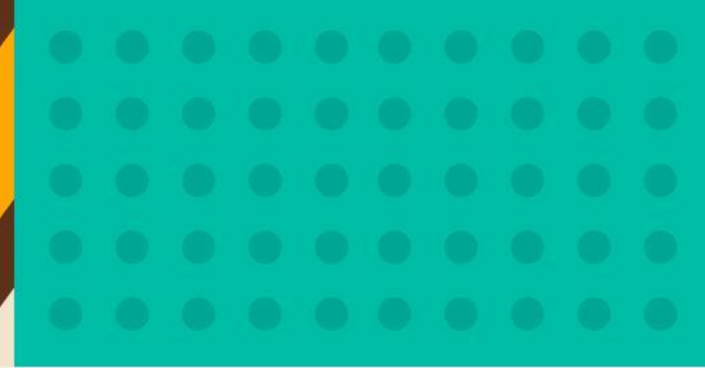
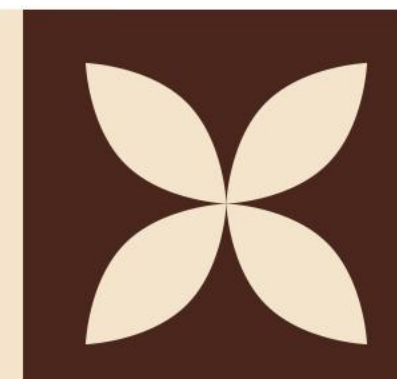
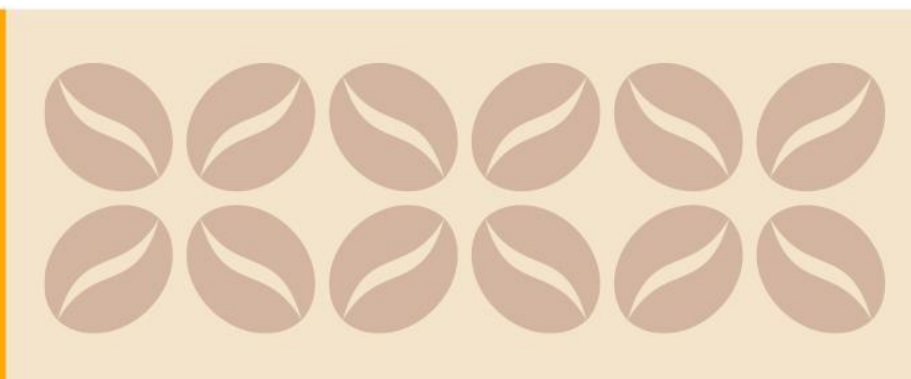
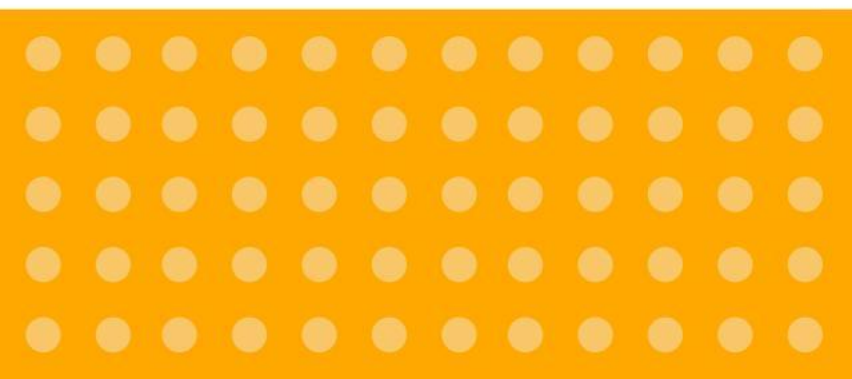




XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Aplicación de la Bioeconomía circular en el proceso de beneficio de café con cero residuos: Beneficios para el productor, beneficios para el ambiente

Nelson Rodríguez Valencia
Cenicafé (Colombia)





XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Objetivo

Generación de estrategias y prácticas apropiadas, para el manejo y valorización de los residuos sólidos y líquidos resultantes del proceso de cultivo de café, que permitan lograr una caficultura con cero residuos.



Metodología

Desarrollo de investigaciones a escala de laboratorio y piloto y su validación en campo, que generaron cada una de las estrategias y de las prácticas, que secuencialmente integradas, permiten obtener productos de valor agregado y llegar a la meta de cero residuos en el proceso productivo del café.

¿Qué es la bioeconomía circular?



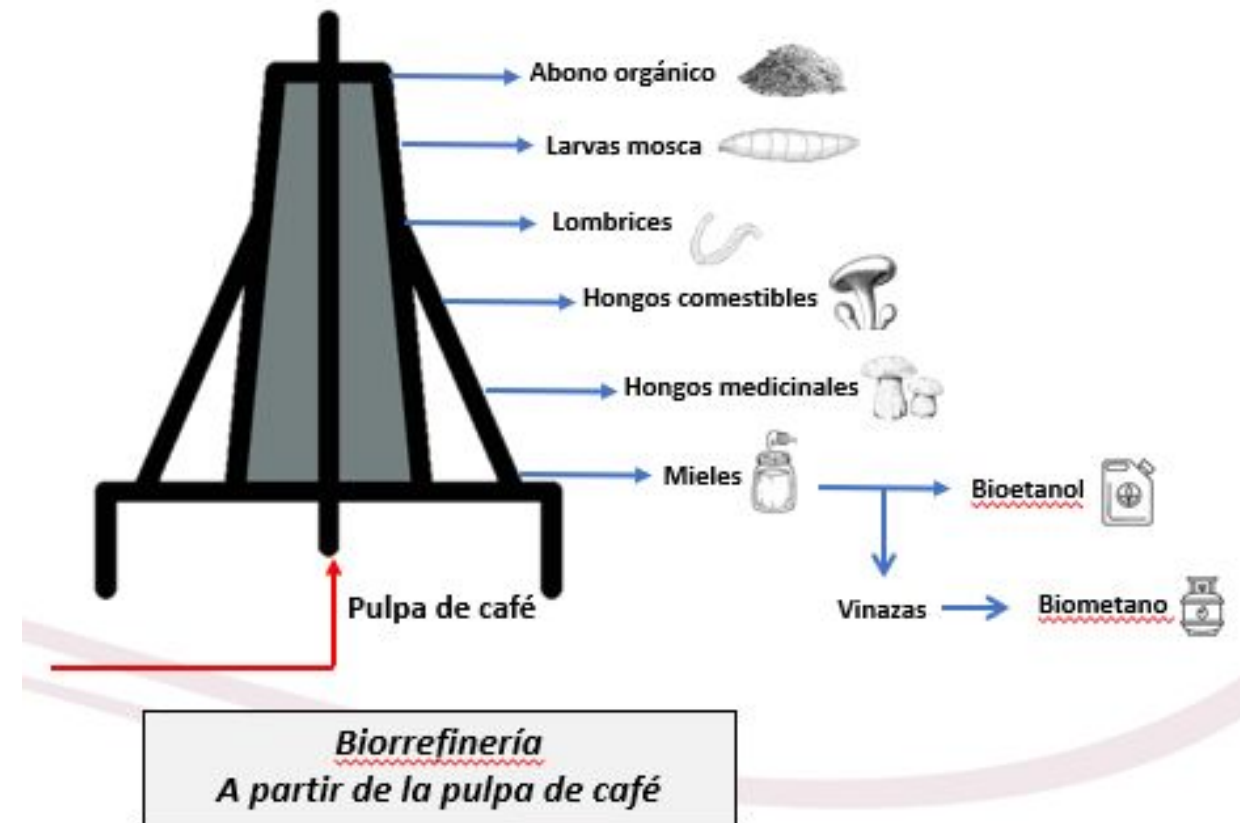
XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

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

En la bioeconomía circular los residuos no son desechos sino recursos para la generación de nuevos productos.

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 y utilizando modelos de biorrefinerías.



Productos de valor agregado a partir de los principales subproductos del proceso de beneficio e industrialización del café



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Materias primas



Producto principal

Subproductos



Coproducidos



Ideas y procedimientos para aprovechar los subproductos del café

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



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



Producción de cps: 1.013.040 toneladas (año 2021)

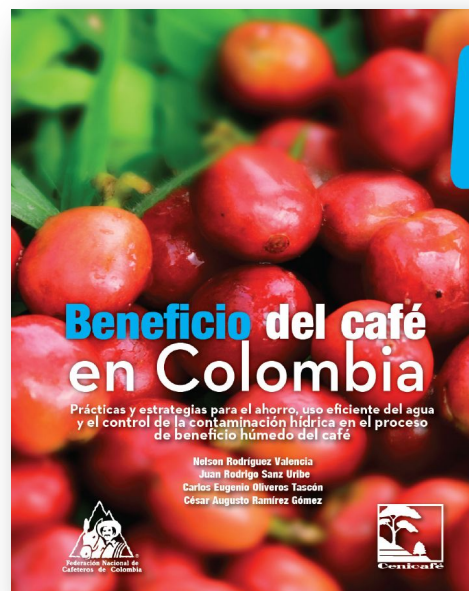
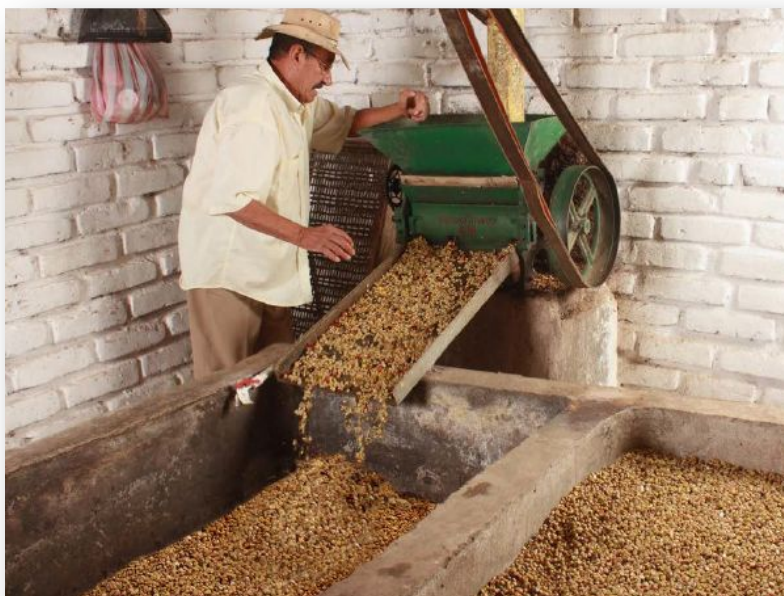
Producción de residuos: 4.608.206 toneladas (año 2021)

Aprovechamiento eficiente de los subproductos del beneficio del café



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

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.



Práctica 1 ✓
Asegure la calidad de la recolección del café

Práctica 3 ✓
Retire frutos y granos de inferior calidad

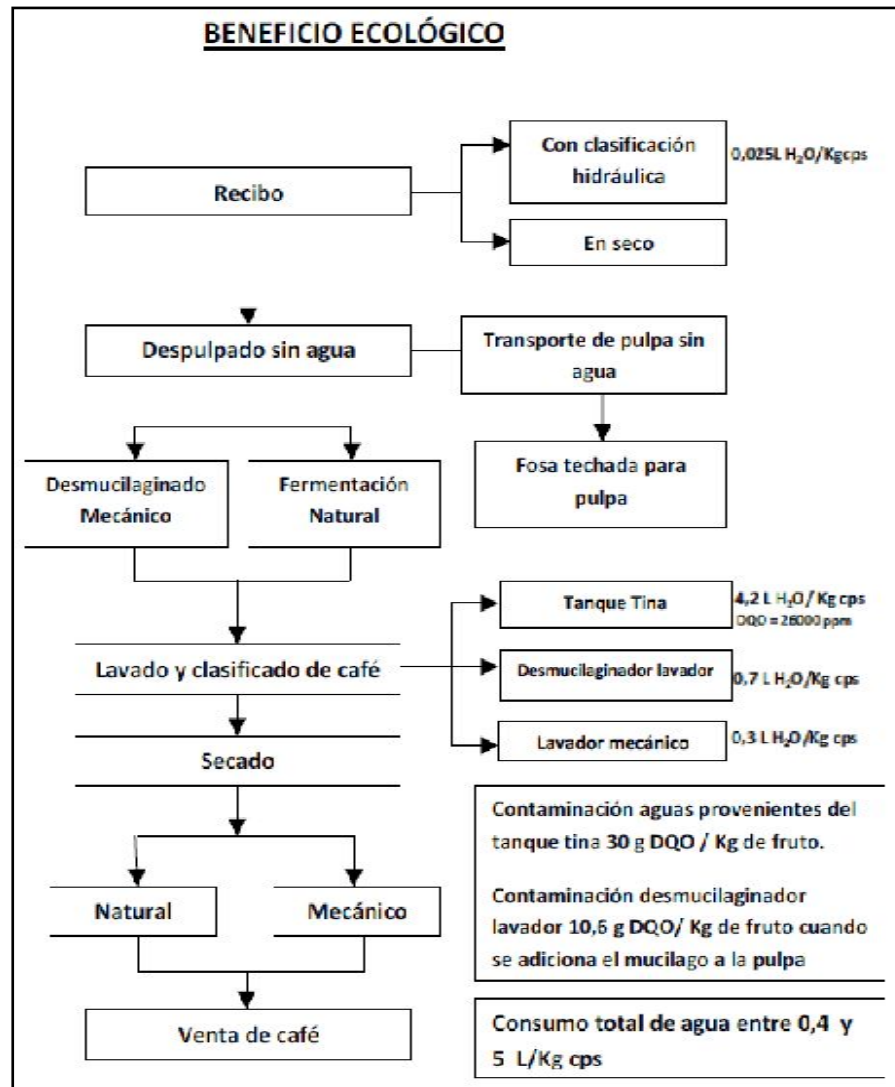
Práctica 4 ✓
Limpie y calibre los equipos para el beneficio del café

Beneficio ecológico del café

Conjunto de operaciones realizadas para transformar el fruto en café pergamino seco, conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, con la mínima alteración del agua y aprovechando los subproductos.



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín



Becolsub



Tanque tina



Lavador mecánico



SMTA

Inocuidad en la obtención de los subproductos del café



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



El aseguramiento de la inocuidad de los subproductos del café se debe realizar en las etapas de cultivo, recolección de los frutos, transporte, beneficio y transformación.

La inocuidad se refiere a la garantía de que un producto utilizado como alimento o medicamento no cause daño a la salud del consumidor.

Los subproductos del café tienen un alto contenido de nutrientes y compuestos orgánicos que pueden ser utilizados por microorganismos presentes en el ambiente y que pueden alterar su inocuidad impidiendo su uso en la alimentación animal y humana.

La aplicación del Proceso 7P® en el beneficio del café disminuye el riesgo de contaminación de los subproductos del café con microorganismos presentes en el ambiente.

Para el caso del cultivo del café lo recomendable es no utilizar productos químicos o biológicos que sean nocivos para la salud humana y en caso de usarlos respetar los períodos de carencia (tiempo mínimo que debe transcurrir entre la última aplicación del producto y la cosecha).

1. Elaboración de abonos orgánicos

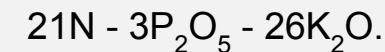


XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

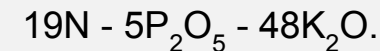


Para una finca que produzca 1000 @ de cps/año, (12,5 t) se generan aproximadamente 27 t de pulpa fresca, de las cuales se producen:

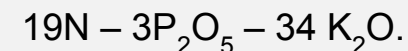
Mediante el proceso de compostaje, 1,1 t de abono orgánico (bs).



Mediante el proceso de lombricompostaje, 2,5 t de abono orgánico (bs).



Mediante el proceso de larvicompostaje, 3,2 t de abono orgánico (bs).



GEI en el proceso de lombricompostaje. La emisión de NH_3 durante el compostaje se calcula entre 45% y 56% con respecto al N_2 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 proteína animal

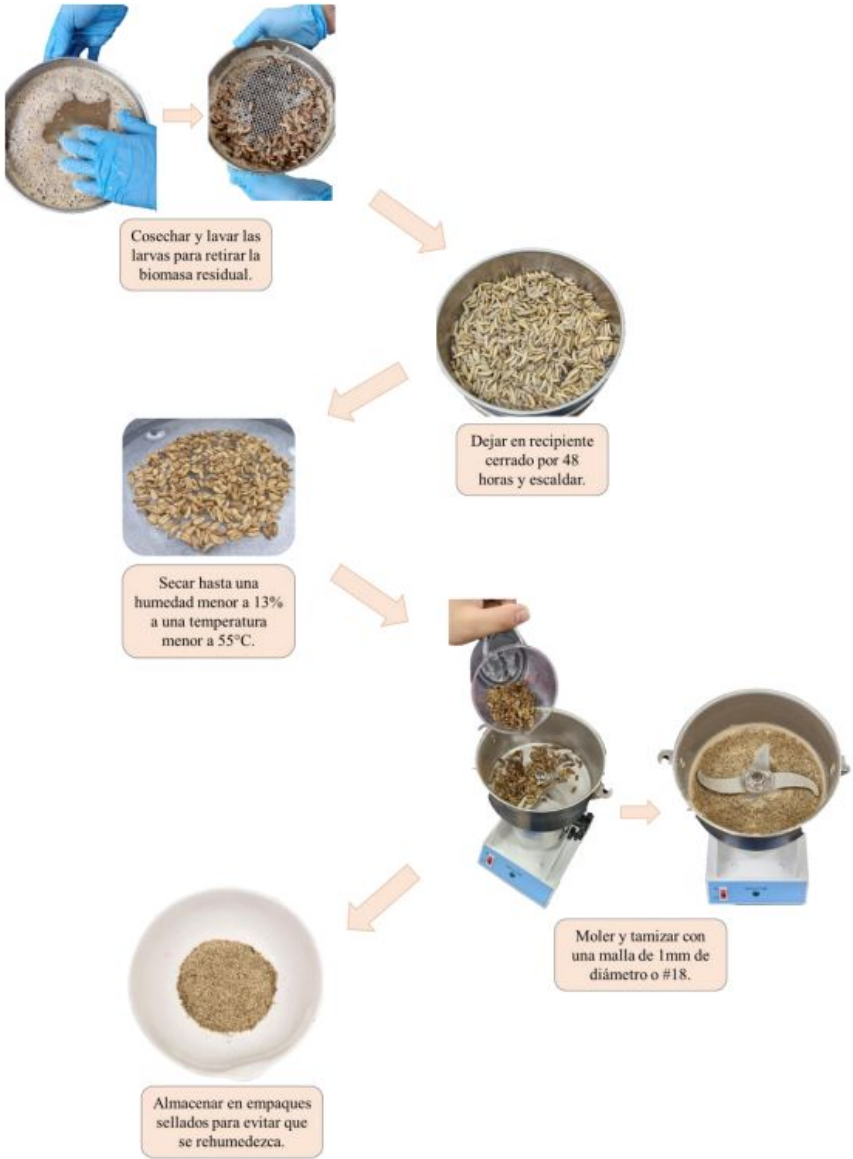


Tabla 3. Análisis bromatológico de la lombriz roja cultivada en pulpa de café.

Fuente: Martínez (2024)

Humedad	Materia seca	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína en base seca	Cenizas en base seca	Extracto libre de Nitrógeno
86,34%	13,66%	8,59%	3,42%	73,13%	13,69%	1,17%

12 kg de lombriz roja/t de pulpa fresca

Tabla 4. Composición nutricional y recuento microbiológico de harina de larvas de la mosca soldado negra en un sustrato con el 65% de pulpa de café y 35% de residuos de la industria cárnica (Vargas-Serna et al., 2025).

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Composición nutricional		
Humedad	(%)	3,38 ± 0,12
Grasas	(% en base seca)	21,08 ± 1,19
Proteína	(% en base seca)	52,95 ± 0,03
Cenizas	(% en base seca)	5,73 ± 0,33
Actividad del agua		0,41 ± 0,00
Recuento microbiológico		
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	< 10
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	200
Mohos y levaduras	UFC/g	7.200
<i>Salmonella</i>	UFC/25 g	Ausencia

20 kg de larvas de mosca soldado negra/t de pulpa fresca

3. Producción de hongos comestibles y nutraceuticos



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



Diferentes especies de hongos del género *Pleurotus* spp. (USD 8/kg)



Lentinula edodes
(Shiitake)

USD 15/kg fresco



Ganoderma lucidum
(Reishi)

USD 40/kg fresco



4. 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.



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



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



**Por cada 10 t de pulpa fresca se
pueden producir 113 kg de pectinas**

**Por cada 10 t de mucílago fresco se
pueden producir 77 kg de pectinas**

- 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.

**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 USD 28.000.**

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). USD 23.000/pulpa.
- 5,25 t de lombricompuesto fresco por el aprovechamiento del sustrato residual mediante lombricultura. USD 375.
- 148 kg de biomasa de lombriz para ser utilizada en la alimentación animal. USD 2.250.
- 1,68 t de hongos comestibles si la pulpa residual del proceso de obtención de pectinas se utiliza en su cultivo. USD 12,500.

5. Elaboración de productos base para diferentes aplicaciones



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Miel



Se pueden obtener 7,3 kg de miel por cada 100 kg de pulpa de café.

Se pueden obtener 9,9 kg de miel por cada 100 kg de mucílago de café.



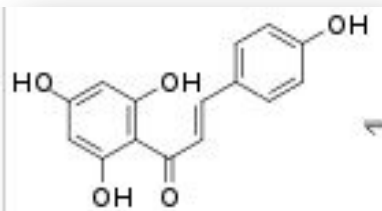
Levaduras



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 por cada 100 kg de pulpa de café.

Antioxidantes



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
Mucílago de café	5,21	6,26
Pulpa de café	11,25	24,83



6. Elaboración de harina de pulpa de café Producto base para diferentes aplicaciones



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA



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	3×10^3 UFC/g	5×10^3 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	5×10^2 UFC/g	1×10^3 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g	1×10^2 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>	1×10^3 UFC/g	Ausencia	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia

7. Alimentación animal con subproductos del café



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Pollos de engorde



Piscicultura



Porcicultura



***Ganadería de carne y
leche***



8. Elaboración de productos para alimentación humana (Repostería, galletería, panadería, dulcería)



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Galletas de mantequilla



Mermelada



Cocadas de pulpa



Torta o pastel



Pulpa en almíbar



Barras energizantes



9. Elaboración de bebidas calientes y frías para consumo humano



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Café de pulpa



Malteada



Bebida energizante



Helados



Bebida (leche, almidón de maíz)



10. Producción de biocombustibles



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Biogás



Bioetanol



Biohidrógeno



Biocarbón



Astillas de madera



Subproducto	Contenido energético	Producción	Referencia
Pulpa	15,88 MJ/kg pulpa seca. Combustible sólido (Pulpa seca).	162.900 t*	Porres et al., 1987
	2,10 MJ/kg pulpa fresca. 9,57 MJ/kg pulpa seca. Combustible sólido (Carbón).		Adaptado de Reynes, 1990
	1,23 MJ/kg pulpa fresca. 5,60 MJ/kg pulpa seca. Combustible gaseoso (Biogás).		Adaptado de Jacquet, 1990
	0,53 MJ/kg pulpa fresca. 2,42 MJ/kg pulpa seca. Combustible líquido (Bioetanol).		Adaptado de Rodríguez & Zambrano, 2010
Mucilago	2,43 MJ/kg mucilago fresco. 23,13 MJ/kg mucilago seco. Combustible gaseoso (Biogás).	55.510 t*	Adaptado de Rodríguez & Zambrano, 2010
	1,23 MJ/kg mucilago fresco. 11,72 MJ/kg mucilago seco. Combustible líquido (Bioetanol).		Adaptado de Rodríguez & Zambrano, 2010
Cisco	17,94 MJ/kg cisco. Combustible sólido (Cisco.)	16.450 t*	Roa et al., 1999
	3,81 MJ/kg cisco. Combustible sólido (Briqueta).		Adaptado de Manrique, 2018
Tallos	17,51 MJ/kg tallo seco. Combustible sólido (Tallo seco).	3.200 kg/ha-año (Rodríguez & Zambrano, 2010)	Romo et al., 2011
	10,50 MJ/kg tallo seco. Combustible sólido (Carbón).		Adaptado de Reynes, 1990
	6,53 MJ/kg tallo seco. Combustible líquido (Bioetanol).		Adaptado de Agudelo, 2002
	14,06 MJ/kg tallo (10-15% de humedad). Combustible gaseoso (Syngas).		Oliveros et al., 2017
	0,79 kWh/ kg tallo (10-15% de humedad). Energía eléctrica		Oliveros et al., 2017

Filtros verdes con cero descargas para el manejo de las aguas residuales de las fincas cafeteras



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

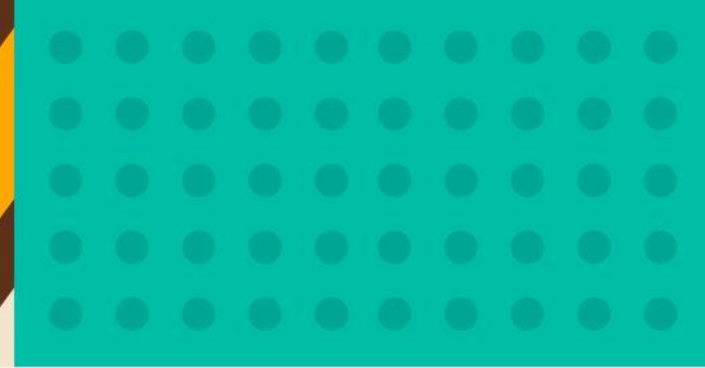
Conclusión

Durante el 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.

A través de la aplicación de los principios de la bioeconomía circular, los subproductos se pueden transformar en coproductos con valor agregado con aplicación en las áreas de nutrición vegetal, alimentación humana y animal, farmacéutica, cosmetología, energía renovable, construcción, industria química, entre otros.

La bioeconomía circular contribuye a la rentabilidad de la caficultura y a la conservación de sus ecosistemas generando «Beneficios para el productor y beneficios para el ambiente».





Gracias por su atención



XXVI SIMPOSIO
LATINOAMERICANO
DE CAFICULTURA

Contacto

Nelson Rodríguez Valencia
Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)
Colombia
eMail: Nelson.Rodriguez@cafedecolombia.com

