyecto se enfoca en la aplicación de principios de economía circular para abordar problemas de sostenibilidad de la cadena productiva del café en tres empresas del Quindío. Los desafíos incluyen afrontar un manejo insuficiente de materiales, ineficiencia energética, gestión inadecuada de residuos y falta de desarrollo de productos mediante una propuesta estructurada de reciclaje, reutilización y transformación de los subproductos del café generados en estos establecimientos.

El problema se relaciona con el estudio de procesos lineales que reducen la sostenibilidad en los eslabones de la cadena productiva del café en tres empresas del Quindío, asociado a causas como: procedimientos de manejo de materiales apartados de parámetros de economía circular. Esto genera efectos tales como bajos ingresos para los dueños y empleados, altos costos logísticos en la cadena productiva, alta dependencia de las energías tradicionales, elevados costos en factura de energía, alto nivel de desperdicio en el manejo de recursos asociado a la inadecuada gestión de residuos sólidos, altas pérdidas por compras no planeadas, lo que contribuye a la poca sostenibilidad de las empresas de diferentes eslabones en la cadena productiva del café.

La aplicación de modelos productivos descontextualizados de las políticas ambientales y el desconocimiento de criterios de la economía circular en las cadenas productivas contribuye al incremento del cambio climático y la vulnerabilidad del planeta. La necesidad de optimizar el uso de los recursos y reducir el impacto ambiental motivó la implementación de estrategias que favorecen la circularidad de los procesos y la minimización del consumo energético. En este contexto, este proyecto de fomento de la innovación identificó problemas y propuso soluciones concretas para mejorar la gestión energética y la sostenibilidad en tres empresas aliadas de la cadena productiva del café en el Quindío.

En la primera fase, se realiza un análisis de tres empresas de la cadena cafetera, para identificar problemas ambientales. Se recopilan datos y estadísticas locales para respaldar la metodología. Se enfatiza la sistematización de experiencias y la optimización de procesos, desde la logística hasta la gestión de residuos sólidos. La gestión de procesos se utiliza para documentar y caracterizar los procesos clave, comenzando con un diagnóstico basado en la evaluación ambiental de residuos, eficiencias energéticas y gestión logística.

La segunda fase describe la metodología para desarrollar prototipos que aprovechen los residuos del proceso de producción de café, buscando cerrar el ciclo del producto. Se recopilan datos de todo el proceso de producción, desde la siembra hasta la preparación en tiendas de café. Se realizan entrevistas a empresarios para comprender sus necesidades y desafíos en la gestión de residuos y economía circular. También se revisan productos innovadores hechos con residuos de café.

El interés de los autores y ejecutores de este proyecto es lograr que los empresarios alcancen en los factores enunciados: energía, residuos, materiales y logística, el mejor aprovechamiento a través de su reintegro a los ciclos económicos, productivos y ecológicos, consiguiendo que la ciudadanía y el sector productivo mediante acciones conscientes, voluntarias y técnicas reduzcan los impactos sobre el medioambiente.

Abstract

This article is part of Line 2: Technologies for Habitat, Free Energies and Sustainable Development; presents a synthesis of the execution of the innovation promotion project led by the Commerce and Tourism Center,

with the support of the Agroindustrial Center in the Quindío Regional. The project focuses on the application of circular economy principles to address sustainability problems of the coffee production chain in three companies in Quindío. Challenges include addressing insufficient materials management, energy inefficiency, inadequate waste management and lack of product development through a structured proposal for recycling, reuse and transformation of coffee by-products generated in these establishments.

The problem is related to the study of linear processes that reduce sustainability in the links of the coffee production chain in three companies in Quindío, associated with causes such as: material handling procedures that are removed from circular economy parameters. This generates effects such as low income for owners and employees, high logistics costs in the production chain, high dependence on traditional energies, high energy bill costs, high level of waste in the management of resources associated with inadequate management of resources. solid waste, high losses from unplanned purchases, which contributes to the poor sustainability of companies in different links in the coffee production chain.

The application of productive models decontextualized from environmental policies and the lack of knowledge of circular economy criteria in production chains contributes to the increase in climate change and the vulnerability of the planet. The need to optimize the use of resources and reduce the environmental impact motivated the implementation of strategies that favor the circularity of processes and the minimization of energy consumption. In this context, this innovation promotion project identified problems and proposed concrete solutions to improve energy management and sustainability in three allied companies in the coffee production chain in Quindío.

In the first phase, an analysis of three companies in the coffee chain is carried out to identify environmental problems. Local data and statistics are collected to support the methodology. Emphasis is placed on the systematization of experiences and the optimization of processes, from logistics to solid waste management. Process management is used to document and characterize key processes, starting with a diagnosis based on environmental assessment of waste, energy efficiencies and logistics management. The second phase describes the methodology to develop prototypes that take advantage of the waste from the coffee production process, seeking to close the product cycle. Data is collected from the entire production process, from planting to preparation in coffee shops. Interviews

are carried out with entrepreneurs to understand their needs and challenges in waste management and the circular economy. Innovative products made from coffee waste are also reviewed.

The interest of the authors and executors of this project is to ensure that entrepreneurs achieve the best use of the stated factors: energy, waste, materials and logistics through their reintegration into the economic, productive and ecological cycles, ensuring that citizens and the productive sector through conscious, voluntary and technical actions reduce impacts on the environment.

Palabras claves: economía circular, sostenibilidad, eficiencia energética, prototipo, logística y residuos sólidos.

Keywords: circular economy, sustainability, energy efficiency, prototype, logistics and solid waste.

Métodos

Este trabajo se enmarca en una investigación descriptiva de los aspectos ambientales, empleando enfoques cualitativos y cuantitativos. En procura de ello, se llevó a cabo una aproximación, reconocimiento y evaluación de los agentes involucrados en el proyecto: tres empresas en la cadena productiva del café en la región del Quindío. Estas entidades proporcionaron la información necesaria para identificar los problemas ambientales. Además, se recopiló datos y estadísticas que describen las dinámicas locales, aportando una base sólida para la estructuración de la metodología utilizada.

Se priorizó la sistematización de experiencias y la optimización de procesos, desde aspectos logísticos en el aprovisionamiento, producción y distribución, hasta la gestión de residuos sólidos. Para este propósito, se implementó la gestión de procesos, mediante la cual se documentaron, describieron y caracterizaron los procesos clave.

Este estudio comenzó con un diagnóstico, respaldado por formatos diseñados para métodos de evaluación ambiental de residuos. La información se recopiló a través de dos enfoques: uno situacional, centrado en el consumo de materiales y la generación de residuos; y otro basado en los resultados del diagnóstico efectuado en las tres empresas de la cadena cafetera. Para este último, se creó un protocolo de actividades y procesos que incorpora los principios de la economía circular en la gestión integral de residuos sólidos.

Se emplearon diversos instrumentos como listas de verificación, entrevistas semiestructuradas con el personal operativo y administrativo, flujogramas, mapas de ruta y mapas de proceso. A través de la observación, se completaron flujogramas y se elaboraron mapas de proceso y de ruta para representar las condiciones iniciales en las tres empresas. Se analizaron los resultados de procesos clave como aprovisionamiento, producción y distribución, enfocándose en desperdicios, manejo de materiales y procedimientos.

Con la colaboración del personal de las empresas objeto de estudio se crearon nuevos diagramas que reflejaban condiciones que optimizaron el rendimiento, la eficiencia y la eficacia. Luego se realizó un diagnóstico enfocado en la gestión de residuos sólidos, con el propósito de establecer una línea base ambiental.

Posteriormente, se ejecutó una revisión ambiental inicial (RAI) para determinar la posición inicial de la organización en relación con su rendimiento ambiental y cumplimiento normativo. Con base en el ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar, actuar), se desarrollaron estrategias para mejorar el rendimiento ambiental, centrándose en el control operacional de los aspectos más significativos. Para mantener la eficacia del sistema, se recomendó el seguimiento a través de la implementación de objetivos y metas ambientales, con la utilización de indicadores de desempeño (eficiencia y eficacia) para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto y mejorar el desempeño ambiental de las empresas involucradas.

En el campo de la eficiencia energética en las empresas asociadas. La metodología implementada permitió una identificación precisa de los problemas existentes, destacando la presencia de equipos poco eficientes y la falta de mantenimiento adecuado. Además, se identificó la persistencia de procesos energéticos convencionales y una falta de adopción de tecnologías de energías renovables de las empresas, lo que impactó positivamente en su sostenibilidad y competitividad. El enfoque en la economía circular también tuvo un impacto positivo en la cadena productiva del café, promoviendo prácticas más responsables desde el punto de vista ambiental.

Para el logro del cuarto objetivo, desarrollo de prototipos, la metodología asumida permitió un mejor aprovechamiento de los residuos del proceso, para lograr el cierre del ciclo del producto de café, mediante el diseño del producto, con herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo, tales como: Análisis de ciclo de vida del producto, ejecución de

entrevistas semiestructuradas a los 3 empresarios de los establecimientos de café donde se evalúan sus necesidades y los resultados del diagnóstico de los componentes, materiales, residuos sólidos y eficiencias energéticas.

- Se recopilaron datos relevantes sobre el proceso de producción del café, incluyendo la siembra, cosecha, procesamiento, envasado, transporte y preparación en tiendas de café de especialidad. Estos datos serán útiles para generar el análisis de ciclo de vida.

- Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los empresarios para comprender las necesidades, desafíos y percepciones en relación con la gestión de residuos y la implementación de prácticas de economía circular en sus establecimientos, enmarcadas en el proceso del café.

- El análisis de datos se realizó a través de la transcripción de las entrevistas de manera cualitativa, con análisis de contenido para identificar temas relevantes.

- A partir del estudio técnico en cada uno de los establecimientos de café donde se evaluaron los componentes, materiales, residuos sólidos generados y las eficiencias energéticas de sus operaciones actuales y basados en los datos recopilados y las necesidades identificadas en las entrevistas.

- Revisión del estado del arte de todos los productos innovadores que actualmente se están produciendo y desarrollando a partir de los residuos y subproductos del proceso de producción de café.

- Se procede al diseño y desarrollo del prototipo que permita el aprovechamiento de los residuos del proceso de café desde todas las etapas del proceso de producción.

- La evaluación de este diseño se realizará por medio de lista de chequeo y será aplicada por los empresarios, investigadores e invitados externos al proceso donde se permita generar una ponderación a variables como: materiales, residuos, energía, innovación, aplicación, costo vs. beneficio, circularidad, desarrollo del producto. Y de esta lista de chequeo se identificaron 2 productos.

- Se involucrará uno de los diseños que se están trabajando en el Centro Agroindustrial, denominado: Aprovechamiento de subproductos agrícolas para producir mosca soldado negro como potencial fuente de proteína para la formulación de concentrados.

Resultados

Las recomendaciones generadas a partir de este análisis brindaron soluciones concretas para abordar estos desafíos. Como resultado, se logró una significativa mejora en la gestión energética y en el manejo de residuos sólidos.

El café es un producto que puede gestionarse de manera sostenible e integrarse en una economía circular con el ánimo de minimizar el desperdicio y maximizar el valor de sus productos en todas las etapas de su ciclo de vida. Para lograr un manejo sostenible del café como materia prima e integrarlo en una economía circular, los productores y empresarios deben velar por:

1 Producción sostenible. En la producción de café se deben utilizar prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica o de comercio justo. Esto incluye la gestión responsable de los suelos, la conservación del agua y la biodiversidad y prácticas que reduzcan la huella de carbono.

2 Reciclaje de residuos agrícolas. Los residuos de café, como la cáscara, la cereza y el mucilago, pueden recuperarse y usarse de diversas formas. Por ejemplo, las cáscaras de café pueden convertirse en abono orgánico o en materiales de construcción sostenibles.

3 Envases reutilizables y reciclables. Las dos tiendas de café de especialidad en las que ejecutamos el proyecto emplean vajilla reutilizable.

4 Logística inversa. En este sentido la recomendación dada a los establecimientos fue la implementación de sistemas de logística inversa, de forma tal que se reciclen todos los subproductos y se reutilicen contenedores, empaques, bolsas, vajillas para minimizar costos e incrementar la productividad del establecimiento.

5 Economía colaborativa. Establecer redes de economía colaborativa entre productores y comercializadores para minimizar el desperdicio y maximizar el valor de los subproductos.

6 Educación y sensibilización. Son imprescindibles en el fomento de una economía circular en la industria del café.

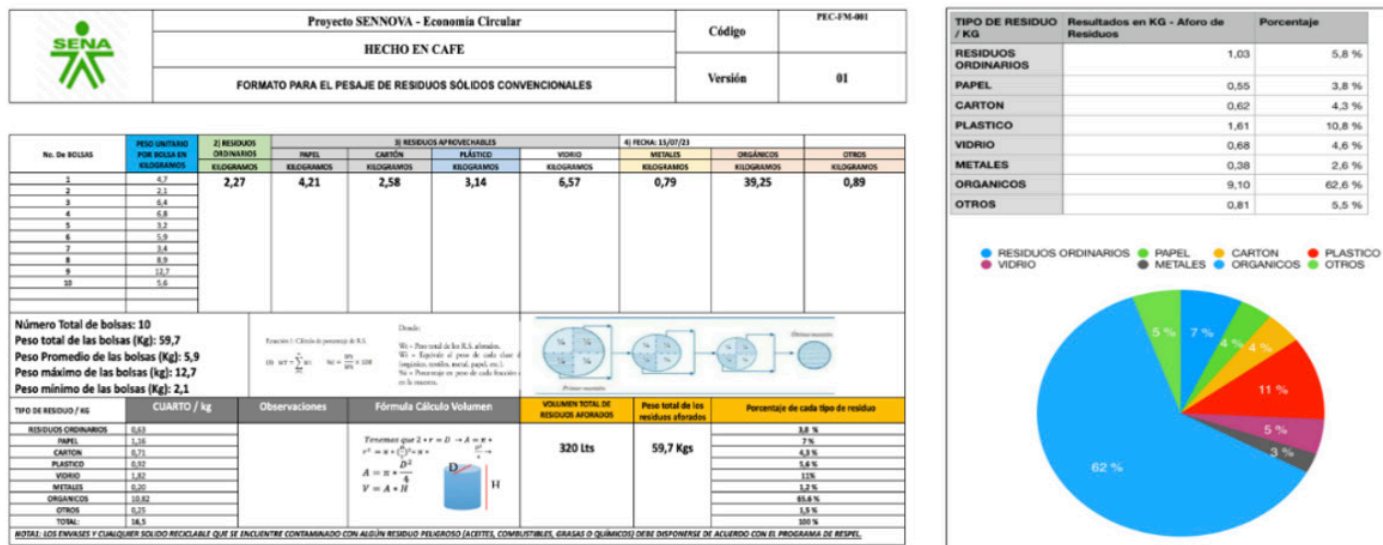
Implementar un modelo de economía circular en un establecimiento de café, requiere un enfoque integral del material y de su proceso logístico que abarque toda la cadena de valor, desde la producción hasta el consumo, mediante la adopción de prácticas sostenibles, la gestión eficiente de los residuos, el reciclaje y la promoción de la reutilización.

Para determinar la cantidad y la composición de los residuos sólidos que las tres empresas generan, se practicó una caracterización de estos mediante la técnica del aforo de residuos, en la que se acude al método del cuarteo de residuos. Con este procedimiento se determinó el porcentaje de materia orgánica, papel, vidrio, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), entre otras clases de residuos que se generan. Esta labor suministró una base para proyectar el crecimiento de esos residuos en función del tiempo. De igual forma, se pudo evaluar la composición fisicoquímica y biológica de los residuos, la cual es el fundamento para la toma de decisiones sobre su aprovechamiento, tratamiento y disposición final (Montoya, 2012).

La creación e implementación de un protocolo de economía circular para la transferencia de conocimiento, tecnología e innovación para mitigar los efectos de los impactos ambientales derivados de la generación de residuos sólidos desde la base de la sociedad está enmarcada en las dinámicas asociadas a la cadena productiva del café, dado que permiten a este sector fortalecer las políticas sectoriales de sostenibilidad ambiental. Para las tres empresas de la cadena productiva del café en el Quindío se pretende brindar un escenario participativo, con enfoque autosostenible y autosustentable, mediante la incorporación de procesos y tecnologías limpias y verdes, minimizando al máximo la huella de carbono.

Finalmente, se pudo determinar que las tres empresas evaluadas no presentan un conocimiento profundo de los lineamientos de la economía circular en la gestión integral de residuos sólidos debido, sobre todo, a la falta de apoyo del sector público, privado y de los entes territoriales. Asimismo, se pudo evidenciar la falta de cohesión y un inadecuado proceso organizativo sectorial en los tres municipios donde se encuentran estas empresas.

Figura 1
Caracterización de residuos generados por porcentaje de participación de acuerdo con corriente de residuos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2
Línea base para la mejora de las eficiencias energéticas

| SENA | | CENTRO DE COMERCIO Y TURISMO REGIONAL QUINDÍO | | HECHO EN CAFE | |
|-----------------|--|---|---------------------------|--------------------|-------------------------|
| | | Aporte de criterios de economía circular a la sostenibilidad de tres empresas de la cadena productiva del café en Quindío - SGPS-10954-2023 | | | |
| | | FORMATO CONOCIMIENTO PREVENTIVO DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA | | | |
| Establecimiento | Barrio Libertadores Manzana M Casa 13. Armenia Quindío | | www.hechoencafe.com | | |
| ITEM | CONOCIMIENTO PREVIO DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA | | RECOMENDACIONES INICIALES | DOCUMENTOS | |
| 1 | | | CON RECOMENDAC. | SIN RECOMENDAC. | |
| 1.1 | PLANOS DE ÁREAS DE TRABAJO Y EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO | | PLANOS | RETIE | NTC 2050 |
| 1.1.1 | TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 112.5 KVA 208V/120V NO EXCLUSIVO ARUQ 0508 | | TRANSFORMADOR | | |
| 1.1.2 | CONTADOR BIFÁSICO #1219104946 NIU 245146 | | CONTADOR | ESTUDIO DE ENERGÍA | VOLTAJES Y AMPERAJES |
| 1.1.3 | TRANSFERENCIA RED/PLANTA | | NO | | |
| 1.1.3.1 | OPERACIÓN NORMAL | | NO APLICA | | |
| 1.1.3.2 | REQUIERE DE MANTENIMIENTO | | NO APLICA | | |
| 1.1.4 | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL BIFÁSICO | | A TABLERO CIRCUITOS | | |
| 1.1.4.1 | OPERACIÓN NORMAL | | SI | | |
| 1.1.4.2 | REQUIERE DE MANTENIMIENTO | | NO | CATÁLOGO | PROTOCOLO MANTENIMIENTO |
| | MEDIDAS ELECTRICAS | | NO APLICA | | |

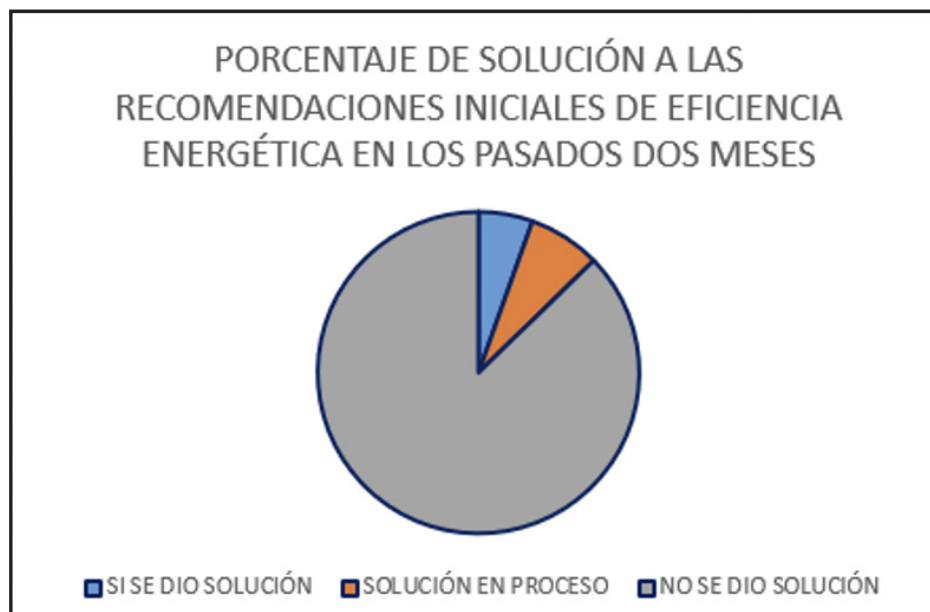
Fuente: Elaboración propia.

Con relación a las eficiencias energéticas, la figura 2 proporciona una visión general de la estructura del documento TIC, que comprende la línea base que sirve como punto de partida, las recomendaciones específicas para la mejora de la eficiencia energética, los catálogos que detallan las soluciones propuestas y los protocolos que establecen las pautas para el mantenimiento adecuado de los equipos.

La figura 3 indica los valores estadísticos sobre los indicadores de soluciones a las recomendaciones propuestas por parte de las empresas aliadas. Los indicadores señalaron Si se solucionó, No se solucionó y en Proceso de solución. En conjunto, estos resultados reflejan el éxito del proyecto en su objetivo de impulsar cambios significativos en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad en el sector de producción de café.

Figura 3
Indicadores de recomendaciones

| PORCENTAJE DE SOLUCIÓN A LAS RECOMENDACIONES INICIALES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PASADOS DOS MESES | | | |
|--|--------------------------|----|-------|
| INDICADORES | SI SE DIO SOLUCIÓN | 3 | 5,5% |
| | SOLUCIÓN EN PROCESO | 4 | 7,3% |
| | NO SE DIO SOLUCIÓN | 48 | 87,3% |
| | TOTAL DE RECOMENDACIONES | 55 | 100% |



Fuente: Elaboración propia.

Aprovechamiento de la cereza de café

Para el prototipo de café, el proceso se centró en dos fuentes principales de residuos: la cereza y la borra de café, con el objetivo de cerrar el ciclo del producto de café en tiendas de especialidad. Se presentan a continuación los resultados clave obtenidos a partir de estas fuentes de residuos.

Harina de cereza de café. Según el proyecto de grado titulado Residuos de Cereza de Café, Guerrero, Zapata, 2021, refieren que una cucharada de harina de café contiene 6 gramos de fibra; proporciona un 14% del potasio, 15% del hierro y 4% del calcio que se necesita todos los días, y cuenta con 35 calorías por porción. Además, las cerezas de café utilizadas para hacer harina de café son una buena fuente de antioxidantes a base de plantas. La harina de café es una excelente fuente de fibra, y ese es su principal beneficio para la salud. El contenido mineral también es beneficioso. La harina de café puede contener antioxidantes que ayudan a combatir el daño de los radicales libres.

Infusiones de cereza de café. En el mercado local se han encontrado hasta el momento de escribir este artículo, que las infusiones a partir de la cereza de café, ofrecen un sabor distintivo y propiedades antioxidantes, que deben ser producidas con la cereza que ha sido cultivado de manera orgánica.

Mermeladas de cereza de café. Se ofertan en tiendas artesanales de productos locales mermeladas, especialmente en municipios productores a partir de la cereza de café, destacándose por su sabor único y su potencial como producto gourmet, que deben ser producidas con cereza de café que ha sido cultivado de manera orgánica.

Alimento para larvas de mosca soldado. El Centro Agroindustrial del SENA Regional Quindío, ha realizado una investigación en la que se ha usado la cereza de café como alimento para larvas de mosca soldado (*Hermetia illucens*). Este enfoque prometedor tiene un doble beneficio al contribuir al manejo de los residuos y producir una fuente de proteína de alta calidad para diversos usos, como la alimentación animal.

Aprovechamiento de la borra de café

Artesanías a base de borra de café. Uno de los establecimientos aliados para el desarrollo de este proyecto cuenta con gran trayectoria en el proceso de desarrollo de productos de decoración, bisutería y joyería utilizando la borra de café como material principal.

Productos para abono de cultivos. La borra de café se ha demostrado como un excelente componente para la elaboración de abono orgánico de alta calidad.

El potencial de la economía circular en la industria del café representa no solo la reducción de los residuos sino también la creación de nuevos productos y oportunidades de negocio. Los prototipos que se desarrollan son considerados productos mínimos viables en el cierre del ciclo del producto de café en tiendas de café de especialidad al transformar lo que antes se consideraban desechos en valiosos recursos.

El proyecto propone soluciones y la implementación de políticas gubernamentales para mejorar la eficiencia en el uso de recursos. Los resultados incluyen manuales, prototipos y protocolos, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible en la industria cafetera.

innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

Referencias bibliográficas

- Angela Marina Guerrero Ortiz y John James Zapata Carmona. Anteproyecto de grado: Residuos de cereza de café. Pontificia Universidad Javeriana. 2021 en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/59042/Tesis-de-Grado-DeCereza-AngelaG.%26JohnZ.-MBA->
- Decrecimiento Retiro. (junio 6 de 2021). Economía circular con aroma de café. Agua, energía y decrecimiento. <https://aguaenergiadecrecimiento.wordpress.com/2021/06/06/economia-circular-con-aroma-de-cafe/>
- Forética. (2018). Cerrar el círculo. El business case de la economía circular [Diapositivas de PowerPoint]. Grupo de Acción en Economía circular https://www.foretica.org/business_case_economia_circular_foretica.pdf
- Montoya R, A. F. (2010). Caracterización de residuos sólidos. Cuaderno Activa, 4(2), 67-72. <https://www.catedracogersa.com/wp-content/uploads/2022/09/Cerrar-el-circulo.-El-Business-case-de-la-economia-circular.pdf>
- Ortiz H, J. S. (2019). Modelos empresariales de economía circular en pymes de Cali. [Proyecto de grado, Universidad ICESI]. Repositorio institucional. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/84703/1/TG02474.pdf
- Presidencia de la República de Colombia (2019). Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales,