

# ***MÁS DE 20 IDEAS PARA APROVECHAR LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ***



**Nelson Rodríguez Valencia**  
Disciplina Poscosecha  
Abril 15 de 2024



# Reconocimientos

A los profesionales: Hernán Calle Vélez (QEPD), Germán Valencia Aristizábal, Jaime Zuluaga Vasco, Diego Antonio Zambrano Franco (QEPD), Gloria Inés Puerta Quintero, Gladys Blandón Castaño, María Teresa Dávila Arias, César Augusto Ramírez Gómez, Sandra Liliana Giraldo Buitrago, Ana Cristina Bolaño, Luz Adriana Sanz Cardona, Carmenza Jaramillo López, Maryeimy Varón López, Fernando Alfonso Gómez Cruz, Ana Luz Arango Pastor, Gloria Piedad Alzate Palacio, Lady Juliet Vargas Gutiérrez, Mary Edith Cuarán Carlosama, Carlos Eugenio Oliveros Tascón (QEPD), Juan Rodrigo Sanz Uribe, Carlos Alfonso Tibaduiza Vianchá, Laura Vanessa Quintero Yepes, Adriana Garavito Rozo, Sara Ríos Arias, Marisol Giraldo Jaramillo, Pablo Benavides Machado, Aristófeles Ortiz y Juan Carlos López Núñez, por sus aportes de investigación en el área de aprovechamiento y valorización de los subproductos del café.

# ¿Qué es la bioeconomía circular?



La bioeconomía circular es un modelo de producción y consumo responsables.

Se basa en la aplicación de 9 R (Repensar, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reducir, Re-proponer, Reciclar y Recuperar)

Permite la generación de productos de valor agregado a partir de la biomasa residual para devolverla al mercado con una nueva forma.



# ¿Qué es una biorrefinería?

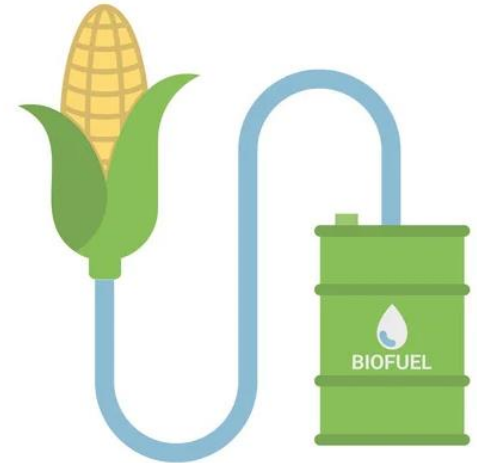


<https://elperiodicodelaenergia.com/canarias-estrena-primera-biorrefineria-100-renovable-sin-precedentes-ue/>

La biorrefinería es un concepto que se aplica para un conjunto de procesos acoplados que utilizan biomasa como materia prima.

Es similar a una refinería de petróleo, donde se pueden obtener muchos productos e integrar tecnologías y rutas de transformación para obtener diversos productos

- Abonos orgánicos
- Alimentos para consumo humano y animal
- Biocombustibles
- Biochar
- Bioplásticos
- Colorantes
- Productos químicos

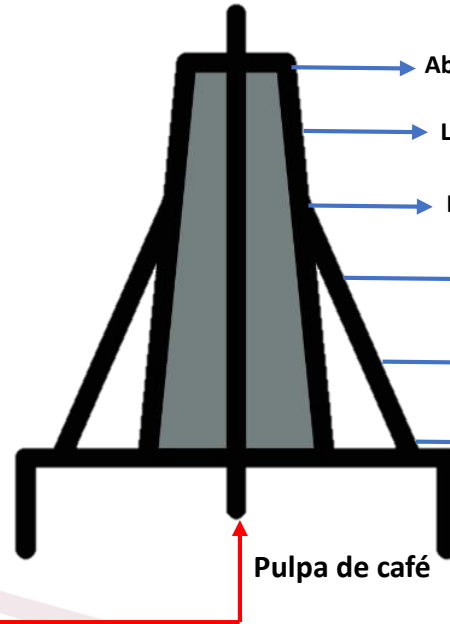


<https://depositphotos.com/es/illustrations/biorrefiner%C3%ADa.html>

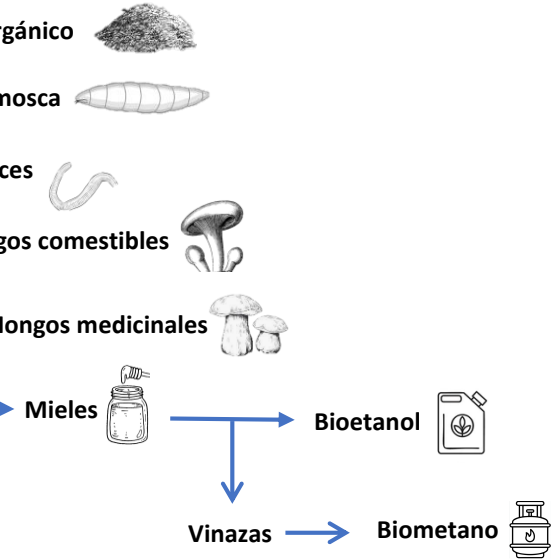
# Ejemplos de refinería y biorrefinería



**Refinería**  
**A partir del petróleo**



**Biorrefinería**  
**A partir de la pulpa de café**



# Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC)



La Estrategia Nacional de Economía Circular es una apuesta del Gobierno Nacional que nos invita a repensar nuestro modelo de desarrollo, en línea con las propuestas de los Planes Nacionales de Desarrollo.

Su consigna es de *“producir conservando y conservar produciendo”* y nos impone un reto como sociedad, a migrar hacia un enfoque de eficiencia en el uso de los recursos, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los materiales, el agua y la energía.

## Estrategia Nacional de Economía Circular

Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio

### ENEC PRIORIZA SEIS FLUJOS DE MATERIALES

1. Flujo de materiales industriales y productos de consumo masivo.
2. Flujos de materiales de envases y empaques.
3. Flujos de Biomasa.
4. Fuentes y flujos de energía.
5. Flujo del agua.
6. Flujos de Materiales de construcción.

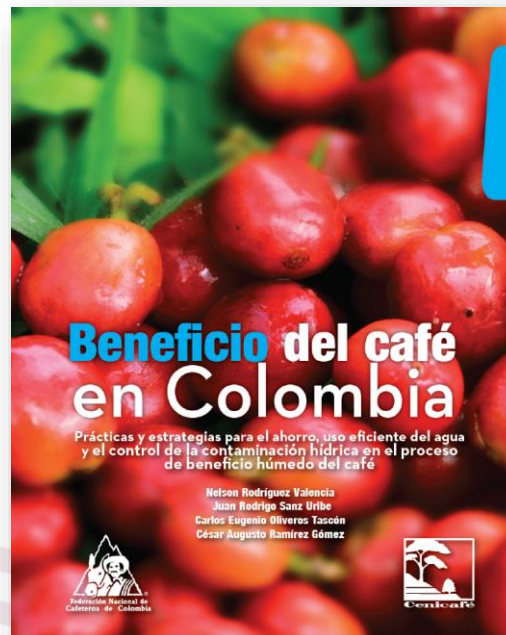
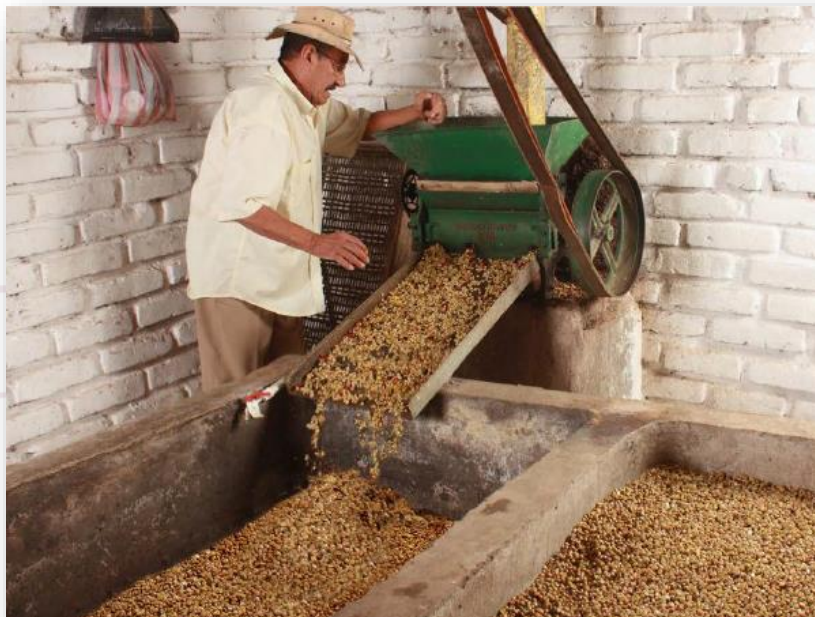
### ENEC ESTABLECE CINCO CONDICIONES FACILITADORAS

1. Responsabilidad extendida del productor.
2. Nuevos modelos de negocio.
3. Parques industriales eco-eficientes.
4. Ciudades sostenibles.
5. Cadenas de valor sostenibles.

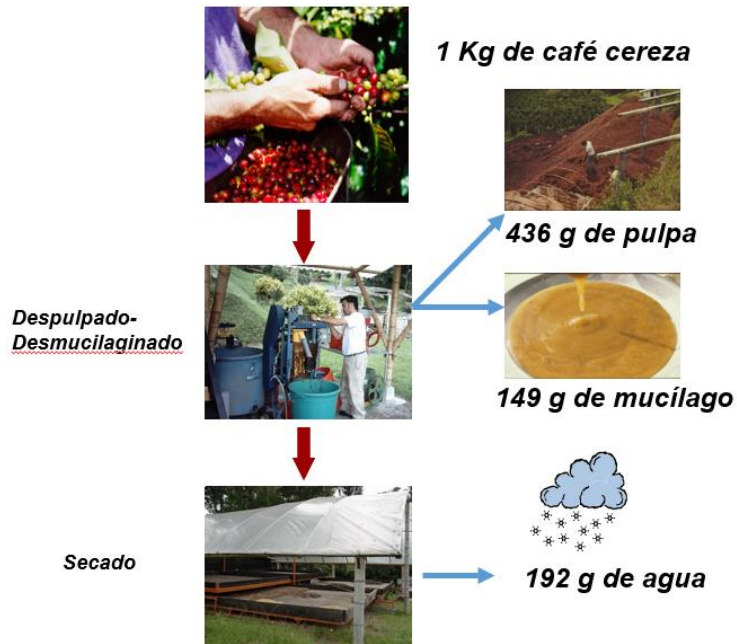
# Aprovechamiento eficiente de los subproductos del beneficio del café



*Se logra cuando los subproductos se obtienen a partir de un proceso de beneficio ecológico, en el cual las etapas de despulpado y transporte de la pulpa se realizan sin el uso de agua y el desmucilaginado y lavado del café se realizan utilizando bajos volúmenes de agua.*



# Balance de materia en el proceso de beneficio e industrialización del café



**Producción de cps: 1.013.040 toneladas (año 2021)**

**Producción de residuos: 4.608.206 toneladas (año 2021)**



# Elaboración de productos de valor agregado a partir de los principales subproductos del proceso de beneficio e industrialización del café



## 1. Elaboración de abono orgánico por procesos de compostaje

*El abono orgánico es el material que se obtiene de la degradación y mineralización de la materia orgánica presente en residuos agrícolas y que se aplica al suelo con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas y sus características químicas y biológicas, buscando incrementar el rendimiento de los cultivos.*



*En el caso de los subproductos del café se ha utilizado la pulpa de café sola y mezclada con mucílago para la producción de abono orgánico, y se ha considerado como criterio para dar por terminado el proceso de transformación una relación C/N menor a 12 en el producto final.*

## 1. Elaboración de abono orgánico por procesos de compostaje



Ingresos Brutos: \$ 41 COP/kg pulpa fresca

Parámetro	Pulpa	Pulpa+mucilago
Rendimiento (BS)	4,00%	8,00%
C/N	7,47	11,62
Tiempo (d)	111	115

Rodríguez (2023)

Para una finca que produzca 1000 @ de cps/año, se generan aproximadamente 27 toneladas de pulpa fresca, de las cuales se producen, mediante el proceso de compostaje, 1,1 toneladas de abono orgánico (bs).



Para la producción de pulpa del 2021 : 2,18 millones de t (13,4 millones de sacos de cv)

Se pueden producir: 88.815 toneladas de abono orgánico (bs)

Valor aproximado en el mercado: \$ 88.815 millones COP  
(\$ 1.000 COP/kg de abono seco, \$ 250 COP/kg de abono con 75% de humedad)

## 2. Elaboración de abono orgánico por procesos de lombricompostaje

- La lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja en residuos orgánicos. Tiene como ventaja que acelera el proceso de descomposición de los residuos y se obtiene lombricomposteo y lombrices.
- La pulpa generada por una finca que produzca 1000 @ cps/año (aproximadamente 27 toneladas de pulpa fresca) se puede manejar en un área efectiva de 25 m<sup>2</sup> de lombricultivo, teniendo una densidad de lombriz pura de 5 Kg/m<sup>2</sup> equivalente a manejar alrededor de una tonelada de pulpa de café/m<sup>2</sup> - año.



- Densidad de lombrices de 5 kg m<sup>-2</sup>
- Espesor máximo de la capa de pulpa de 4 cm (17 kg de pulpa m<sup>-2</sup>)
- Alimentación semanal del lombricultivo con pulpa de café de una semana o más de generada.

Dávila y Ramírez (1996)

**Camas de 1 m. de ancho, 2 a 3 m. de largo y 40 cm de altura (sustrato de 4 cm de espesor).**

**GEI en el proceso de lombricompostaje.** La emisión de NH<sub>3</sub> durante el compostaje se calcula entre 45% y 56% con respecto al N<sub>2</sub> total inicial; mientras que en el vermicompostaje los porcentajes se reducen a un rango de entre 8% y 15% (Velasco-Velasco et al. (2016).

## 2. Elaboración de abono orgánico por procesos de lombricompostaje



Parámetro	Pulpa	Pulpa+mucílago
Rendimiento Proceso (BS)	8,36%	16,90%
Rendimiento Proceso (BH)	9,58%	11,25%
Rendimiento lombrices (2M)	33,99%	39,78%
C/N	8,73	6,98
Tiempo (d)	119	119

Rodríguez (2023)

Para una finca que produzca 1000 @ de cps/año, se generan aproximadamente 27 toneladas de pulpa fresca, de las cuales se producen, mediante el proceso de lombricompostaje, 2,5 toneladas de abono orgánico (bs).

**19N - 5P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 48K<sub>2</sub>O.**

**Para la producción de pulpa del 2021 : 2,18 millones de t (13,4 millones de sacos de cv)**

**Se pueden producir: 201. 852 toneladas de abono orgánico (bs)**

**Valor aproximado en el mercado: \$ 201.852 millones COP**

### 3. Elaboración de abono orgánico por procesos de larvicompostaje

- *El larvicompostaje es otro método especial de compostaje, en el que participan tanto larvas de moscas como los microorganismos presentes en el sustrato.*
- *La mosca soldado negro *Hermetia illucens* es un insecto originario de América, cuyas larvas se alimentan de pulpa de café.*
- *Los adultos viven, se aparean y ponen sus huevos en grietas y hendiduras cerca del hábitat de las larvas.*
- *La mosca soldado negro no es reconocida como una plaga debido a que el adulto no se siente atraído por las viviendas humanas o alimentos.*



*Las larvas de *H. Illucens* son más resistentes que las lombrices a diversas sustancias tales como el amoníaco y el alcohol, soportan valores de pH en el rango ácido y las temperaturas que se generan durante el proceso de compostaje.*

### 3. Elaboración de abono orgánico por procesos de larvicompostaje



*Las larvas de la mosca se pueden recolectar utilizando tamices o trampas de agua y se pueden secar para la elaboración de harina para la alimentación animal, dado que su contenido de proteína cruda es del 38,5% y su contenido de grasa de 6,63% .*

Para una finca que produzca 1000 @ de cps/año, se generan aproximadamente 27 toneladas de pulpa fresca, de las cuales se producen, mediante el proceso de larvicompostaje, aproximadamente 3,2 toneladas de abono orgánico (bs).

**19N – 3P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 34 K<sub>2</sub>O.**

Rodríguez (2023)

**Para la producción de pulpa del 2021 : 2,18 millones de t (13,4 millones de sacos de cv)**

**Se pueden producir:** 258.370 toneladas de abono orgánico

**Valor aproximado en el mercado:** \$ 258.370 millones COP



## Bioeconomía circular en el proceso de producción de abono orgánico



**Ingresos Brutos Subproductos: 15% del precio de venta del producto principal.**

**Ingresos Brutos: \$ 800 COP/kg pulpa fresca**

*Para una finca que produzca 1.000 @ cps/año (aproximadamente 27 toneladas de pulpa fresca al año) pueden obtenerse mediante lombricultura:*

- 11,5 toneladas de lombricompuesto fresco (2,5 toneladas de lombricompuesto seco), que pueden utilizarse en relación 1:3 con el suelo para llenar 11.500 bolsas de almácigo de 17 cm x 23 cm. \$ 2,5 millones COP.*
- Adicionalmente se obtienen, aproximadamente, 325 kg de biomasa de lombriz (\$ 60.000 COP/kg) para comercialización o alimentación animal. \$ 19,5 millones COP.*

**Por 1000 @ cps se obtienen ingresos brutos de \$ 145 millones por la venta del cps**



## 4. Producción de hongos comestibles y nutraceuticos

Los hongos comestibles son aquellos que se utilizan en gastronomía, siendo los más populares los champiñones, que pertenecen al género *Agaricus* spp.



*Pleurotus* spp



*Ganoderma* spp

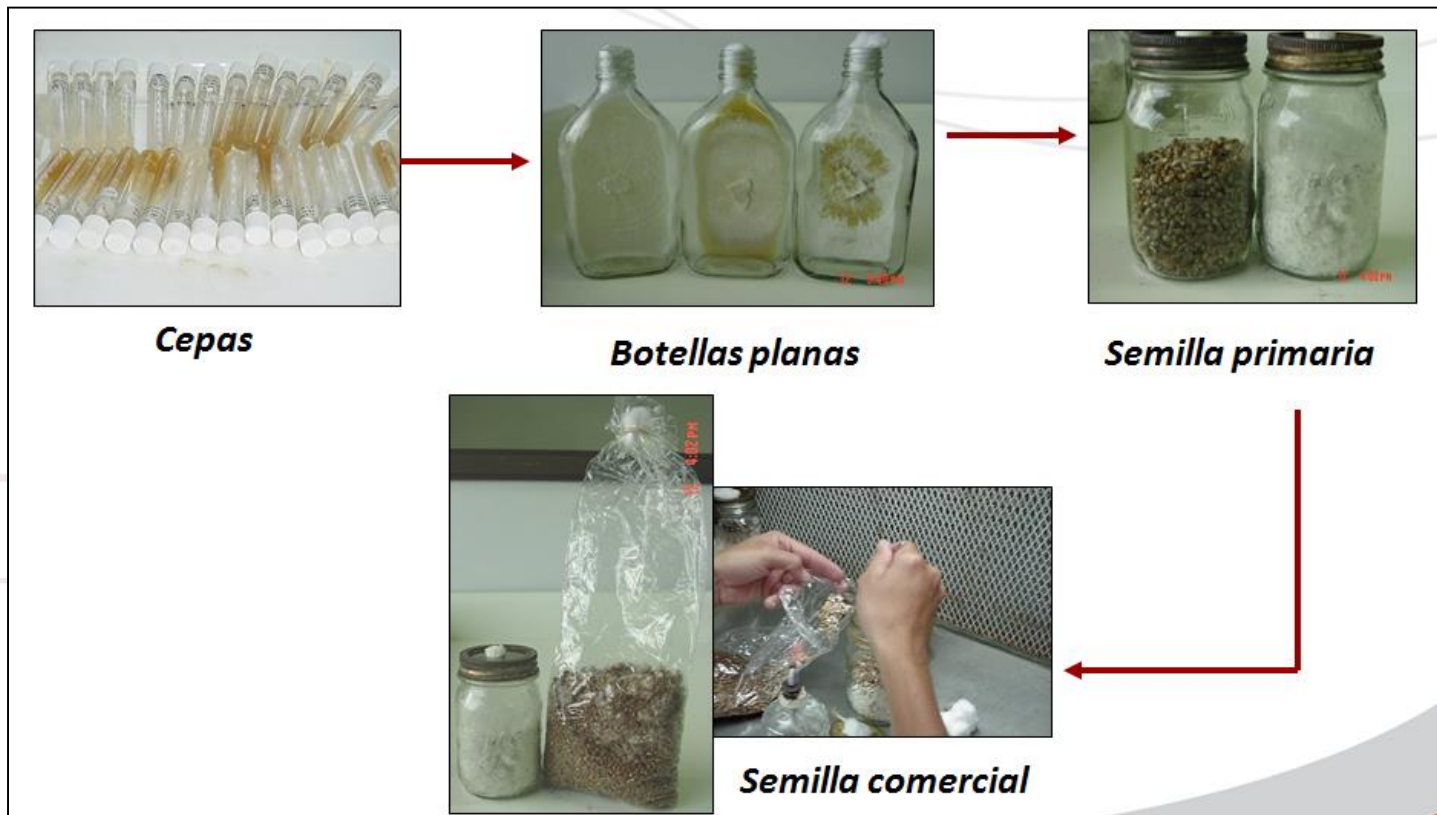


*Shiitake*

Los hongos nutraceuticos son aquellos que tienen tanto propiedades nutritivas como farmacéuticas.

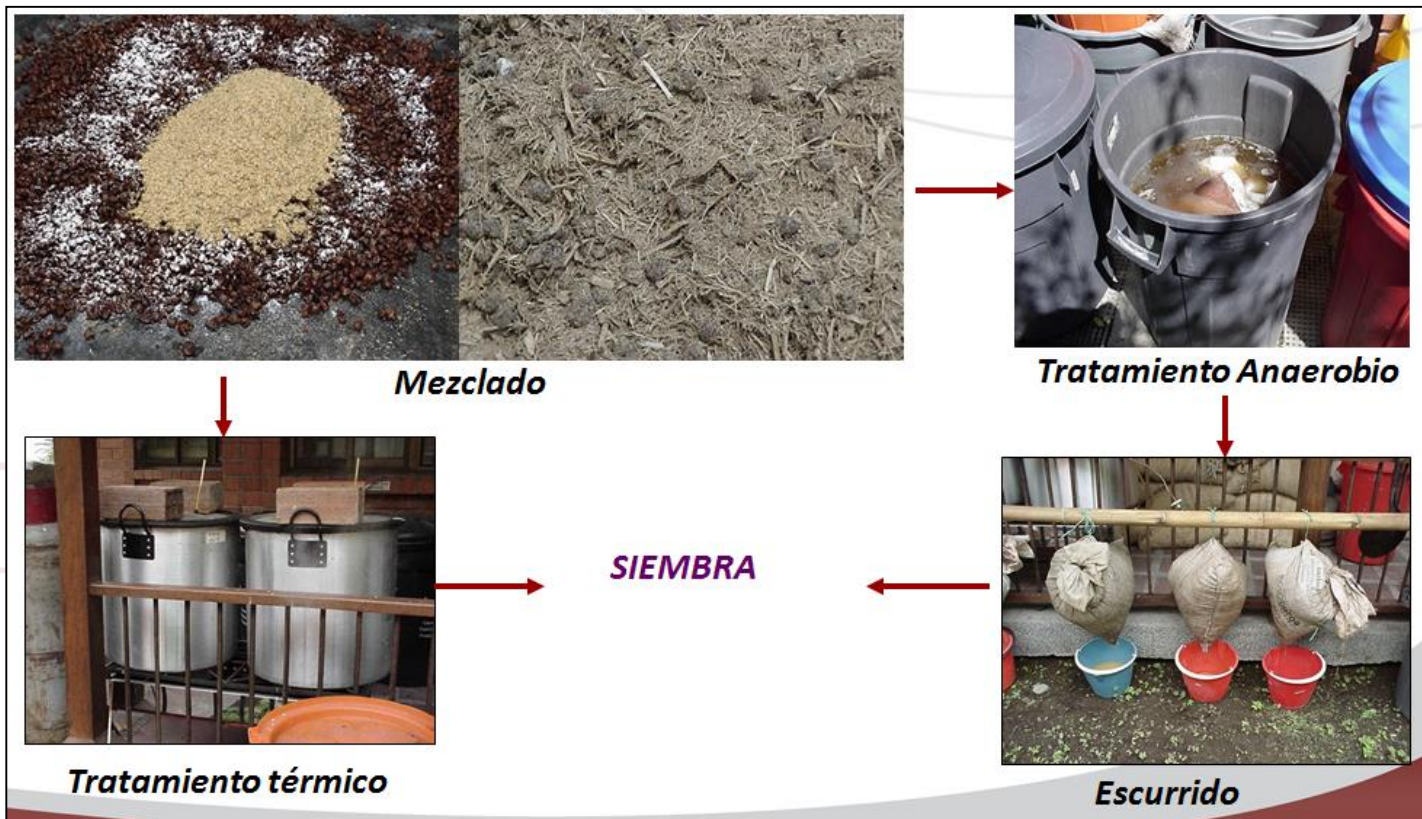
## 4. Producción de hongos comestibles y nutracéuticos

### Pasos para la elaboración de la semilla de los hongos



## 4. Producción de hongos comestibles y nutracéuticos

### Pasos para la preparación de los sustratos



# 4. Producción de hongos comestibles y nutracéuticos

## Siembra de los sustratos



## Etapas de Incubación y Fructificación



## 4. Producción de hongos comestibles y nutraceuticos

Diferentes especies de hongos del género *Pleurotus* spp. (\$ 30.000 COP/kg)



*Pleurotus pulmonarius*



*Pleurotus ostreatus*



*Pleurotus sajor-caju*



*Pleurotus eryngii*



*Pleurotus florida*



*Pleurotus flabellatus*

## 4. Producción de hongos comestibles y nutraceuticos



*Lentinula edodes*  
(Shiitake)

\$ 60.000 COP/kg fresco



*Ganoderma lucidum*  
(Reishi)

\$ 170.000 COP/kg fresco  
\$ 600.000 COP/kg seco



*Grifola frondosa*  
(Maitake)

\$ 600.000 COP/kg seco



*Hypsizygus marmoreus*  
(Shimeji)

\$ 70.000 COP/kg fresco

## 4. Producción de hongos comestibles y nutraceuticos



## Bioeconomía circular en el proceso de producción de hongos comestibles y nutracéuticos



*Para una finca que produzca 1.000 @ cps/año (aproximadamente 27 t de pulpa fresca/año) pueden producirse:*

- 2,7 t de hongos frescos (entre comestibles y medicinales). \$ 81 millones COP.*
- Y el aprovechamiento del sustrato residual mediante lombricultura permite obtener:*
- 4 t/año de lombricompostado fresco (\$ 1 millón COP) que se puede utilizar en relación 1:3 con el suelo para llenar 4.000 bolsas de almácigo, de 17 cm x 23 cm*
- Se obtienen aproximadamente, 122 kg de biomasa de lombriz para ser utilizada en la alimentación animal (\$ 7 millones COP).*

**Ingresos Brutos Subproductos: 61% del precio de venta del producto principal.  
Ingresos Brutos: \$ 3400 COP/kg pulpa fresca**



## 5. Ensilaje de la pulpa de café

El ensilaje consiste en la preservación de los materiales vegetales en su estado fresco, por medio de fermentaciones parciales. La fermentación es producida por bacterias en ausencia de aire, que actúan principalmente sobre los carbohidratos solubles que contienen las células vegetales. Durante el proceso de fermentación se producen ácidos, principalmente ácido láctico, que disminuye el pH del material ensilado, a niveles que impiden el desarrollo de nuevas bacterias.



*Silo fosa*



*Llenado silo fosa*



*Silo trinchera*



*Llenado silo trinchera*



*Pulpa ensilada*

## 5. Ensilaje de la pulpa de café

### Utilización de la pulpa ensilada



**Lombricultura**



**Hongos comestibles**

## 5. Ensilaje de la pulpa de café

ISSN - 0120 - 0178

AVANCES TÉCNICOS **313**

**Cenicafé**

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Julio de 2003

### ENSILAJE DE PULPA DE CAFÉ

Nelson Rodríguez-Valencia\*



**E**l ensilaje es un proceso utilizado para la conservación de materiales vegetales producidos estacionalmente. Consiste en la preservación de los mismos en estructuras de almacenamiento denominadas silos, por medio de fermentaciones parciales producidas por bacterias anaerobias que actúan principalmente sobre los carbohidratos solubles presentes en el material (2).

Durante el proceso de fermentación se producen ácidos, principalmente ácido láctico, que disminuye el pH del material ensilado a valores entre 3,5 y 4,2 e impiden el desarrollo de nuevas bacterias, previniendo, de esta forma, su descomposición adicional y asegurando su conservación durante periodos largos de tiempo. Un material así conservado mantiene una calidad muy similar a la que posee en su estado fresco. El pH de la masa tiene una alta correlación con la calidad del producto, pues a valores de 4,5 y superiores, generalmente los ácidos butírico y acético están en altas concentraciones dando lugar a olores rancios y avinagrados al ensilado (5).

\* Asistente de Investigación. Química Industrial. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*El proceso de ensilaje permite almacenar y conservar en buen estado la pulpa de café de forma que pueda ser utilizada durante todo el año para la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus spp.* y para la producción de abonos orgánicos.*

## 6. Pectinas de la pulpa y el mucílago de café

La pectina es un polisacárido complejo de alto peso molecular que es utilizada en las industrias alimenticia, cosmética y farmacéutica por sus propiedades gelatinizantes, espesantes y estabilizantes.



### Contenido de pectina de la pulpa de café

1,81% bh, 8,00% bs

### Contenido de pectina del mucílago de café

0,85% bh, 10,95% bs

- Las materias vegetales más usadas para la elaboración de pectina son la manzana y las frutas cítricas (naranja, toronja y limón).
- El contenido de las sustancias pécticas en los frutos está entre 0,5% a 1,0% del peso de la fruta fresca.
- En las cáscaras de los frutos cítricos se reportan valores de pectina entre el 3,0% y el 4,0% en peso fresco.

## 6. Pectinas de la pulpa y el mucílago de café



*Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir  
113 kg de pectinas. \$ 300,000 COP/kg (\$ 92M/27 t)*

*Por cada 10 toneladas de mucílago fresco se pueden producir  
77 kg de pectinas. \$ 300,000 COP/kg (\$ 21 M/9 t)*

De los subproductos del proceso de beneficio (pulpa+mucílago) de una finca con una producción de 1000 @ cps se pueden obtener 375 kg de pectinas por un valor bruto de \$ 113 millones (78% del precio de venta del producto principal).

*Por 1000 @ cps se obtienen ingresos brutos de \$ 145 millones por la venta del cps*

## Bioeconomía circular en el proceso de producción de pectinas



Para una finca que produzca 1.000 @ cps/año (aproximadamente 27 t de pulpa fresca y 9 t de mucílago/año) pueden obtenerse:

- 375 kg de pectinas (305 kg a partir de la pulpa y 70 kg a partir del mucílago). \$ 92 millones COP/pulpa.
- 5,25 t de lombricompostado fresco por el aprovechamiento del sustrato residual mediante lombricultura. \$ 1,5 millones COP.
- 148 kg de biomasa de lombriz para ser utilizada en la alimentación animal. \$ 9 millones COP.
- 1,68 t de hongos comestibles si la pulpa residual del proceso de obtención de pectinas se utiliza en su cultivo. \$ 50 millones COP.

Ingresos Brutos Subproductos: 98% del precio de venta del producto principal.  
Ingresos Brutos: \$ 5.200 COP/kg pulpa fresca

Por 1000 @ cps se obtienen ingresos brutos de \$ 145 millones por la venta del cps

## 7. Miel de café (10.000/kg)

La miel del café es un subproducto generado de la concentración de los jugos azucarados de la pulpa y del mucílago de café y ha mostrado ser de gran utilidad en la industria alimenticia y en la alimentación de cerdos. Se presenta en la forma de un jarabe denso de color castaño oscuro, semejante a la miel de caña y de sabor dulce.



**Se pueden obtener 7,3 kg de miel (\$ 10,000 COP/kg) por cada 100 kg de pulpa de café. \$ 20 millones COP/27 t de pulpa**

**Se pueden obtener 9,9 kg de miel (\$ 10,000 COP/kg) por cada 100 kg de mucílago de café. \$ 9 millones COP/9 t de mucílago**

Ingresos Brutos de 29 millones por 2,9 t de miel. 20% del precio de venta del producto principal.

Ingresos Brutos: \$ 740 COP/kg pulpa fresca

**Por 1000 @ cps se obtienen ingresos brutos de \$ 145 millones por la venta del cps**

### Composición de la miel de pulpa y de mucílago

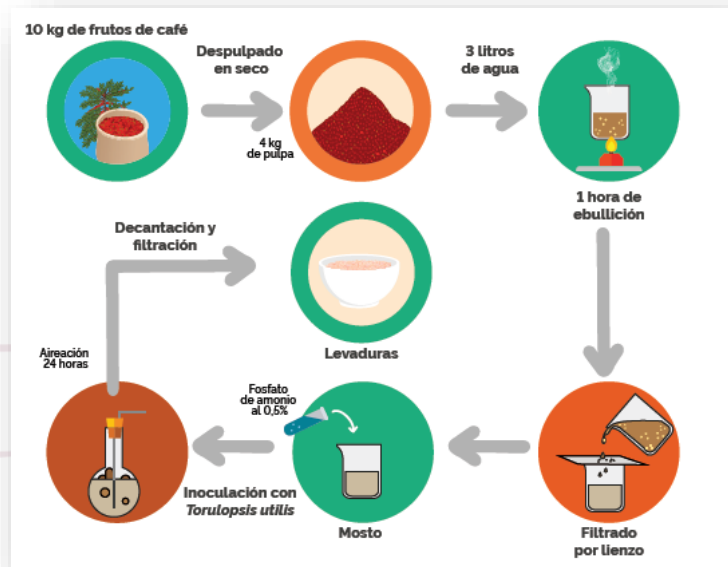
Parámetro	Miel de pulpa	Miel de mucílago
Rendimiento (%)	7,30	9,90
*Brix	60	60
pH	3,72	4,21
Acidez titulable	0,96	2,56
Azúcares reductores (mg/100 g)	73,44	82,39
Azúcares totales (g/ 100 g)	26,05	28,59
Polifenoles (mg de ácido gálico/L)	252,55	297,03
Actividad antioxidante (%)	18,03	26,02



Manrique & Monteblanco, 2015

## 8. Levaduras alimenticias

Las levaduras alimenticias o nutricionales son un alimento con altos contenidos de proteína, vitaminas y minerales. Entre las más utilizadas están la levadura torula (*Torulopsis utilis* o *Candida utilis*) y la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), que se obtienen mediante procesos de fermentación de las melazas procedentes de la remolacha, la caña de azúcar o los jugos de la pulpa y el mucílago de café.



El contenido de proteína en la levadura torula cultivada en los azúcares provenientes de la pulpa de café fue del 50,39% (bs).



*Se pueden obtener 1,5 kg de levadura seca (\$ 40.000 COP/kg) por cada 100 kg de pulpa de café. \$ 16 millones COP de 405 kg de levadura seca/27 t de pulpa*

**Ingresos Brutos: 11% del precio de venta del producto principal.**  
**Ingresos Brutos: \$ 600 COP/kg pulpa fresca.**

**Por 1000 @ cps se obtienen ingresos brutos de \$ 145 millones por la venta del cps**



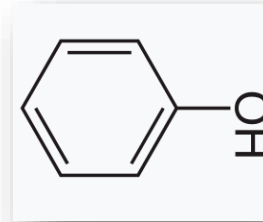
## 9. Antioxidantes

Los antioxidantes (flavonoides, fenoles, entre otros) son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Desde hace algunos años se ha incrementado el interés en el consumo de antioxidantes en dietas alimenticias para prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, algunas formas de cáncer y otros desórdenes como diabetes y enfermedades reumatoideas.

### Compuestos fenólicos en algunas estructuras de la planta de café

Material	mg de ácido gálico/g MS Extracción con Cetona	mg de ácido gálico/g MS Extracción con Metanol
Almendras de café	5,22	33,59
Hojas de café	72,06	33,37
Mucilago de café	5,21	6,26
Pulpa de café	11,25	24,83

Ortiz, 2012

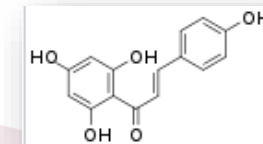


La cáscara de uva contiene entre 0,55 y 51,29 mg de ácido gálico/g MS

### Flavonoides en algunas estructuras de la planta de café

Material	mg de catequina/g MS Extracción con Cetona	mg de catequina/g MS Extracción con Metanol
Almendras de café	5,53	42,20
Hojas de café	85,32	29,48
Mucilago de café	0,00	0,00
Pulpa de café	10,70	17,27

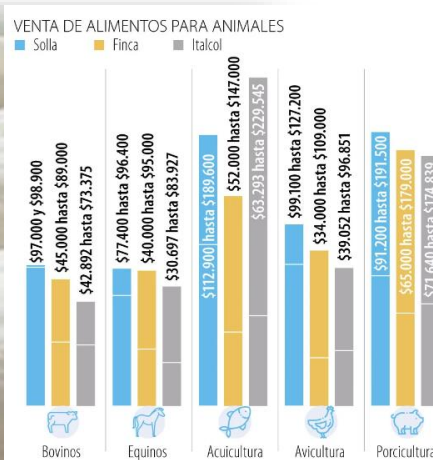
Ortiz, 2012



Se han reportado valores de flavonoides en la cáscara de uva de 8,81 mg de catequina/g MS

## 10. Alimentación de pollos de engorde (\$ 100.000 COP/40 kg)

Los subproductos generados en el proceso de beneficio e industrialización del café pueden utilizarse directamente o después de ser transformados, como materias primas en la elaboración de raciones para la alimentación animal.



<https://axoncomunicacion.net/las-razas-de-pollos-de-crecimiento-lento-son-mas-saludables-y-felices-segun-un-estudio/>

Ingresos Brutos: \$ 1500 COP/kg pulpa fresca

- Calle (1977), en Cenicafé, reporta la alimentación de pollos utilizando pulpa de café ensilada y proveniente de los procesadores y peletizada, después de ser mezclada con maíz amarillo, salvado de trigo, harina de carne, aceite de hígado, mezcla mineral, cal apagada y sal, en la cual la pulpa de café representó el 60%.
- Se registró una tasa de aumento en peso diario de 16 g/animal para la dieta con pulpa ensilada y de 17 g/animal para la dieta con pulpa de los procesadores, mientras que para el testigo (dieta sin pulpa de café) la tasa de aumento en peso diario fue de 13 g/animal
- Se concluyen que los aumentos de peso en los pollos alimentados con raciones suplementadas con pulpa de café fueron satisfactorios y demuestra que puede utilizarse la pulpa de café provenientes de los procesadores, dado que la proliferación de larvas en los mismos producen proteína animal que es aprovechada en la avicultura.

## 11. Alimentación de peces (\$ 140.000/40 kg)



<https://ispweb.pcaarrd.dost.gov.ph/tilapia-2/>

**Ingresos Brutos: \$ 700 COP/kg pulpa fresca**

- Alimentación de tilapia con *pellets* que contenían 30% de pulpa de café, más afrecho de trigo, maíz molido, melaza de caña, harina de semilla de algodón, urea y harina de hueso.
- El mayor aumento de peso de los animales alimentados fue con la mezcla de pulpa de café, superior en el 53,41% comparado con el grupo control y superior en el 85,97% respecto al grupo alimentado con gallinaza (García & Bayne, 1974).
- Bautista et al., 2005, concluyeron que la pulpa de café ensilada puede ser empleada hasta un 18% en la alimentación de alevines de cachamay.

## 12. Alimentación de cerdos (\$ 85.000/40 kg)



<https://nutrinews.com/calidad-de-carne-de-cerdos-alimentados-con-maiz-amarillo-maiz-blanco-o-cebada/>



Ingresos Brutos: \$ 425 COP/kg pulpa fresca

- Campabadal, 1987, reporta que la pulpa puede sustituir hasta en un 2,5% al maíz en la ración alimenticia de cerdos, con un consumo de alimento de 0,88 kg/d, una ganancia de peso de 0,46 kg/d y una conversión alimenticia de 1,93, sin problemas de palatabilidad.
- Bautista et al., 1999, concluyeron que es posible utilizar en cerdos los niveles de 20% de pulpa de café ensilada en la etapa de crecimiento y 15% en la de engorde, sin ocasionar pérdidas en los parámetros productivos respecto al alimento comercial.
- En Cenicafé, Garavito yPuerta (1998) reportan la utilización del mucílago de café en la alimentación porcina encontrando que al suministrar el 80% de concentrado, de acuerdo con los requerimientos del animal según su peso y suplementar la ración iniciando con 2 L de mucílago de café diario, en animales con pesos superiores a 40 kg, se obtienen buenas respuestas en conversión del alimento, ganancia en peso y rendimiento económico, sin afectar la calidad de la carne.

### 13. Alimentación de rumiantes (\$ 85.000/40 kg)



<https://www.agrolatam.com/nota/38123-el-novillo-holando-rinde/>

**Ingresos Brutos: \$ 425 COP/kg pulpa fresca**

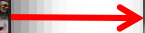
Flores, 1976, establece que la pulpa de café deshidratada y molida puede ser suministrada hasta en un 20% como suplemento en vacas lecheras, sin causar efectos detrimentales.

Noriega et al., 2008, establecen que, durante el manejo intensivo del ganado bovino de carne en los países tropicales, el uso de la pulpa del café puede alcanzar entre 20% y 30% en las raciones.

En vacas lecheras, la pulpa de café ensilada puede ser incorporada entre 20% a 40% del concentrado.

## 14. Producción de harina de pulpa de café

La harina de pulpa de café puede utilizarse como suplemento para la elaboración de alimentos para consumo humano o animal y para la preparación de infusiones.



## 14. Producción de harina de pulpa de café



Parámetros microbiológicos establecidos por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia en la Resolución 1407 del 2022 para harinas y mezclas crudas

Parámetro	Límite óptimo	Límite aceptable
Mohos y levaduras	$3 \times 10^3$ UFC/g	$5 \times 10^3$ UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	$5 \times 10^2$ UFC/g	$1 \times 10^3$ UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g	$1 \times 10^2$ UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia/25 g	-----

Resultados de análisis microbiológicos hechos a tres diferentes lotes de harina de pulpa de café

Parámetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Mohos y levaduras	$4,9 \times 10^3$ UFC/g	$1,6 \times 10^3$ UFC/g	$4,5 \times 10^3$ UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	$1 \times 10^3$ UFC/g	Ausencia	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia

## 15. Utilización de harina de pulpa de café para la elaboración de pan

La harina de café puede utilizarse como reemplazo de la harina de trigo en valores hasta del 5% sin afectar el desempeño de los agentes leudantes (levaduras, bicarbonato, polvo para hornear).





## 16. Utilización de harina de pulpa de café para elaborar pan dulce (\$ 5.000/kg)

Madrigal & Chavarría (2020) reportan el uso de harina de pulpa de café en la elaboración de pan dulce, reemplazando el 60% de la harina de trigo.



Ingresos Brutos: \$ 1,100 COP/kg pulpa fresca

## 17. Utilización de la harina de pulpa para producción de galletas



Ponce (2018) investigó el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (entre el 20 y el 25%) por harina de pulpa de café (*Coffea arabica*) en galletas dulces.

Las características físicas de las galletas dulces obtenidas con harina de pulpa de café no mostraron diferencias significativas frente al testigo (sólo harina de trigo).

Se concluye que la harina de pulpa de café puede ser utilizada en galletas dulces hasta un 20% de sustitución sin afectar significativamente sus características y mejorando su contenido de minerales.

## 18. Producción de bebidas energizantes a partir de la pulpa



Iriondo-Dehond et al. (2020), investigaron la obtención de una bebida instantánea a partir de la pulpa de café secada al sol. Se obtuvo una bebida instantánea y segura con propiedades antioxidantes a la cual pueden adicionársele las etiquetas de: “bajo en grasa”, “bajo en azúcar”, “alto en fibra” y “fuente de K, Mg y vitamina C”.

Heeger et al. (2017) reportan la elaboración de una bebida refrescante a partir de la pulpa de café. La extracción acuosa de la pulpa de café mostró un contenido de polifenoles totales entre 4,9 y 9,2 mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/g MS y contenidos de cafeína entre 6,5 y 6,8 mg/g MS.

La bebida de pulpa de café se elaboró con 65,6 g de materia seca/L de agua, se hizo la infusión durante 6,5 minutos a 90°C, se agregó azúcar (71 g/L) y jugo de limón (5,7 mL/L), se embotelló y pasteurizó a 83°C durante 30 minutos.

## 19. Infusión a partir de pulpa de café



Entre 20 a 30 g/L de agua



Starbucks ya tiene entre su carta varias bebidas elaboradas a base de cáscaras de café. El té de cáscaras de café puede consumirse frío o caliente. En cualquiera de los dos casos, resulta además de delicioso muy energético y saludable; es ideal para quienes quieren bajar de peso gracias a sus propiedades diuréticas. Un kilo de buen té de cáscara de café cuesta hoy en el mercado alrededor de 13,5 euros. (cafe, 2022)



## 19. Infusión a partir de pulpa de café

REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2022/47 DE LA COMISIÓN

de 13 de enero de 2022

por el que se autoriza la comercialización de la pulpa seca de las cerezas de *Coffea arabica* L. o *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner y su infusión como alimento tradicional de un tercer país con arreglo al Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo y se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la Comisión

(Texto pertinente a efectos del EEE)



### Composición de la pulpa seca de cerezas de café:

Agua: < 18 %  
 Actividad de agua ( $a_w$ ):  $\leq 0,65$   
 Cenizas: < 10,4 % MS  
 Proteínas: < 15 % MS  
 Grasa: < 5 % MS  
 Hidratos de carbono: < 85 % MS

### Criterios microbiológicos:



Organismos aerobios en placa: < 10<sup>4</sup> CFU/g  
 Total de levaduras y mohos: < 100 UFC/g  
 Enterobacterias: < 50 UFC/g  
 Salmonella: ausencia en 25 g  
 Bacillus cereus: < 100 UFC/g

### Micotoxinas:

Ocratoxina A: < 5,0 µg/kg  
 Aflatoxina B1: < 2,0 µg/kg  
 Aflatoxinas B1, B2, G1, G2 (en suma): < 4,0 µg/kg

### Metales pesados:

Cadmio (Cd): < 0,05 mg/kg  
 Plomo (Pb): < 1,0 mg/kg  
 Cobre:  $\leq 50$  mg/kg  
 Mercurio:  $\leq 0,02$  mg/kg  
 Arsénico:  $\leq 0,2$  mg/kg

### Información nutricional

Parámetros Físico- químicos	Rango
Humedad (%)	< 10%
Granulometría	< 1000 µm
pH	3,60 - 4,20
Materia seca (%)	> 90%
Materia orgánica (% bs)	88,50 - 93,1
Nitrógeno (% bs)	1,25 - 1,70
Grasa (% bs)	2,39 - 5,78
Cafeína (% bs)	0,76 - 2,26
Taninos (% bs)	3,70 - 7,73
Azúcares reductores (% bs)	12,40 - 20,58
Azúcares no reductores (% bs)	2,00 - 4,77
Antioxidantes (compuestos fenólicos) (mg/kg bs)	11,25 - 24,83
Antioxidantes (flavonoides) (mg/kg bs)	10,70 - 17,27

Parámetros Microbiológicos*	Rango
Mohos y levaduras (UFC/g)	< 3,6 x 10 <sup>4</sup> (= 1 x 10 <sup>5</sup> )
Coliformes (UFC/g)	< 0,15 x 10 <sup>4</sup> (= 1 x 10 <sup>3</sup> )
Escherichia coli (UFC/g)	Ausente (= 10)
Salmonella spp (UFC/g)	Ausente (Ausente/25 g)

\*Los valores entre paréntesis se refieren a los exigidos en la Resolución 1407 del 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social y están relacionados con los criterios microbiológicos que deben cumplir alimentos y bebidas destinados para el consumo humano.  
 Se sugiere para la preparación de la infusión utilizar entre 20 a 30 g del producto por cada litro de agua.

MUESTRA SIN VALOR COMERCIAL

PROHIBIDA SU VENTA

Parámetros microbiológicos establecidos por el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia en la Resolución 1407 del 2022 para hierbas aromáticas y sus mezclas para preparar infusiones

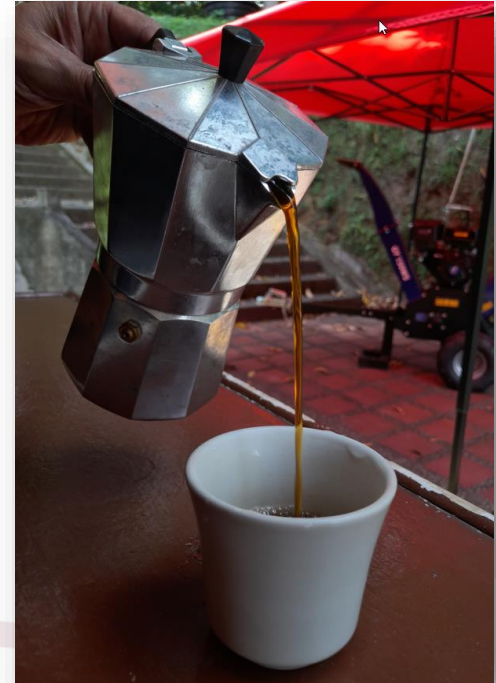
Parámetro	Límite óptimo	Límite aceptable
Mohos y levaduras	1x10 <sup>3</sup> UFC/g	1x10 <sup>5</sup> UFC/g
Coliformes	< 10 UFC/g	1x10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	-----
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia/25 g	-----

Resultados de análisis microbiológicos hechos a dos diferentes lotes de infusión de pulpa de café

Parámetro	Infusión hecha con pulpa de café Lote 1	Infusión hecha con pulpa de café Lote 2
Mohos y levaduras	4,4x10 <sup>3</sup> UFC/g	6,7x10 <sup>3</sup> UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia	Ausencia
Coliformes	Ausencia	15

## 20. Infusión a partir de las hojas de café

Ratanamarno & Surbkar (2017) elaboraron té a partir de hojas de café. La infusión se preparó dejando en remojo en agua caliente durante 5 minutos las hojas secas y molidas, las cuales mostraron contenidos de cafeína entre 1,8 y 3,2 mg/g, galato de pigalocatequina entre 5,5 y 16,4 mg/g, galato de epicatequina entre 0,26 y 0,48 mg/g, epicatequina entre 0,27 y 0,40 mg/g y catequina entre 0,05 y 0,18 mg/g.





## 21. Agua de suministro a partir del secado de la pulpa de café



1 tonelada de pulpa de café fresca contiene cerca de 780 L de agua.

1 tonelada de pulpa seca al 10% contiene 100 L de agua

El agua evaporada y que puede ser recuperada de una tonelada de pulpa es cercana a los 680 L



Tabla 2. Necesidades de agua en las viviendas. Fuente: Adaptado de OPS-OMS (2009).

Actividad	Rango (L/p-d)
Bebida	3-4
Preparación de alimentos	2-3
Higiene personal	6-7
Lavado de ropa	4-6
Uso sanitario	10-15
<b>Total</b>	<b>25-35</b>

El agua recuperada de una tonelada de pulpa puede satisfacer la demanda mínima de agua de una familia cafetera de 3 miembros durante una semana.

## 22. Elaboración de mermeladas para consumo humano



<https://exigibuencafe.com/2019/01/30/mermelada-de-cafe-el-nuevo-hit-del-verano/>

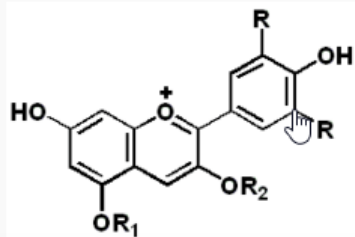
Madrigal & Chavarría (2020) reportan la elaboración de una mermelada utilizando pulpa de café fresca, manzanas (500 g/kg de pulpa), pectina (6 g/kg de pulpa) y azúcar (1 kg/kg de pulpa), la cual tuvo un grado de aceptación del 69% por parte de un panel constituido por 100 evaluadores.

Velsid (2006), reporta que la mermelada de pulpa de café presenta un sabor dulce, intenso, con pequeños destellos amargos gracias al café y un aroma exquisito.



## 23. Colorantes

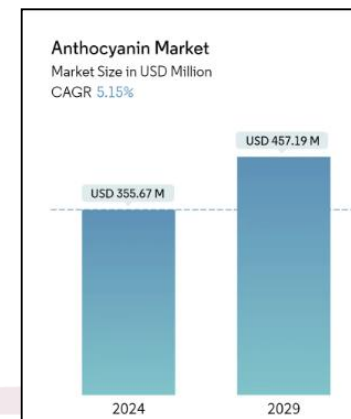
Los colorantes naturales son aquellas sustancias orgánicas e inorgánicas obtenidas de fuentes vegetales, animales o minerales. Han adquirido relevancia por su probada inocuidad en alimentos y formulaciones farmacéuticas y cosméticas.



<https://www.savallnet.cl/cienciaymedicina/destacados/antocianinas-reducen-el-riesgo-de-ecv.html>

Hartati et al. (2012), reportan que la pulpa de café es un material apropiado para la producción de colorantes alimentarios, como el caso de las antocianinas, las cuales se encuentran en la pulpa de café en valores de hasta 25 mg de antocianinas monoméricas/100 g de pulpa fresca en peso seco.

*Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir 500 g de antocianinas.*



## 24. Aceite de café (\$ 60.0000/L)

A partir de las almendras de café de calidad inferior y de la borra residual generada en la preparación de la bebida de café puede obtenerse aceite para diferentes usos.



La gran variedad de compuestos volátiles presentes en el aceite de café potencia su utilización como saborizante y aromatizante en la industria de alimentos.

Además, por su composición, es utilizado en la industria cosmética y de cuidado personal.

- El aceite contenido en el grano de café verde o tostado tiene una composición química similar a la de muchos aceites vegetales comestibles (semilla de algodón, soya, maíz, coco, oliva y linaza) (Calle, 1977).
- La extracción de aceite utilizando alcohol se presenta como una tecnología prometedora, que podría mejorar la viabilidad económica y técnica de la industria cafetera colombiana.
- Calle (1960), en Cenicafé, reporta un rendimiento promedio de aceite obtenido de la borra del 10% en base seca y reporta que pueden obtenerse entre 70 a 150 kg de aceite por tonelada de café de calidad inferior (Calle, 1977).
- En Cenicafé, López & Castaño (1999) utilizaron granos de café pasilla y granos de café perforado por insectos para la obtención de aceite, utilizando métodos de extracción por extrusión (8,73%, bs) y extracción con solventes (17,21%, bs). Reportan que en la extracción por extrusión se obtiene un aceite fijo de café, con una alta carga volátil que lo caracteriza como un aceite esencial mientras que en la extracción con solventes se obtiene solo aceite fijo.

Ingresos brutos del aceite: 9M vs 11M de un café estándar

## 25. Producción de biogás (biocombustible) (\$ 2.750 COP/m<sup>3</sup>)

El biogás es una mezcla gaseosa constituida básicamente por CH<sub>4</sub> (entre el 50% y el 80%) y CO<sub>2</sub>, con pequeñas trazas de H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, CO, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y de compuestos orgánicos. Se origina por la degradación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas.



0,54 MJ/kg de pulpa fresca



**Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir 250 m<sup>3</sup> de biogás.**

*(Calle 1974; Arcila, 1979).*

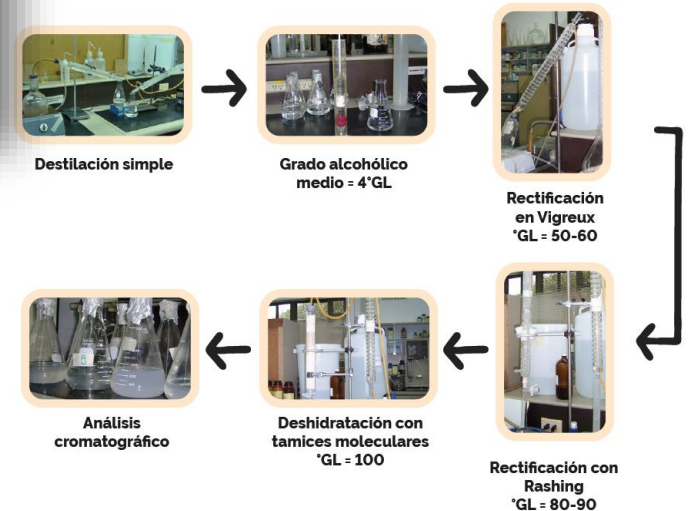
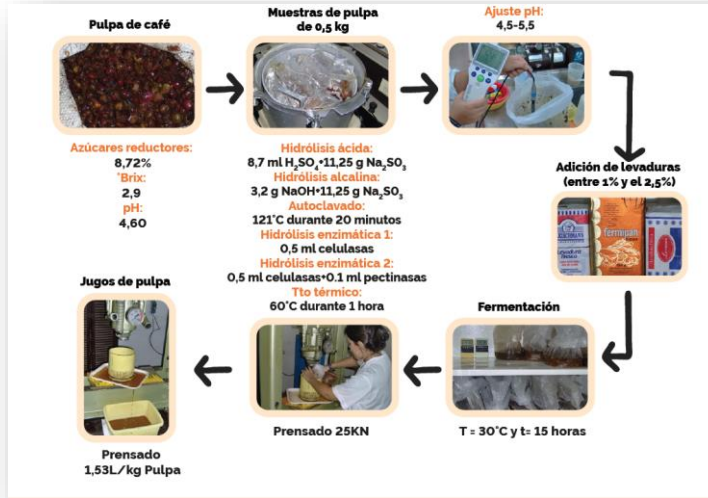
**Por cada 10 toneladas de mucílago fresco se pueden producir 1.050 m<sup>3</sup> de biogás.**

Rodríguez (2023)

Se producen 1.620 m<sup>3</sup>/(27 t de pulpa y 9 t mucílago). \$ 4,5 millones COP de ingresos brutos: el 3% del precio de venta del producto principal.  
Ingresos Brutos: \$ 69 COP/kg pulpa fresca

## 26. Producción de bioetanol (biocombustible)

El bioetanol se obtiene por fermentación de medios azucarados hasta lograr un grado alcohólico, después de fermentación, en torno al 10% - 15%, concentrándose por destilación para la obtención del denominado “alcohol hidratado” (4%-5% de agua) o hasta llegar al alcohol absoluto (99,4% de pureza, como mínimo), tras un proceso específico de deshidratación.



## 27. Producción de bioetanol (biocombustible) (\$ 12.000 COP/L)



0,53 MJ/kg de pulpa fresca



*Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir 252 litros de alcohol carburante.*

*(Rodríguez y Zambrano, 2010)*



*Por cada 10 toneladas de mucilago fresco se pueden producir 584 litros de alcohol carburante.*

Se producen 1.206 L/(27 t de pulpa y 9 t mucilago). \$ 14,5 millones COP de ingresos brutos: el 10% del precio de venta del producto principal.  
Ingresos Brutos: \$ 300 COP/kg pulpa fresca

## 27. Producción de biohidrógeno (biocombustible) (\$ 20,000 COP/kg)

El hidrógeno obtenido a partir de los procesos de fermentación de la biomasa se conoce con el nombre de biohidrógeno o hidrógeno verde, por provenir de un recurso renovable. En la actualidad se considera que la producción de biohidrógeno a partir de la biomasa es una tecnología económicamente competitiva.



<https://www.bioeconomia.info/2023/06/15/biohidroge-no-barato-ecologico-y-discriminado/>

**0,39 MJ/kg de pulpa fresca**

Miñón-Fuentes & Aguilar-Juárez (2019) evaluaron el potencial de producción de hidrógeno a partir de la pulpa de café, reportando rendimientos de 30,78 L H<sub>2</sub> por kg de pulpa de café fresca.

***Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir 310 m<sup>3</sup> de biohidrógeno.***

**Se producen 75 kg de H<sub>2</sub>/27 t de pulpa. \$ 1,5 millones COP (el 1% del precio de venta del producto principal).  
Ingresos Brutos: \$ 56 COP/kg pulpa fresca**

## 28. Producción de astillas a partir de los tallos de café



**Tabla 46.** Características y dimensiones de astillas obtenidas a partir de tallos de café  
Fuente: Adaptado de Tibađuiza, 2023.

Variable	Ancho menor (mm)	Ancho mayor (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Angulo de corte (°)
Promedio	10,56	13,88	9,21	2,48	0,191	41,90
Máximo	22,91	35,95	16,69	7,57	0,752	76,28
Mínimo	2,46	2,49	4,04	0,36	0,005	14,20
Desviación estándar	4,08	6,06	3,71	1,34	0,19	15,64
Contenido de humedad astilla fresca (b.h)						42,97%
Contenido de humedad astilla seca (b h)						11,58%
Densidad real astillas secas						590 kg m <sup>-3</sup>
Densidad aparente astillas secas						210 kg m <sup>-3</sup>

(bh): Porcentaje en base húmeda

Contenido energético del cisco de café: 17,94 MJ/kg  
Contenido energético de los tallos de café: 17,51 MJ/kg

## 29. Materiales de construcción



<https://kartox.com/las-diferentes-tipos-de-carton-ondulado>

La pulpa de café seca puede emplearse molida como relleno para baldosas, mezclando 20% de pulpa seca y molida, 65% de cemento y 5% de cloruro de calcio al 70% (Calle, 1977).

A partir de mezclas pulpa-cemento puede fabricarse un material apropiado para paredes y techos de las viviendas.

Por cada litro de la mezcla se adicionaron 300 g de pulpa ensilada 150 g de cemento y 2 g de cloruro de calcio. El material resultante se vació en moldes, se prensó a 50 t, se dejó fraguar durante 48 horas y se colocó al sol.

Con esta pasta se fabricaron cartones de 0,5 cm de espesor, con muy buenas características de resistencia, dado que el material obtenido se puede serruchar, clavar, pulir y no es combustible.



### 30. Producción de biochar (\$ 35.000/kg)

El biochar o carbón activado es un adsorbente preparado a partir de materiales carbonosos (una alta superficie interna, variedad de grupos funcionales y una buena distribución de poros), que se utiliza en procesos de descontaminación de aguas, control de emisiones, decoloración de líquidos, y eliminación de olores, entre otros usos.



El biochar se puede obtener por la pirólisis de la pulpa, la cascarilla, la borra y los tallos de café.

Grisales & Rojas (2016) reportan la obtención de carbón activado a partir de pulpa de café, sometida a carbonización a 450°C durante 1 hora, con rendimientos del 6,67% en base húmeda.

***Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir 670 kg de biochar.***

Se producen 1,8 t de carbón activado/27 t de pulpa. \$ 63 millones COP (el 44% del precio de venta del producto principal).  
Ingresos Brutos: \$ 2.300 COP/kg pulpa fresca

## **31. Producción de bioplásticos (\$ 80.000/Kg)**

Los bioplásticos son aquellos que son biodegradables y que provienen de recursos renovables, como el almidón o la celulosa.



<https://www.ecologiaverde.com/qu-e-son-los-bioplasticos-y-como-se-producen-1187.html>

El bioplástico se puede obtener a partir de los azúcares, almidones y celulosa presente en los subproductos del café (pulpa, mucílago, cascarilla, borra y tallos).

En el Centro de Investigación ATB (Potsdam, Alemania), Venus (2013) caracterizó muestras de pulpa, mucílago, madera y borra de café, suministradas por Cenicafé, para determinar su potencial para la producción de materias primas utilizadas en la elaboración de bioplásticos (almidón, celulosa, azúcares, ácido láctico).

Pulpa de café: 40 g de ácido láctico/L

Tallos café (15%): 56 g de ácido láctico/L

Mucílago café: 59 g de ácido láctico/L

***Por cada 10 toneladas de pulpa fresca se pueden producir alrededor de 176 kg de ácido láctico.***

**Se producen 475 kg de ácido láctico/27 t de pulpa. \$ 38 millones COP (el 26% del precio de venta del producto principal).**

**Ingresos Brutos: \$ 1.400 COP/kg pulpa fresca**

## 32. Producción de bebidas espirituosas (\$ 45.000 L)

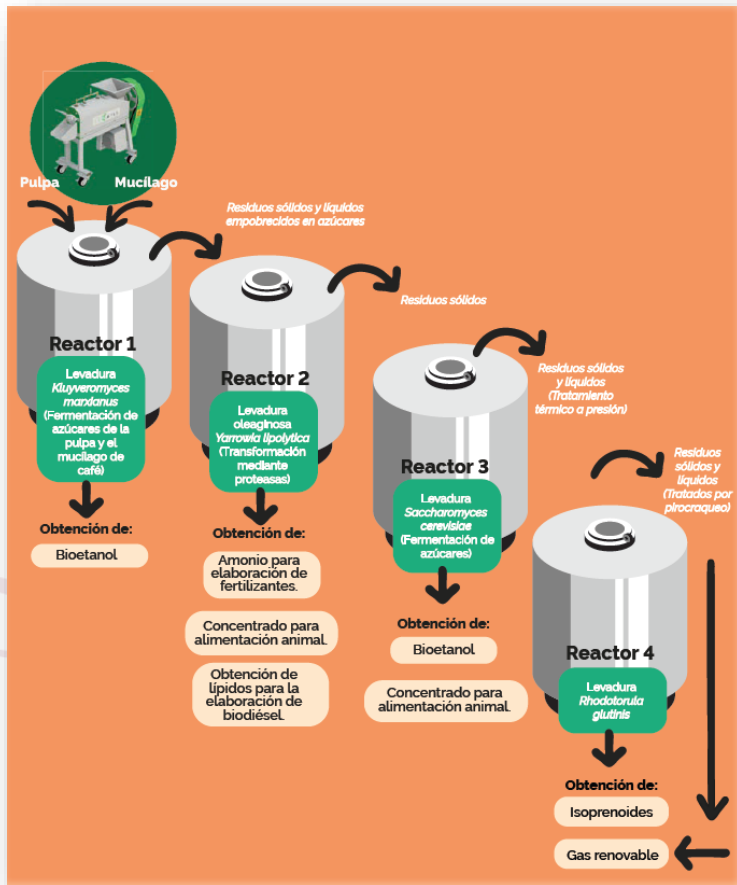


Las bebidas espirituosas se define como aquellas bebidas alcohólicas destiladas de productos fermentados y cuyas materias primas son de origen agrícola (whisky, el brandy, la ginebra, el ron o el vodka).

Se producen 3.000 L/(27 t de pulpa y 9 t mucílago). \$ 120 millones COP de ingresos brutos: el 83% del precio de venta del producto principal.

Ingresos Brutos: \$ 2.520 COP/kg pulpa fresca

Ejemplo de una biorrefinería a partir de la pulpa y el mucílago de café



## Consideraciones finales



A través del proceso de cultivo, cosecha, beneficio e industrialización del café se generan diversos subproductos (hojas, pulpa, mucílago, cascarilla, película plateada, borra y tallos), con diferente composición química que los hace aptos para la producción de diversos productos de valor agregado.



En el Seminario se presentaron 32 ideas para el aprovechamiento de los subproductos y se presentó, de forma general, una idea de los ingresos brutos que se podrían generar con la comercialización de los productos obtenidos (considerando el precio de venta de los mismos y sin considerar los costos de producción, distribución y comercialización).



Los pequeños productores podrían aprovechar la pulpa y el mucílago de café para la producción de abonos orgánicos, el cultivo de hongos comestibles y nutraceuticos y para suplementar la alimentación animal (pollos de engorde, gallinas ponedoras, piscicultura).



En las centrales de beneficio es factible industrializar algunas de las ideas expuestas como es la producción de la harina de pulpa de café y de la miel del café (con todas sus aplicaciones), la producción de pectinas, biochar, antioxidantes, colorantes y biocombustibles.



Aún queda mucho camino por recorrer en esta temática porque muchas de las ideas presentadas han correspondido a estudios a escala piloto que deberán ser evaluados a escala comercial.

Quedan por terminar de explorarse, en Cenicafé, en corto plazo: la utilización de las aguas residuales como bioherbicida (Jaramillo, 2014) y la obtención de ácido oleico y cafeína de los subproductos para obtener el insecticida natural oleato de cafeína, desarrollado por Góngora, Benavides et al., 2023.



# Aplicación de la bioeconomía circular en el proceso de beneficio de café con cero residuos

Nelson Rodríguez Valencia



# GRACIAS



cenicafe@cafedecolombia.com

## PORTALES WEB



cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



biblioteca.cenicafe.org

## REDES OFICIALES



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC



@cenicafefnc