



Cenicafé[®]
Centro Nacional de Investigaciones de Café



Bioeconomía circular

Usos de la pulpa de café en la elaboración de alimentos

Nelson Rodríguez Valencia
Marisol Giraldo Jaramillo
Cristian Camilo Arboleda Ospina
Samuel Antonio Castañeda



Bioeconomía circular

Usos de la pulpa de café en la elaboración de alimentos

Nelson Rodríguez Valencia*

Marisol Giraldo Jaramillo**

Cristian Camilo Arboleda Ospina***

Samuel Antonio Castañeda***

*Investigador Científico III. Disciplina de Poscosecha,

** Investigador Científico I. Disciplina de Entomología,

***Asistente de Investigación y Auxiliar de investigación respectivamente.

Disciplina de Poscosecha



COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Germán Ávila Plazas

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Martha Viviana Carvajalino Villegas

Ministro de Comercio, Industria y Turismo (designada)
Diana Marcela Morales Rojas

Director del Departamento Nacional de Planeación
Natalia Irene Molina Posso

Asesor del Gobierno en Asuntos Cafeteros
Rogelio Andrés Rodríguez Castillo

Representantes Gremiales

Período 1° enero/2023–31 diciembre/2026
Jorge Alberto Posada Saldarriaga (Antioquia)
José Alirio Barreto Buitrago (Boyacá)
Eugenio Vélez Uribe (Caldas)
Danilo Reinaldo Vivas Ramos (Cauca)
Marco Tulio García (Cesar-Guajira)
Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)
Ruber Bustos Ramírez (Huila)
Javier Mauricio Tovar Casas (Magdalena)
Jesús Armando Benavides Portilla (Nariño)
Armando Amaya Álvarez (Norte de Santander)
Carlos Alberto Cardona Cardona (Quindío)
Luis Miguel Ramírez Colorado (Risaralda)
Héctor Santos Galvis (Santander)
Carlos Sánchez Serrano (Tolima)

Gerente General

Germán Alberto Bahamón Jaramillo

Gerente de Operaciones

Carlos Arturo Azuero Perdomo

Gerente Financiero y Recursos Organizacionales

Reynaldo Díaz Medina

Gerente Comercial

Esteban Ordoñez Simmonds

Gerente Técnico

Gerardo Montenegro Paz

Director Investigación Científica y Tecnológica

Álvaro León Gaitán Bustamante

COMITÉ EDITORIAL CENICAFÉ

Marco Aurelio Cristancho A.
Ph.D. Microbiólogo. Fitopatología, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.
Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

Aída Esther Peñuela M.
Ph.D. Ing. Alimentos. Poscosecha, Cenicafé

Diana María Molina V.
Ph.D. Bacterióloga. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Luis Fernando Salazar G.
Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Sandra Milena Marín L.
Secretaría Técnica Comité Editorial, revisión de textos y corrección de estilo
M.Sc., Esp., Ing. Agrónoma. Divulgación y Transferencia, Cenicafé

Editor Web

Miguel Alfonso Castiblanco C.
M.Sc., Bibliotecólogo/Ing. de Sistemas, Documentación, Cenicafé

Diseño y diagramación

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Archivo Cenicafé
Figuras de apoyo Pág. 37, 65 a 74: Oscar Jaime Loaiza E. Herramienta de Generación de Base: Gemini (Google AI).

Impreso por

Capital Graphic SAS



Licencia Creative Commons CC de Atribución–sin derivar–no comercial por la que este material puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros solo si se muestra en los créditos. No se puede realizar obras derivadas y no se puede obtener ningún beneficio.

ISBN 978-958-8490-78-6
ISSN 978-958-8490-79-3 (En línea)
DOI 10.38141/cenbook-0078

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Cenicafé–FNC–2025

Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Rodríguez Valencia, Nelson, autor

Bioeconomía circular : usos de la pulpa de café en la elaboración de alimentos /
Nelson Rodríguez Valencia [y otros tres]. – Manizales, Caldas : Cenicafé, [2025].
124 páginas.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-8490-78-6 -- 978-958-8490-79-3 (PDF)

1. Industria del café - Producción - Investigaciones - Colombia 2. Pulpa de café
como alimento para animales - Industria 3. Bioeconomía - Colombia 4. Café - Mercadeo -
Investigaciones - Colombia I. Giraldo Jaramillo, Marisol, autora II. Arboleda Ospina, Cristian
Camilo, autor III. Castañeda, Samuel, autor

CDD: 338.1737309861 ed. 23

CO-BoBN– a1161473

Este Libro es el resultado de los proyectos de investigación relacionados con el aprovechamiento de los subproductos del café (2000 - 2025), a través de los proyectos QIN3601 "Investigación básica sobre el cultivo de hongos tropicales en residuos agroindustriales de la zona cafetera colombiana" (2000-2003), RNC2501 "Transformación de la pulpa de café mediante larvas de la mosca *Hermetia illucens*" (2011-2013), POS106002 "Evaluación de métodos de transformación de la pulpa de café" (2015-2016), POS106007 "Evaluación de acelerantes para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico (2022-2025) bajo el Subprograma POS10600 "Valorización de subproductos", financiado por el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) (Crossref Funder ID 100019597).

Citación sugerida:

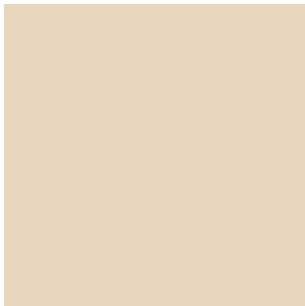
Rodríguez-Valencia, N., Giraldo-Jaramillo, M., Arboleda-Ospina, C. C., & Castañeda, S. A. (2025). *Bioeconomía circular. Usos de la pulpa de café en la elaboración de alimentos*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0078>

Contenido

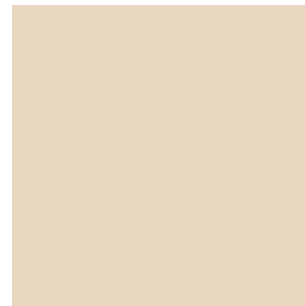
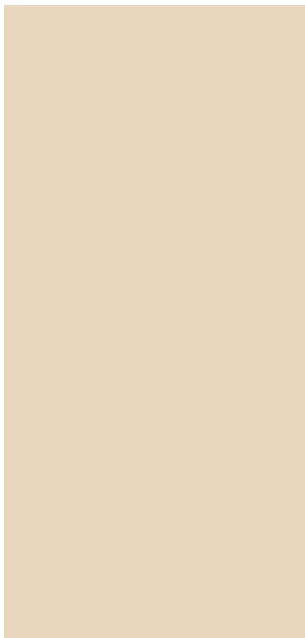
La pulpa de café	9
Presentación	11
Introducción	12
Generalidades sobre la pulpa de café	13
Composición de la pulpa de café	14
Obtención de la pulpa de café	14
Prácticas para la obtención de una pulpa de café inocua	16
Recuentos microbiológicos en pulpa de café	18
Utilización de la pulpa de café	23
Productos alimenticios para consumo humano obtenidos a partir de la pulpa de café fresca	25
Pulpa de café en almíbar	26
Mermelada de pulpa de café	28
Barra energizante de pulpa de café	30
Hojuelas de pulpa de café	32
Utilización de la pulpa de café en alimentación animal	34
Alimentación de pollos	34
Alimentación de peces	35
Alimentación de cerdos	35
Alimentación de ganado de carne y leche	35
Alimentación de cuyes	35
Alimentación animal con pulpa de café ensilada	36
Utilización de la pulpa de café en la producción de proteína animal	36
Producción de lombriz roja utilizando pulpa de café	36
Elaboración de la harina de lombriz roja	38
Alimentación animal con harina de lombriz roja	39
Producción de larvas de la mosca soldado negra utilizando pulpa de café	41
Elaboración de harina de larvas de la mosca soldado negra	43
Alimentación animal con harina de larvas de la mosca soldado negra	46

Cultivos en pulpa de café	49
Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café	51
Producción de semilla de los hongos	53
Proceso de adecuación de la pulpa de café	54
Inoculación de la pulpa	56
Incubación	56
Fructificación	56
Cosecha	57
Manejo de poscosecha	57
Manejo de subproductos	61
Recetas que incorporan el uso de hongos ostra	63
Cultivo de hongos medicinales en pulpa de café	74
Manejo de los subproductos	76
Harina de pulpa de café y sus usos	77
Harina de pulpa de café	79
Obtención de la harina de pulpa de café	80
Composición de la harina de pulpa de café	81
Usos de la harina de pulpa de café	82
Uso de la harina de pulpa de café en alimentación animal	84
Uso de la harina de pulpa de café en alimentación humana	84
Uso en Panadería, Galletería y Repostería	84
Galletas de mantequilla con harina de pulpa de café	85
Torta con harina de pulpa de café	87
Torta de pastores con pulpa de café	89
Pan con harina de pulpa de café	91
Tostadas con harina de pulpa de café	93
Uso en elaboración de infusiones, bebidas energizantes y coladas	95
Infusión caliente a partir de harina de pulpa de café	95
Bebidas energizantes a partir de harina de pulpa de café	96
Colada con harina de pulpa de café	97
Helado con infusión de pulpa de café	99

Dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones	101
Malteada de dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones	104
Consideraciones finales	107
Literatura citada	113



La pulpa de café



Presentación

Durante la etapa de despulpado en el beneficio del café, en las fincas cafeteras, se generan grandes cantidades de pulpa de café (cáscara o exocarpio del fruto), que en peso fresco representa casi la mitad del fruto.

Por cada tonelada de frutos de café se generan alrededor de 450 kg de pulpa, la cual tiene un costo implícito asociado a la etapa de recolección. Por esto resulta importante buscar un valor agregado, con el fin de contribuir a la rentabilidad del negocio cafetero. Para ilustrar este aspecto, la pulpa de café generada en el beneficio de un kilogramo de frutos de café tiene un costo equivalente al 45% de lo que el productor pagó por la recolección del mismo. Por lo que la pulpa no debe considerarse un residuo, sino una materia prima con potencial para la elaboración de productos de valor agregado.

Tradicionalmente, en las fincas cafeteras, la pulpa de café se ha manejado trasladándola a un área techada para transformarla, mediante volteos, en abono orgánico. Sin embargo, este proceso se realiza sin un control de calidad que garantice la estabilidad y madurez del material, lo que puede generar efectos fitotóxicos durante su uso.

En ocasiones, la pulpa de café fresca se dispone en masa a cielo abierto para su descomposición, lo que provoca problemas de contaminación del suelo y de cuerpos de agua superficiales y subterráneos debido a los lixiviados generados, así como el arrastre de sustancias por las aguas de lluvia. Además esta práctica contribuye a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el metano, el dióxido de carbono y el óxido nitroso, por la falta de volteos que permitan una descomposición aeróbica y que contribuyen al calentamiento global. En otros casos, la pulpa de café se dispone fresca, de manera localizada, en surcos de cultivos,

buscando que actúe como un fertilizante orgánico, pero al no ser aún un material estable y maduro, puede ocasionar impactos ambientales negativos en los recursos naturales.

Adicionalmente, la pulpa de café en su estado natural y fresco posee una composición físico-química y microbiológica que la hace apta como materia prima para la elaboración de un gran número de productos de valor agregado, pero para alcanzar este objetivo, es necesario que el proceso de beneficio del fruto de café se realice adoptando las 7P® (Peñuela-Martínez et al., 2022), un grupo de siete prácticas que deben realizarse durante el beneficio para obtener café de buena calidad y que, adicionalmente, permiten obtener un producto con su valor nutricional intacto, pues al provenir de un proceso en el cual el despulpado y el transporte de la pulpa se realiza sin el uso del agua, se evita la pérdida de importantes sustancias presentes en la misma y que pueden ser solubilizadas

o arrastradas por el agua, como el caso de carbohidratos y compuestos funcionales (antioxidantes).

En la presente publicación se describe el proceso que debe seguirse para la obtención de una pulpa de café inocua, que pueda ser utilizada como materia prima para la elaboración de alimentos tanto para consumo humano como para consumo animal, ya sea en estado fresco o deshidratada, entera o en forma de harina. Además, se presentan recetas sencillas para elaborar diferentes productos alimenticios, que pueden ser incorporados en las dietas para consumo humano en la finca o para su comercialización local, regional, nacional e internacional.

De esta manera la pulpa de café puede entrar en el círculo de la bioeconomía, en un modelo de producción sostenible en el cual este residuo no se considere un desecho sino, por el contrario, materia prima para la elaboración de nuevos productos.

Introducción

En la producción de café, como en la mayoría de la producción agrícola, es mayor la cantidad de biomasa que queda en forma de residuo que la que se aprovecha directamente en el producto principal. Por cada kilogramo de fruto fresco de café, sólo se aprovecha el 8% en la preparación de la bebida, el 92% restante lo constituye el agua y la biomasa que queda en forma de residuo durante el proceso de beneficio del fruto (pulpa, mucílago, agua), trilla del grano (cascarilla), torrefacción del grano (película plateada, material volátil, agua) y preparación de la bebida (borra) (Rodríguez, 2023).

Actualmente, existe una creciente conciencia social sobre la importancia de lograr una producción y un consumo responsable de bienes y servicios que permitan una sostenibilidad ambiental, social y económica.

La bioeconomía circular es una estrategia que busca generar crecimiento económico, optimizando el uso de recursos, incrementando la vida útil de los productos y reduciendo los impactos ambientales negativos, y en la cual los residuos no son vistos como un desecho sino como recursos para alcanzar un desarrollo económico sostenible.

La huella ecológica es un indicador que se utiliza para conocer el grado del impacto de la sociedad sobre el ambiente, mide la rapidez con la que se consumen recursos y se generan desechos, comparado con que tan rápido la naturaleza puede absorber los desechos y generar nuevos recursos.

El valor de la huella ecológica registra que la humanidad está sobreexplotando el planeta al menos en un 75%, equivalente a vivir en 1,75 planetas Tierra. Tal exceso está deteriorando gravemente la salud del planeta y, con ello, las propias perspectivas del futuro de la humanidad (WWF; 2022). Según datos ofrecidos por el informe de los recursos globales (UNEP, 2024), en la última mitad del siglo XX la población mundial se duplicó (y se espera alcanzar los 9.300 millones de habitantes en el año 2050). Así mismo, la extracción de materiales se ha triplicado, lo que ha ocasionado el 90% de la pérdida de la biodiversidad relacionada al suelo, además de generar la mitad de los impactos climáticos globales.

El aprovechamiento de la biomasa residual del café para la elaboración de alimentos para consumo humano y animal, de abonos orgánicos y de productos para la industria de la construcción, farmacéutica y cosmética, entre otras, contribuye a consolidar la bioeconomía circular como estrategia de producción responsable.

A través de la bioeconomía circular se logra reducir la huella ecológica, ya que, en la misma área de cultivo donde se obtuvo el producto principal, se dispone de la biomasa para

la generación de nuevos productos (alimentos, bioenergía, bioabonos), disminuyendo la necesidad de extracción de materiales (por tenerlos disponibles en la biomasa residual). De este modo se contribuye a mantener la sostenibilidad ambiental, evitando impactos negativos sobre los recursos naturales (agua, suelo, aire, biodiversidad) y reducir los valores de las huellas hídrica, de carbono, ecológica y ambiental, al requerirse menos agua y generarse menos GEI en la cadena de producción de los nuevos productos obtenidos a partir de la biomasa residual.

Generalidades sobre la pulpa de café

La pulpa de café se origina en la etapa de despulpado del fruto, la cual se realiza en máquinas despulpadoras ya sean de cilindro horizontal o vertical. De acuerdo con Montilla (2006), representa, en base húmeda, el 43,58% del peso del fruto fresco, es decir, casi la mitad del mismo.

Rodríguez (2023) reporta que la producción media anual de pulpa de café en las fincas cafeteras de Colombia es de aproximadamente 2,60 toneladas frescas por hectárea. Por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que se exportan, en el beneficio se generan aproximadamente 162.900 toneladas de pulpa de café fresca que, de no utilizarse de forma apropiada, producirían una contaminación equivalente a la generada anualmente por una población de 871.500 habitantes en aguas residuales domésticas (Rodríguez, 2023).

Composición de la pulpa de café

La composición físico-química y microbiológica de la pulpa de café hace que se constituya en una materia prima apropiada para la elaboración de diferentes productos de valor agregado, tales como: abonos orgánicos, proteína animal, hongos comestibles y nutracéuticos, biocombustibles (sólidos, líquidos y gaseosos), pectinas de bajo metoxilo, piensos para la alimentación animal (ganado de leche y carne, aves de corral, cerdos y peces), bebidas estimulantes y golosinas para consumo humano, entre otros usos (Rodríguez, 2023).

En la Tabla 1 se presentan los rangos de valores encontrados para diversos parámetros evaluados en diferentes caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas de pulpa de café (*Coffea arabica*) realizadas en Cenicafé, permitiendo determinar que es un subproducto con un alto contenido de humedad (superior

al 76%) y un bajo valor de pH (inferior a 4,20), es decir, es un subproducto ácido con altos contenidos de materia orgánica, fibra cruda, celulosa y lignina. Adicionalmente, tiene contenidos importantes de azúcares reductores, cafeína, antioxidantes, cenizas, grasas, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio (Rodríguez, 2023).

La pulpa de café que se utilice en la alimentación humana o animal debe provenir de cultivos orgánicos o de aquellos en los cuales se respete el período de carencia, cuando se emplean agroquímicos. El período de carencia se define como el tiempo mínimo que debe transcurrir entre la última aplicación del agroquímico utilizado en el cultivo y la recolección del fruto de café; esta información se encuentra en la etiqueta del producto comercial. Esto es importante ya que de esta forma se asegura que la pulpa no estará contaminada con productos químicos y será inocua.

Obtención de la pulpa de café

La pulpa de café utilizada como materia prima para la elaboración de diferentes productos debe obtenerse mediante la aplicación del Proceso 7P® (Peñuela-Martínez et al., 2022), que corresponde a un grupo de prácticas que se usan en el beneficio para obtener café de buena calidad.

De las 7P del proceso de beneficio, tres de ellas son fundamentales para obtener pulpa de café de excelente calidad físico-química e

Tabla 1. Composición físico-química y microbiológica de la pulpa de café fresca (*C. arabica*). Fuente: Rodríguez (2023).

Parámetro	Unidades	Rango de valores
Parámetros físico-químicos		
pH	Unidades	3,60 – 4,40
Humedad	%	74,83 – 79,50
Materia seca	%	20,50 – 25,17
Materia orgánica	% base seca	89,50 – 93,56
Energía	kcal/100 g secos	382 – 387
Nitrógeno	% base seca	1,25 – 1,76
Proteína	% base seca	7,81 – 11,00
Cenizas	% base seca	6,44 – 10,50
Fibra	% base seca	11,43 – 19,40
Grasa	% base seca	1,60 – 5,78
Celulosa	% base seca	17,70 – 29,51
Hemicelulosa	% base seca	2,30 – 4,63
Lignina	% base seca	16,85 – 17,50
Cafeína	% base seca	0,75 – 2,26
Taninos	% base seca	3,70 – 7,73
Azúcares reductores	% base seca	12,40 – 20,58
Azúcares no reductores	% base seca	2,00–4,77
Carbohidratos totales	% base seca	72,72 – 84,15
Potasio	% base seca	1,77 – 3,03
Calcio	% base seca	0,25 – 0,55
Magnesio	% base seca	0,05 – 0,14
Fósforo	% base seca	0,10 – 0,25
Hierro	% base seca	0,008 – 0,03
Parámetros microbiológicos		
Aerobios mesófilos	UFC/g	2x10 ⁶ – 5x10 ⁷
Actinomicetos	UFC/g	2x10 ⁴ – 1x10 ⁷
Mohos y levaduras	UFC/g	4x10 ⁶ – 3x10 ⁸

inocuidad microbiológica, estas son: *Práctica 1: "Asegure la calidad de la recolección del café"*; una recolección de buena calidad se caracteriza por tener más del 85% de frutos maduros y menos del 2,5% de frutos verdes, la eficacia de la recolección puede supervisarse en el campo utilizando el método Mediverdes® (Guerrero et al., 2022) y para la comprobación de los estados de madurez por color del fruto se utiliza el Cromacafé® (Peñuela-Martínez et al. 2022), con la adopción de esta práctica se obtiene una pulpa de café con buenos contenidos de azúcares reductores y grupos funcionales (antioxidantes, fibra dietética); *Práctica 3: "Retire frutos y granos de inferior calidad"*, con la adopción de esta práctica de clasificación se obtiene mayor homogeneidad en la pulpa y se disminuyen los riesgos de contaminación cruzada; *Práctica 4 "Limpie y calibre los equipos para el beneficio de café"*, se requiere que la máquina despulpadora esté limpia, sin residuos de procesos anteriores y

que el despulpado se realice sin el uso de agua, con el fin de conservar los contenidos químicos presentes en la pulpa de café, que se perderían, en parte, en el agua de despulpado y que impactarían de forma negativa el ecosistema cafetero, si los vertidos no son tratados adecuadamente, además de afectar la rentabilidad del negocio cafetero dada la necesidad de implementar sistemas de tratamiento para este tipo de residuos.

Prácticas para la obtención de una pulpa de café inocua

La inocuidad se refiere a la garantía de que un producto utilizado como alimento o medicamento no cause daño a la salud del consumidor. La pulpa de café es un subproducto con alto contenido de nutrientes y compuestos orgánicos que pueden ser utilizados por microorganismos presentes en el ambiente, como sustratos para su crecimiento, generando una contaminación microbiana que puede alterar la inocuidad de la pulpa 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 la pulpa de café fresca con microorganismos presentes en el ambiente. Seguidamente, la adopción e implementación de buenas prácticas de manufactura en la manipulación y elaboración de productos a partir de la pulpa de café, contribuyen a mantener su inocuidad.

El aseguramiento de la inocuidad de la pulpa de café debe realizarse en las etapas de cultivo, recolección de los frutos, transporte, beneficio y transformación.

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) que permita la degradación de los ingredientes activos del agroquímico o que su concentración esté por debajo de los valores que ocasionen daño a la salud. El período de carencia debe aparecer en la etiqueta

Tabla 2. Tiempo de carencia de los principales agroquímicos utilizados en el cultivo de café.

del producto. En la Tabla 2 se presentan los tiempos de carencia para diferentes productos químicos utilizados en el cultivo de café con el fin de conservar la inocuidad tanto del grano como de los subproductos generados.

Es recomendable evitar el contacto directo de los frutos de café con el suelo y mantener limpios los diferentes utensilios usados en la recolección de los frutos. Es importante asegurar el uso de empaques limpios para el transporte de los frutos hasta el beneficiadero, evitando el contacto de estos con superficies que puedan ser focos de contaminación.

Ingrediente activo de productos con registro ICA	Período de carencia en café (días)
Insecticidas	
Clorantraniliprole + Thiametoxam	14
Cyantraniliprole	7
Isocycloseram	21
Ethiprole	40
Fungicidas	
Thiametoxam + Cyproconazole	14
Cyproconazole	15
Pyraclostrobin	7
Azoxytrobin + Cyproconazole	15
Hexaconazole	35
Flutriafol + Azoxytrobin	15
Herbicidas	
2,4D	30
Glifosato	20
Glufosinato de amonio	20
Oxyfluorfen	16

Durante el proceso de beneficio de café, se recomienda usar agua limpia en las etapas que se requiera el uso de este recurso (clasificación, lavado de los equipos, lavado del grano, entre otros). Se define el agua limpia como aquella que está libre de color, olor y sabor. Cuando el agua utilizada no es limpia, se convierte en un foco de contaminación que puede afectar la inocuidad tanto del grano como de la pulpa de café. Este tipo de agua puede contener bacterias coliformes fecales como *Escherichia coli*, la cual es un patógeno que puede ocasionar enfermedades digestivas. El uso del agua limpia en el beneficio de café asegura la calidad tanto del grano como de la pulpa de café.

Mantenga en buenas condiciones de aseo y funcionamiento los equipos de secado de la pulpa de café, con el fin de evitar contaminación cruzada y el crecimiento de microorganismos indeseados a causa de partículas de pulpa de procesos anteriores, que pueden quedar atrapadas en los poros de las mallas de secado.

Se ha observado que, para evitar un crecimiento de microorganismos indeseados en la pulpa de café, la temperatura de secado debe ser entre 45°C y 50°C, pues a temperaturas mayores a 45°C se inhibe el crecimiento de gran parte de microorganismos mesófilos.

Una forma de asegurar la inocuidad y la calidad microbiológica de la pulpa de café, es mediante una inspección constante de su color, con el fin de reconocer signos que indiquen

la presencia de microorganismos indeseados. Mohos del género *Penicillium*, *Aspergillus* y *Mucor* son frecuentes en ambientes húmedos y cálidos, típico de zonas cafeteras (Morales, 2011). Estos microorganismos suelen colonizar la pulpa de café en la fase de secado, cuando esta no es adecuada, reconociéndose manchas blancas o verdes algodonosas sobre la pulpa de café, lo que afecta su calidad microbiológica.

Debe retirarse inmediatamente los lotes de pulpa que se vean afectados por estos mohos y disponerlos para un proceso de compostaje para obtener abono orgánico y lavar los secadores antes del procesamiento de nuevos lotes de pulpa, con el fin de evitar contaminación cruzada.

Recuentos microbiológicos en pulpa de café

Durante el proceso de obtención de la pulpa de café y su transformación en nuevos productos (harina de pulpa, mermeladas, caramelos, entre otros) puede presentarse contaminación cruzada con microorganismos que pueden afectar su calidad e inocuidad, por lo que es necesario hacer un recuento de las poblaciones microbianas que puedan generar algún riesgo de salubridad, para garantizar un producto de calidad (García et al., 2024). El Ministerio de Salud y Protección Social en la Resolución 1407 del 2022 define cuales son los microorganismos controlados en los alimentos y sus cantidades máximas permitidas. Define que, para las harinas y mezclas

crudas debe cuantificarse la cantidad de mohos y levaduras, que no deben tener un recuento mayor a 3×10^3 Unidades Formadoras de Colonia (UFC)/g, *Escherichia coli* no debe tener un recuento mayor a 10 UFC/g, en *Bacillus cereus* el recuento debe ser menor a 5×10^2 UFC/g y *Salmonella* spp. debe estar ausente en 25 gramos. En el caso de mermeladas, se exige que el recuento de mohos y levaduras no sea mayor a 50 UFC/g. Para caramelos blandos y duros, el recuento de mohos y levaduras debe ser menor a 3×10^2 UFC/g, las enterobacterias deben ser menores a 10^2 UFC/g y *Salmonella* spp. debe estar ausente en 25 gramos.

Estos recuentos deben realizarse a través de medios de cultivo selectivos para el crecimiento de cada grupo funcional. Para el recuento de los mohos y levaduras, se recomienda utilizar el Agar PDA (Papa-Dextrosa-Agar); para *Escherichia coli* se recomienda el agar EMB (Eosina Azul de Metileno) o Chromocoult; para enterobacterias el agar McConkey; para *Bacillus cereus* el agar *Bacillus cereus* o agar MYP (Manitol Yema de Huevo); y para *Salmonella* el agar SS (Salmonella-Shigella). En el caso de las enterobacterias, puede hacerse uso de agares McConkey o Chromocoult selectivo para este grupo funcional. Estos medios de cultivo pueden adquirirse ya preparados en cajas de Petri de un solo uso o adquirir los agares en polvo para su preparación (Forbes et al., 2009).

Para realizar el análisis microbiológico de la pulpa de café, se recolectan alrededor de 100 g por cada lote procesado, utilizando

herramientas y utensilios estériles y sellados. Se recomienda procesar las muestras de manera inmediata, en caso de no ser posible, las muestras deben conservarse en refrigeración por un período no mayor a 48 horas y procesarse en el menor tiempo posible. Para la dilución de las muestras se utiliza caldo peptonado estéril al 0,5%, en el cual se siembran 10 g de la muestra en 100 mL de caldo (Figura 1A), agitando de manera constante por dos horas. Pasado este tiempo, se toma con una pipeta estéril 1,0 mL del líquido reposado y se inocula en 9,0 mL del mismo caldo servido en tubos de ensayo (Figura 1B) y se repite el procedimiento hasta tres secuencias, con el fin de tener diluciones 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} (Figura 1C). De cada dilución se siembran 0,1 mL en diferentes placas de Petri con agar PDA, agar EMB, agar *Bacillus cereus* y agar SS (tres placas por medio, 12 placas en total por cada muestra) y se dejan por 48 horas a una temperatura de incubación de 32°C (Figura 1D), realizando lecturas a las 24 y 48 horas (Blandón et al., 1998).

Para realizar el análisis microbiológico a las mermeladas y a los caramelos, deben recolectarse 100 g del producto por cada lote procesado. La toma, el manejo de las muestras y las diluciones se hacen de la misma forma que se detalló para la pulpa de café. Para las mermeladas, de cada dilución se siembran 0,1 mL en tres diferentes cajas de Petri con agar PDA (tres cajas de Petri en total por muestra procesada) y se dejan por 48 horas a una

temperatura de 32°C, haciendo lectura a las 24 y 48 horas. Para los caramelos elaborados, de cada dilución se siembran 0,1 mL en tres diferentes cajas de Petri con agar PDA, tres cajas de Petri con agar McConkey, y tres cajas de Petri con agar SS (nueve cajas de Petri en total por muestra procesada) y se dejan por 48 horas a una temperatura de 32°C, haciendo lecturas a las 24 y 48 horas.

La lectura de los resultados consiste en realizar un conteo de las colonias que han crecido en los medios de cultivo y un reconocimiento de cada microorganismo objetivo por su morfología y color. Cada

medio de cultivo y cada fabricante tiene especificaciones de la morfología esperada para cada microorganismo. Es importante para cada conteo, tener en cuenta la dilución que se sembró y hacer la conversión a las unidades expresadas por la norma, teniendo en cuenta que entre cada dilución se multiplica por diez.

Es muy importante tener buenas prácticas microbiológicas para evitar falsos positivos de microbios ambientales que puedan contaminar los medios de cultivo usados. Es necesario usar en cada proceso medios de cultivo y materiales esterilizados a través de calor a 121°C por al menos 15 minutos. Además, es necesario desinfectar todas las superficies en las que se realizará el análisis y en la medida de lo posible, usar ambientes cerrados como una cabina de cultivo. Es primordial que el analista use guantes, tapabocas y gorro para evitar la contaminación de los medios de cultivo con bacterias nativas de la piel. Es posible que los productores realicen análisis básicos para tener una aproximación a la calidad microbiológica de sus productos, pero es obligante que se envíen las muestras a un laboratorio certificado para obtener resultados confiables para la distribución e industrialización de los productos (Forbes et al., 2009).

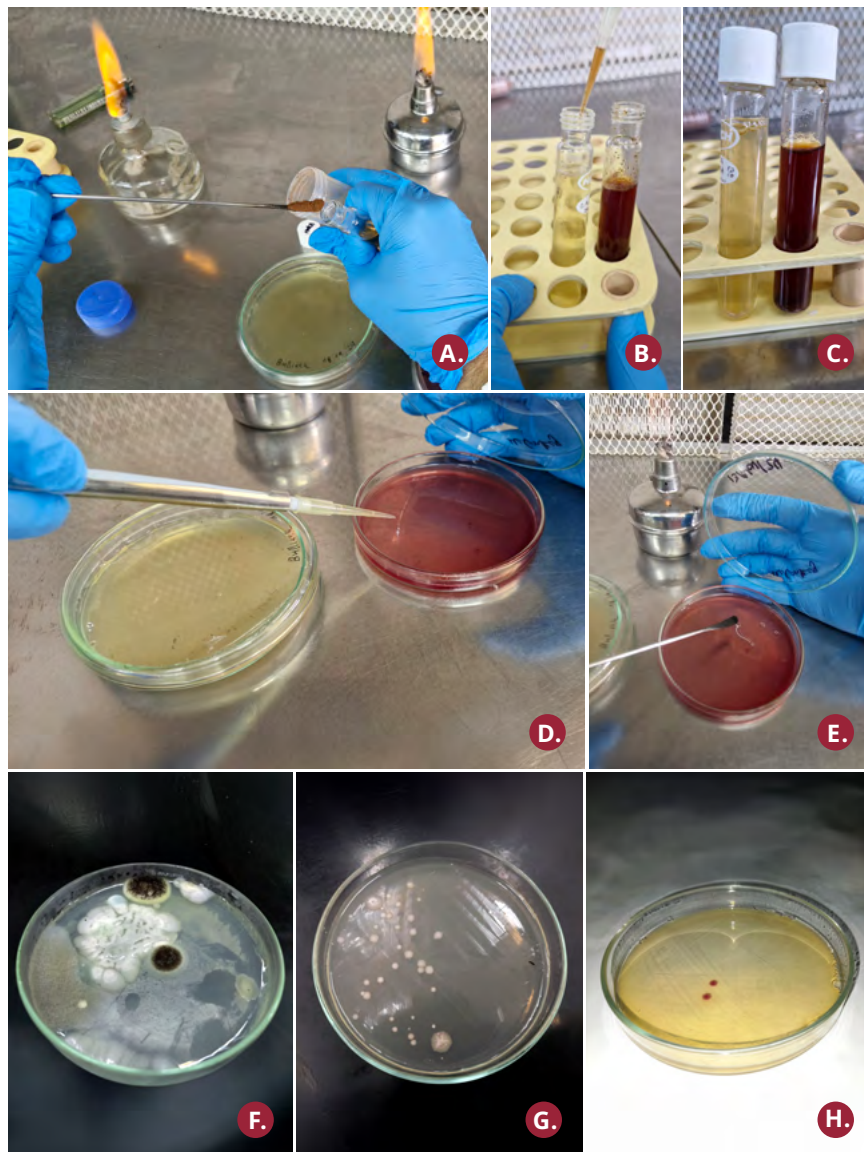
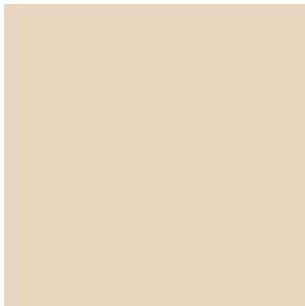
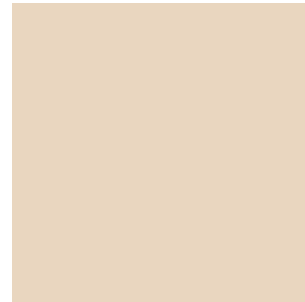
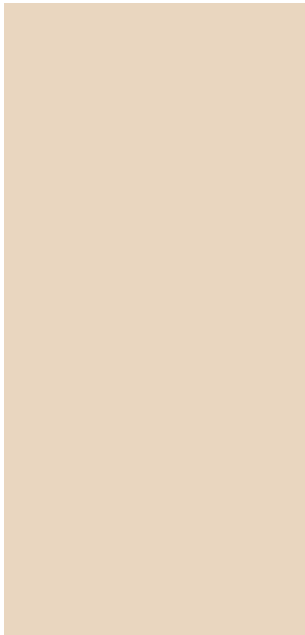


Figura 1. Recuentos microbiológicos en pulpa de café. **A.** Dilución de la muestra en caldo peptonado. **B.** Dilución de la muestra en tubos de ensayo de 10 mL. **C.** Dilución 10^{-2} y 10^{-3} de la muestra a analizar. **D.** Inoculación de las diluciones en agares selectivos. **E.** Siembra por extensión de los microorganismos con espátula microbiológica. **F.** Dilución 10^{-2} de una muestra con alta población de mohos y levaduras. **G.** Dilución 10^{-3} de una muestra con una población moderada de mohos y levaduras. **H.** Aspecto de colonias de Enterobacterias en Agar Brilliance.



Utilización de la pulpa de café



Productos alimenticios para consumo humano obtenidos a partir de la pulpa de café fresca

La pulpa de café recién generada, proveniente de un proceso de beneficio con la aplicación del Proceso 7P® y obtenida sin la utilización de agua en las etapas de despulpado y transporte de la misma, puede utilizarse entre otros usos, para la producción de vinos secos, pulpa en almíbar o mermeladas, aprovechando su alto contenido de azúcares reductores, que se conservan al no estar en contacto con el agua. Con el fin de evitar contaminación cruzada que pueda alterar la inocuidad de la pulpa, se recomienda que todos los utensilios y superficies que estén en contacto con la pulpa permanezcan limpios e higiénicos. En caso de que la pulpa no se utilice de forma inmediata puede congelarse para su posterior uso. Entre las recomendaciones están: manipular la pulpa con guantes limpios y eliminar impurezas como cáscaras verdes, ramas, hojas, granos despulpados, de forma que se obtenga una masa homogénea y de calidad para la elaboración de los productos.

A continuación, se describen una serie de productos que pueden hacerse con la pulpa, con las instrucciones de su preparación.

Pulpa de café en almíbar

Es un dulce con un sabor muy similar al de las brevas en almíbar, que puede servirse solo como postre o acompañado de queso fresco o dulce de leche.



Figura 2. Pulpa de café en almíbar.



Ingredientes

- 1,0 kg de pulpa de café recién generada (fresca o congelada).
- 1,5 kg de panela.
- Sal.
- Rayadura de limón.
- Canela.
- Clavos de olor.



Preparación

La pulpa de café recién generada o congelada y libre de impurezas se dispone en una olla a presión limpia y se le adiciona agua hasta cubrir el contenido y se cuece a presión durante 30 minutos. Durante

el proceso de cocimiento se le puede adicionar jugo de limón o un limón partido a la mitad. Una vez terminado el tiempo de cocción, se retira la olla de la fuente de calentamiento y se espera hasta que se despresurice, luego se coloca de nuevo a fuego medio y por cada kilogramo de pulpa de café se adicionan 1,5 kg de panela para obtener el almíbar, el cual debe quedar con una concentración mínima de 65°Brix (debe quedar un almíbar espeso y traslúcido y la pulpa bien impregnada de almíbar).

Durante el proceso de calado, puede adicionarse a la preparación rayadura de limón, canela en polvo, clavos de olor (que luego se retiran) y un poco de sal para equilibrar sabores. La mezcla debe revolverse constantemente para homogeneizar y evitar caramelización en el fondo del recipiente. Para envasar la pulpa en almíbar debe utilizarse un recipiente de vidrio previamente limpio y esterilizado. Verter la pulpa en almíbar, aún caliente, en los recipientes, tapar e invertir durante 12 horas para

realizar vacío y guardar hasta el momento de consumirlos. Si se quieren conservar durante un tiempo prologando, deben llevarse los frascos con el producto al baño María a ebullición durante 40 minutos, con el propósito de evitar su deterioro. La pulpa de café en almíbar puede disfrutarse como postre o en la elaboración de platos dulces o salados.

En la Figura 3 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de la pulpa de café en almíbar.



Figura 3. Proceso de producción de pulpa de café en almíbar.

Mermelada de pulpa de café

La mermelada es una pasta cocida y azucarada con una textura espesa y untable, elaborada de la pulpa de frutas que se utiliza como acompañante de galletas, tostadas, emparedados y en diferentes preparaciones culinarias. La pulpa de café tiene unas características especiales, como sus contenidos de azúcares reductores, sustancias antioxidantes, cafeína y pectinas, que permiten la elaboración de una mermelada con sabores y texturas muy particulares. La mermelada puede prepararse utilizando la pulpa de café como único ingrediente o adicionando otras frutas presentes en la finca (guayabas, naranjas) o adquiridas en el mercado (manzanas, piñas) para obtener diversidad de sabores; además, estas frutas acompañantes poseen pectinas que participan en el proceso de gelificación de la mermelada.



Figura 4. Mermelada de pulpa de café.



Ingredientes

- 1,0 kg de pulpa de café recién generada (fresca o congelada).
- Zumo de dos limones.
- 1,0 kg de azúcar.

- Sal.
- Pulpa de otras frutas (opcional). 0,5 kg/kg de pulpa.



Preparación

La pulpa de café recién generada o congelada y libre de impurezas se dispone en una licuadora, se le adiciona agua hasta cubrirla y se licúa con el fin de acondicionar su tamaño de partícula. Posteriormente, se coloca en un recipiente en cocimiento a fuego medio, adicionando 1,0 kg de azúcar y el zumo de dos limones por cada kilogramo de pulpa de café. También puede adicionarse manzana u otra fruta licuada a razón de 500 g/kg de pulpa de café. Durante el proceso de cocimiento puede adicionarse canela en polvo y un poco de sal para equilibrar sabores. La mezcla se revuelve con alguna frecuencia para homogeneizar y evitar caramelización en el fondo del recipiente. La concentración en grados brix de la mermelada debe ser mínimo de 65° (que puede comprobarse colocando un poco de mermelada en un

plato y haciendo una raya sobre ella; si la raya tarda unos cinco segundos o más en agrumarse, será señal de que la mermelada está lista. Si tarda menos tiempo, habría que dejarse cocer la mermelada por más tiempo). Para envasar la mermelada debe utilizarse un recipiente de vidrio previamente limpio y esterilizado. Verter la mermelada aún caliente en los recipientes, tapar e invertir durante 12 horas para realizar vacío y guardar hasta el momento de consumirla. Si se quiere conservar durante un tiempo prolongado, se deben llevar los frascos con el producto al baño María a ebullición durante 40 minutos para alargar su vida útil.

En la Figura 5 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de mermelada de pulpa de café.

Figura 5. Proceso de producción de mermelada de pulpa de café.



Barra energizante de pulpa de café

Es una barra de pulpa de café caramelizada con panela, la cual se constituye en un pasaboca nutritivo, fácilmente digerible, que contiene carbohidratos, vitaminas, minerales y cafeína, y puede ser consumida en cualquier momento.



Figura 6. Barra energizante de pulpa de café.



Ingredientes

- 1,0 kg de pulpa de café recién generada fresca o congelada.
- 1,5 kg de panela.
- Sal.
- Rayadura de limón.
- Canela.
- Clavos de olor.



Preparación

La pulpa de café recién generada o congelada y libre de impurezas se dispone en una olla a presión limpia y se le adiciona agua

hasta cubrir el contenido y se cuece a presión durante 30 minutos. Durante el proceso de cocimiento puede adicionarse jugo de limón o un limón partido a la mitad. Una vez terminado el tiempo de cocción, se retira la olla de la fuente de calentamiento y se espera hasta que se despresurice.

En un recipiente aparte se prepara un almíbar a 65°Brix utilizando panela (1,5 kg de panela por cada kilogramo de pulpa y 1,5 L de agua). Durante el proceso de preparación del almíbar puede adicionarse rayadura de limón, canela en polvo, clavos de olor (que luego se retiran) y un poco de sal para equilibrar sabores. Se revuelve la mezcla con alguna frecuencia para homogeneizar y evitar la caramelización en el fondo del recipiente. El almíbar a 65°Brix puede monitorearse de forma práctica en lo que se denomina "*almíbar a punto de bola blanda*", adicionando un poco en una pequeña cantidad de agua fría y observando cómo se forma una bola blanda (al contacto con los dedos).

Escorra la pulpa de café presente en la olla a presión y adiciónela sobre el almíbar recién preparado y deje enfriar. Posteriormente, escurra la pulpa en almíbar para retirar la miel en exceso y moldear las barras al tamaño y forma que se desee. Coloque a secar en horno a 60°C por, al menos, cinco horas y refrigerar por dos horas para endurecer el caramelo. La barra energética debe quedar con una consistencia crocante. Por último, envolver en un material que evite la adherencia del caramelo, como el papel mantequilla o papel parafilm. Se recomienda guardar en un ambiente fresco y seco para que no se derrita el caramelo.

En la Figura 7 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de las barras energizantes de pulpa de café.

Figura 7. Proceso de producción de barras energizantes de pulpa de café.



Hojuelas de pulpa de café

Las hojuelas son trozos secos, delgados y crocantes elaborados con pulpa de café caramelizada con panela, obteniendo un producto palatable y nutritivo, para ser consumido en porciones pequeñas a lo largo del día, que contiene azúcares, fibra, vitaminas y cafeína, el cual puede ser usado como snack energizante.



Figura 8. Hojuelas de pulpa de café.



Ingredientes

- 1,0 kg de pulpa de café recién generada.
- 1,0 kg de panela.
- Rayadura de limón.
- Canela.
- Clavos de olor.



Preparación

La pulpa de café recién generada y libre de impurezas se seca por medio de secado solar o mecánico hasta una humedad menor al 15%. En el caso de secado mecánico, la temperatura de secado debe ser

menor a 55°C, para conservar los nutrientes de la pulpa.

En un recipiente aparte se prepara un almíbar a 50°Brix utilizando panela (1,0 kg de panela por cada kilogramo de pulpa y 1,5 L de agua). Durante el proceso de preparación del almíbar puede adicionarse rayadura de limón, canela en polvo, clavos de olor (que luego se retiran) y un poco de sal para equilibrar sabores. La mezcla se revuelve constantemente para homogeneizar y evitar la caramelización en el fondo del recipiente.

Adicione la pulpa de café seca sobre el almíbar recién preparado hasta empaparla por completo y luego retire y escurra el exceso de miel (el cual puede recuperarse y almacenarse refrigerado para próximas preparaciones). Para lograr un producto crocante, se tuesta en un horno a 100°C por dos horas y se deja enfriar para endurecer el caramelo, el cual actúa como una cubierta protectora de los nutrientes de

la pulpa de café, conservando su sabor. Se recomienda almacenar en un ambiente fresco y seco para que no se derrita el caramelo.

En la Figura 9 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de las hojuelas de pulpa de café.



Figura 9. Proceso de producción de las hojuelas de pulpa de café.

Utilización de la pulpa de café en alimentación animal

La pulpa de café fresca, ensilada o deshidratada puede utilizarse como ingrediente de las dietas alimenticias en aves de corral (pollos de engorde, gallinas ponedoras), cerdos, ganado de carne y de leche, piscicultura y cuyes, reemplazando hasta en un 20% los ingredientes de maíz (Rodríguez, 2023). De esta forma, pueden disminuirse los costos en la producción animal, dado que los piensos necesarios en su proceso productivo cada vez son más costosos. La pulpa de café, además de proteína, aporta a la alimentación animal minerales como calcio y potasio, azúcares reductores y sustancias antioxidantes (Tabla 1).

El gran inconveniente del uso de la pulpa de café fresca, en la alimentación animal, es su alto contenido de humedad y alto contenido de microorganismos fermentativos, siendo necesaria su utilización inmediata para evitar los procesos degradativos que afectan la palatabilidad de la misma y, por lo tanto, el rechazo por parte de los animales en su dieta alimenticia.

La estrategia para la utilización de la pulpa de café en la alimentación animal consiste en aplicar métodos que eviten su degradación, siendo los dos principales el ensilaje y la deshidratación con calor.

El ensilaje es un proceso utilizado para la conservación de materiales vegetales producidos

estacionalmente. Consiste en la preservación de los materiales vegetales, en su estado fresco, por medio de fermentaciones parciales producidas 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 previniendo la descomposición adicional del material, el cual puede preservarse así por períodos largos de tiempo (Rodríguez, 2023).

Mediante el secado solar o mecánico es posible reducir la humedad de la pulpa de café hasta valores cercanos al 10%, lo que previene su descomposición y permite obtener un material estable que puede conservarse durante períodos prolongados, siempre que se almacene en condiciones adecuadas que eviten su rehidratación. Adicionalmente, si la pulpa de café seca se muele y se tamiza, puede obtener una harina con amplias aplicaciones en la alimentación humana y animal como se tratará más adelante.

Alimentación de pollos

Un trabajo previo realizado en Cenicafé, reporta la alimentación de pollos utilizando pulpa de café fresca y ensilada después de ser mezclada con otros ingredientes de la dieta como 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% (Calle, 1977). En este se reporta una tasa de aumento en peso diario de 16 g/animal para la dieta conteniendo pulpa ensilada y de 17 g/animal para la dieta conteniendo pulpa fresca, mientras que para el testigo (dieta sin pulpa de café) reporta una tasa de aumento en peso diario de 13 g/animal, concluyendo que los aumentos de peso en los pollos alimentados con raciones suplementadas con pulpa de café fueron satisfactorios y demuestra que es posible utilizar la pulpa de café en la alimentación de pollos de engorde.

Alimentación de peces

García & Bayne (1974), citados por Noriega et al. (2008), reportan la utilización de pulpa de café en la alimentación de *Tilapia aureus* (tilapias). En este trabajo se evaluó un grupo de peces control que no recibió suplemento alimenticio, un grupo alimentado con gallinaza y un grupo alimentado con pellets que contenía 30% de pulpa de café, más afrecho de trigo, maíz molido, melaza de caña, harina de semilla de algodón, urea y harina de hueso. Se reporta que el mayor aumento de peso en los peces se logró en los peces alimentados 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.

Alimentación de cerdos

Bautista et al. (1999), citados por Noriega et al. (2008), en cerdos de crecimiento y engorde

determinaron la ganancia de peso, el consumo de alimentos y la conversión alimenticia, en estos animales alimentados con pulpa de café ensilada con melaza en niveles de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de la ración. Se concluyó 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 cuando se compara con los proporcionados a través del alimento comercial.

Alimentación de ganado de carne y leche

Flores (1976), citado por Noriega et al. (2008), establece que la pulpa de café deshidratada y molida puede ser suministrada hasta un 20% como suplemento a vacas lecheras, sin causar efectos detrimentales. Estos mismos autores determinaron 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.

Alimentación de cuyes

Yoplac et al. (2017), investigaron la suplementación de la dieta alimenticia de cuyes con pulpa de café, reportando que la adición de la harina de pulpa de café al concentrado no influyó en la ganancia de peso, conversión alimenticia y calidad sensorial (apariencia, olor, color de la carcasa y sabor de la carne). Los mayores rendimientos de carcasa (peso completo del animal) se obtuvieron hasta la inclusión de 25% de harina de pulpa de café

en el concentrado. Concluyendo que la harina de pulpa de café, como insumo para formular concentrados para cuyes, tiene potencial para incrementar los índices productivos y disminuir los costos de producción.

Alimentación animal con pulpa de café ensilada

Flórez-Delgado & Rosales-Asensio (2018) determinaron que, en la dieta alimentaria de rumiantes de leche, puede incluirse la pulpa de café ensilada en un rango del 20% al 40% del alimento balanceado sin afectar los indicadores productivos, y para animales en ceba hasta en un 15%. Los mismos autores establecen que en monogástricos, puede incluirse la pulpa ensilada en un 30% en peces y en un 15% en aves y cerdos, comprobando que esta es una alternativa económica, productiva y ambientalmente viable que conlleva a la sostenibilidad de la explotación pecuaria.

Utilización de la pulpa de café en la producción de proteína animal

La pulpa de café puede utilizarse sola o mezclada con otros residuos orgánicos, principalmente estiércol de ganado, para la producción de la lombriz roja y de la mosca soldado negra, que se constituyen en una proteína de alta calidad para ser utilizada fresca o deshidratada (en forma de harina) para la alimentación de animales monogástricos (aves, peces, cerdos, entre otros).

Producción de lombriz roja utilizando pulpa de café

La lombricultura es una actividad zootécnica que consiste en la crianza de lombrices, sobre diversos sustratos orgánicos, las que posteriormente se utilizan en la alimentación de monogástricos, principalmente. En las lombrices hay una alternativa viable y sustentable para cubrir las necesidades de alimentación básica (tanto humana como animal), dado su bajo costo de producción, sus rendimientos y su calidad nutricional. La harina de lombriz, contiene entre el 60% al 80% de proteína cruda, lo que la ubica como uno de los alimentos de mayor calidad (Martínez, 2004).

En Cenicafé, Dávila & Ramírez (1996), demostraron que la lombricultura, utilizando la lombriz roja (*Eisenia foetida*, Savigny, 1826) permite acelerar el proceso de transformación de la pulpa de café, disminuir la mano de obra y mejorar los rendimientos, utilizando diferentes sistemas de manejo como: lechos en guadua, esterilla, ladrillo y cajas plásticas, en los cuales se encontró que 25 t de pulpa fresca, pueden manejarse en un área efectiva de 25 m² de lombricultivo, en el año, con una densidad de lombriz pura de 5 kg m⁻².

En lombricultivos alimentados con la mezcla pulpa-mucílago de café, se observaron mayores incrementos en el peso de lombrices, mayores tasas de consumo del sustrato y mayores rendimientos en la conversión de pulpa en lombricompuesto que en aquellos

alimentados con pulpa sola (Blandón et al., 1999).

La lombriz roja requiere de altas concentraciones de materia orgánica para su alimentación, y de algunas condiciones ambientales para su establecimiento entre las que se destacan: temperatura entre 20°C y 30°C, humedad del sustrato entre 70% y 80%, pH del sustrato entre 5,0 a 8,5 y baja luminosidad, dado que la lombriz es fotosensible (Román et al., 2013).

El cuerpo de la lombriz roja parece formado por una cadena de anillos, destacándose un anillo más grande, que contiene los órganos reproductivos, denominado clitelo. La lombriz es hermafrodita, es decir, que en un mismo individuo se tienen los dos sexos. La cópula se realiza semanalmente y consiste en la unión de los clitelos de dos individuos produciendo un huevo (capullo) por lombriz, que tiene forma de limón y apariencia amarilla transparente al inicio, y del cual eclosionan, entre las dos a seis semanas,

entre dos a cuatro lombrices, que miden aproximadamente 1,0 mm cada una. Los individuos juveniles inician el período reproductivo entre los tres y cuatro meses, cuando pasan a ser adultos y están sexualmente maduros y miden alrededor de 30 mm. Finalmente, a los siete meses las lombrices alcanzan su peso y tamaño final de aproximadamente 1,0 g y 80 mm de longitud. Viven en promedio diez años (Román et al., 2013). En la Figura 10 se resume el ciclo de vida de la lombriz roja.

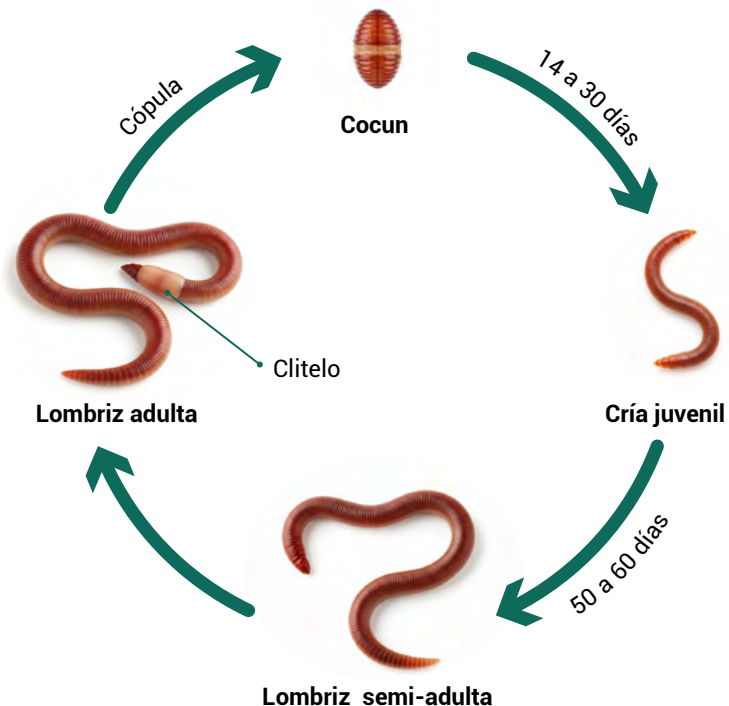


Figura 10. Ciclo de vida de la lombriz roja.
Fuente: Adaptado de Román et al. (2013).

Las investigaciones llevadas a cabo en Cenicafé permitieron determinar como parámetros óptimos del proceso de lombricultura:

- La utilización de una densidad de lombrices de 5,0 kg m⁻²,
- Un espesor máximo de la capa de pulpa de 4,0 cm (17 kg de pulpa/m²)
- Alimentación semanal del lombricultivo con pulpa de café de una semana o más de generada.

Bajo estas condiciones se determinó que la lombriz consume, en pulpa, la mitad de su peso al día, es decir, 2,5 kg m⁻²-d⁻¹ y que el incremento de su biomasa es del 50% en 2,3 meses, equivalente a 13 kg m⁻²-año⁻¹, las cuales pueden utilizarse en alimentación

animal (gallinas ponedoras, pollos de engorde y piscicultura) dado que su contenido de proteína es superior al 60% (Ferruzi, 1987). En la Tabla 3 se presentan los resultados del análisis bromatológico de la biomasa de lombriz roja cultivada en pulpa de café.

Elaboración de la harina de lombriz roja

Para la elaboración de la harina de lombriz se requiere hacer una cosecha de los individuos en el sustrato en el que se encuentran, siendo el método más eficiente el tamizaje de la biomasa, por el cual se separan el sustrato y las lombrices con la ayuda de un tamiz con un tamaño de partícula pequeño (Centro de Desarrollo de Lombricultura, 1987), por otro lado, también puede hacerse un sistema de autocosecha donde estas

migren del sustrato hasta un recipiente, siendo el ideal la cosecha vertical por migración descendente. El sustrato con lombrices se extiende en capa delgada sobre una malla con un tamaño de abertura de 5,0 mm y debajo se ubican bandejas o canastillas que las puedan contener y se exponen a la luz. Estos organismos son fotosensibles, por lo que migrarán hacia la parte inferior del material, cayendo del sustrato a los recipientes. Se recomienda hacer una selección de individuos que presenten su mayor estado de madurez (con presencia de clitelo) y que no tengan daños físicos como heridas y fraccionamiento de las mismas, con el fin de obtener la mejor calidad nutricional y microbiológica en la harina (Curi, 2006).

Posterior a la selección, se someten las lombrices a un

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%

período de “purgado”, en el cual se dejan en un recipiente limpio y sin alimento por máximo 12 horas, con el fin de que las lombrices terminen de digerir el alimento contenido en su sistema digestivo para tener individuos lo más limpios posible. Durante este tiempo, se realizan al menos dos lavados para retirar los desechos que generen los organismos (Curi, 2006). Después de este paso, las lombrices se lavan con abundante agua limpia para eliminar los residuos adheridos a su cuerpo, incluyendo los desechos que ellas mismas han producido.

Después de limpiarlas estas se pasan a un proceso de escaldado para asegurar la calidad microbiológica, el cual puede realizar con temperatura o por choque osmótico. En el caso de usar temperatura, se sumergen las lombrices en agua en ebullición por máximo un minuto y se retiran rápidamente. En el caso de sacrificar los animales por choque osmótico, se sumergen en una solución con sal al 5% por diez minutos (Sales,

1996; Curi, 2006) y se lavan con abundante agua para retirar el exceso de sal.

Posteriormente, la biomasa se somete a secado hasta alcanzar una humedad menor al 13% (Suárez et al., 2016), el secado puede ser mecánico o solar. En el secado mecánico, se recomienda usar una temperatura de máximo 50°C con el fin de no desnaturalizar las proteínas y conservar las propiedades nutricionales de la biomasa. En el caso de secado solar, se recomienda el uso de invernaderos, con el fin de secar de manera rápida el material y evitar un proceso de degradación que puede generar un olor desagradable (cuando la tasa de secado es lenta). Deben tenerse buenas prácticas de manufactura e inocuidad para evitar la contaminación cruzada con microorganismos que pueda afectar su calidad microbiana (Medina & Araque, 1999). Por último, después de alcanzar una humedad menor al 13%, se procede a moler el material por medio de molinos hasta una granulometría menor a 0,5mm, con el fin de usarse para el

suplemento de concentrados animales. En la Figura 11 se presenta un diagrama del proceso de producción de harina de lombriz.

Alimentación animal con harina de lombriz roja

La harina de lombriz ha sido usada ampliamente en la alimentación de animales monogástricos como peces, cerdos, roedores y aves, aportándoles un porcentaje significativo de proteína, y nutrientes como ácidos grasos y minerales que ayudan a la ganancia de peso del animal (Vielma, 2004).

Se ha observado que la harina de lombriz roja muestra contenidos de proteína, grasas y energía bruta mayores a los alimentos comerciales. Salazar et al. (2013), reportan valores de 71% de proteína cruda, 5,05% de grasas crudas y 5.282 Cal/g, mayores a los observados en productos comerciales. Morillo et al. (2013), reportan el uso de harina de lombriz roja en la alimentación de alevines de cachama



Figura 11. Proceso de producción de harina de lombriz roja.

negra, mostrando una buena aceptación de los animales por el alimento y una ganancia de peso igual a la ganancia de peso observada en animales alimentados con dietas comerciales.

Isea et al. (2008), reportan una alta digestibilidad proteica de la harina de lombriz en truchas, con valores del 90%, recomendando usarla para

reemplazar hasta en un 50% la harina de pescado. Zambrano (2023) reporta que la harina de lombriz puede ser usada en la alimentación de pollos de engorde reemplazando hasta un 50% la harina de soya, mostrando una buena ganancia de peso y una digestibilidad del 95%. Finalmente, se ha reportado que la harina de lombriz puede usarse como base para la alimentación de roedores

(cuyes o hámster y conejos), alimentándolos incluso con 100% de harina de lombriz, mostrando un crecimiento significativo en estos animales sin afectar la calidad de la carne de los mismos (Otero, 2016; Mendoza, 2023).

Producción de larvas de la mosca soldado negra utilizando pulpa de café

Hermetia illucens, Linnaeus 1758 (mosca soldado negra) pertenece a la familia Stratiomyidae del orden Diptera y es originaria de América (Brammer & von Dohlen, 2007). Este insecto no se considera peste o plaga en las regiones tropicales y subtropicales (Cammack & Tomberlin, 2017), dado que no representa un peligro para otros organismos, no muestra atracción hacia los seres humanos ni hacia alimentos frescos y tampoco actúa como vector de enfermedades en las zonas donde se encuentra distribuida (Lu et al., 2022).

Es un insecto empleado para la bioconversión de subproductos procedentes de la explotación agropecuaria (Van Huis et al., 2013), ayudando a la producción de biofertilizantes y biomasa con altos contenidos de proteína (Singh & Kumari, 2019). Las larvas de esta mosca son conocidas por ser voraces consumidoras de materia orgánica de origen animal o vegetal (Diener et al., 2009; Banks et al., 2014; Lord et al., 1994; Pujol-Luz et al., 2008), alimentándose a un ritmo acelerado, de aproximadamente 25 a 500 mg/larva-día, logrando procesar grandes cantidades de biomasa de forma rápida y efectiva (Allegretti et al., 2017), debido a que poseen estructuras bucales

fuertes y enzimas digestivas que favorecen su alimentación (Kim et al., 2011). Adicionalmente, esta es una especie euriterma que tiene la capacidad de tolerar temperaturas superiores a 50°C (Ospina-Granobles & Carrejo-Gironza, 2021).

La mosca soldado negra presenta a lo largo de su ciclo de vida una metamorfosis completa, pasando por cinco etapas: huevo, larva, prepupa, pupa y adulto (Tomberlin & Cammack, 2018). Su ciclo de vida es relativamente corto, de 42 a 77 días, dependiendo del sustrato en el cual se críen (Figueredo & Albarracín, 2021). Su temperatura óptima de desarrollo está entre los 25°C y los 30°C (Bermúdez & Sánchez, 2023). En Cenicafé, Giraldo et al. (2019), reportan un período de estado larval, en pulpa de café, de 23 días y un período del ciclo de vida (huevo-adulto) de 46 días. En la Figura 12 se muestra el ciclo de vida en pulpa de café.

Tras el apareamiento de los adultos, las hembras pueden depositar más de 500 huevos (posturas) en grupos que varían en número, en grietas o lugares con forma de alvéolos (Figura 13A). Las posturas se localizan cerca de los sitios de alimentación, que generalmente corresponde a materia orgánica en descomposición. Cada huevo tiene forma ovalada y coloración variable. A medida que se acerca la emergencia de la larva puede observarse movimiento de las mismas dentro del huevo (Figura 13B). La duración del período embrionario es aproximadamente de $3,06 \pm 0,09$ días a una temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 13C). La pulpa de café es un sustrato alimenticio

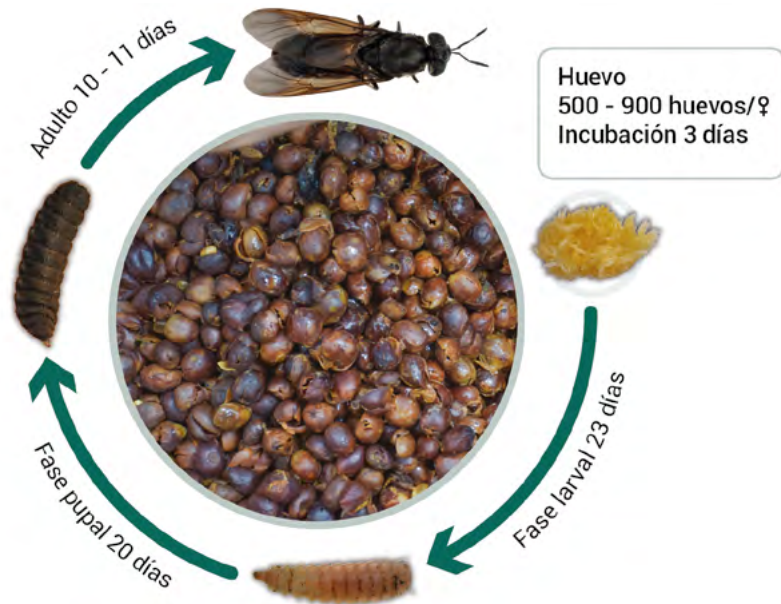


Figura 12. Ciclo de vida de la mosca soldado negra en pulpa de café.

apto para el desarrollo de este insecto, ya que sobre esta se observa una sobrevivencia total (huevo-adulto) del 80% y una fase de desarrollo larval del 85% (Giraldo et al., 2019).

Cuando en Cenicafé, en condiciones de laboratorio, se utilizó la pulpa de café en forma de harina más mucílago de café, como materia prima para la alimentación de la mosca soldado negra durante su fase larval, se observó que las larvas recién emergidas pesaron en promedio 0,00018 g/larva y pasados 26 días el peso promedio final alcanzado fue de 0,238 g/



Figura 13.Detalle de posturas de la mosca soldado negra. **A.** En alveolos de cartón. **B.** Larvas próximas a emerger. **C.** Larvas recién emergidas.

larva, momento en el cual se registró que las larvas cesan su alimentación (Figura 14), lo cual se constituye en un indicador de finalización de esta fase de desarrollo (Nation, 2002).

El sustrato alimenticio para la cría de larvas de la mosca soldado negra, en condiciones de laboratorio, consiste en una dieta compuesta por harina de pulpa de café (20% por litro de dieta), mucílago de café o en su defecto azúcar comercial (10%), gelatina sin sabor como gelificante (5%), levadura de cerveza (10%) y agentes antimicrobianos. Según investigaciones realizadas por Cenicafé, las larvas recién nacidas presentan hasta un 90% de probabilidad de sobrevivir al alimentarse con esta dieta. Posteriormente, pueden ser trasladadas a pulpa de café fresca, donde continúan su desarrollo y realizan la transformación de esta pulpa en abono orgánico. A su vez, las larvas se convierten en una fuente de proteína animal. También es posible que completen todo su ciclo en la dieta elaborada con harina de pulpa de café (Figura 15).

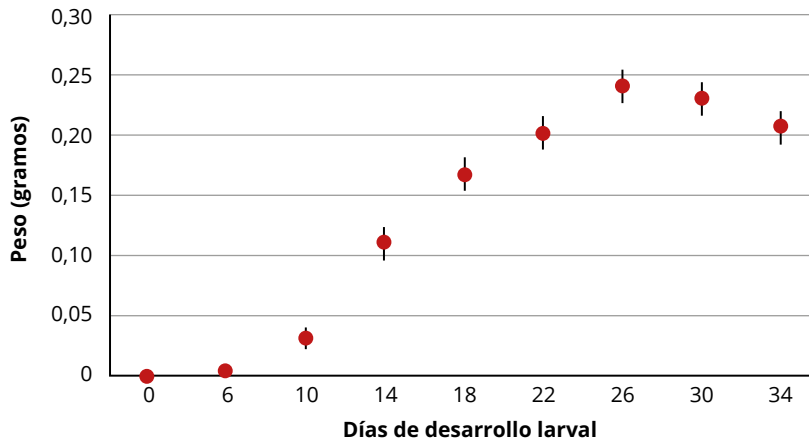


Figura 14. Incremento de peso promedio para larvas de la mosca soldado negra alimentadas con dieta de harina de pulpa más mucílago de café a través del tiempo (N=100 individuos, IC=intervalo de confianza al 95%).

Elaboración de harina a base de larvas de la mosca soldado negra

En el ciclo de vida de la mosca soldado negra, las etapas de larva, prepupa y pupa son las más ricas en nutrimentos (Barragán et al., 2017), gracias a sus rasgos fisiológicos, la etapa de larva es donde se consume todo el alimento necesario para pasar a los siguientes estados de desarrollo. Las larvas pueden alcanzar valores de 36,98% de proteína, 18,82% de grasas y 7,60% de calcio cuando se alimentan con gallinaza o excretas de aves de corral (Arango et al., 2004).

Vargas-Serna et al. (2025) evaluaron la eficacia de las larvas de mosca soldado negra en la conversión de una mezcla de pulpa de café y residuos de la industria cárnica (en proporciones entre 65/35 y 75/25 pulpa/residuos carne) en una harina rica en proteínas, adecuada para la alimentación animal. La harina larval generada presentó un contenido de proteína entre 30,98%



Figura 15. Cría de la mosca soldado negra. **A.** Aspecto de la dieta elaborada con harina de pulpa y mucílago de café. **B.** Larvas de la mosca soldado negra con 12 días, alimentadas con la dieta. **C.** Prepupas (último instar larval) alimentadas con la dieta. **D.** Larvas en pulpa. Larvas de mosca soldado negra de seis días de nacidas alimentadas con la dieta y que se utilizan como pie de cría para la descomposición de la pulpa de café en abono orgánico.

y 39,81% en base seca, para las diferentes mezclas. Los resultados indicaron que aumentar el contenido de residuos de carne al 35% en el sustrato maximizaba el rendimiento proteico. La harina larval optimizada contenía 52,95% de proteína en base seca. En la Tabla 4 se presenta el análisis proximal y microbiológico

de la harina larvaria obtenida de larvas alimentadas con el sustrato optimizado (65% de pulpa de café y 35% de residuos de la industria cárnica).

Para la elaboración de la harina de larvas de la mosca soldado negro, inicialmente deben cosecharse las larvas de la biomasa residual. El método más común reportado es la auto cosecha de las larvas, es decir, que se cosechan las prepupas, en el momento en que estas migran para

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

buscar un lugar donde empupar, guiándolas del sustrato a un sitio de pupación. También pueden cosecharse las larvas por medio de un tamizaje manual, separando las larvas del resto de biomasa (Joly & Nikiema, 2019). En ambos casos, se lavan las larvas con agua limpia, con el fin de retirar los residuos de sustratos que puedan quedar impregnados en las larvas, hasta obtener las larvas limpias y sin restos de materia orgánica.

Después de cosechar las larvas, se recomienda dejarlas en inanición o en un período de purgado durante 24 a 48 horas, colocándolas en un recipiente limpio, con el fin de que terminen de digerir el alimento contenido en su sistema digestivo y así tener individuos limpios. Durante ese tiempo, se realiza un lavado a las larvas al menos dos veces, para así, asegurar su inocuidad microbiológica. Posterior al purgado, debe realizarse un escaldado

para sacrificar las larvas, reducir su carga microbiana y vaciar el contenido presente en su sistema digestivo. Para esto, se sumergen las larvas en agua en ebullición conteniendo sal al 1%, por máximo dos minutos, se lavan con agua limpia para retirar el exceso de sal y luego se dejan reposar (Bermúdez & Sánchez, 2023).

Luego, se pasa al secado de las larvas escaldadas, donde pueden usarse secadores mecánicos o solares. Se recomienda realizar un secado a temperaturas menores a 55°C hasta alcanzar una humedad menor o igual al 12%, con el fin de conservar sus propiedades nutricionales y no desnaturalizar la proteína, que es sensible a la temperatura. Deben tenerse buenas prácticas de manufactura e inocuidad para evitar la contaminación cruzada con microorganismos que puedan afectar su calidad microbiológica (Charlton et al., 2015).

El material seco puede someterse a una operación de extracción de aceite de manera

mecánica, por prensado. Este aceite puede ser usado como ingrediente en concentrados de animales o como base para la elaboración de biodiesel (Joly & Nikiema, 2019). El material sólido restante, puede ser molido y almacenado para ser usado como harina de larvas. Por otro lado, después del secado, puede molerse y almacenarse sin la necesidad del prensado y utilizarse para la alimentación animal. En la Figura 16 se presenta el proceso de producción de harina de larvas de la mosca soldado negra.

Alimentación animal con harina de larvas de la mosca soldado negra

Las larvas y pupas de la mosca soldado negra poseen un alto potencial como fuente de alimento para animales de cría, tales como aves, cerdos y peces, entre otros, gracias a su elevado contenido proteico y perfil nutricional equilibrado, ayudando a disminuir sus costos de producción.

Figueredo & Albarracín (2021), establecen que la harina

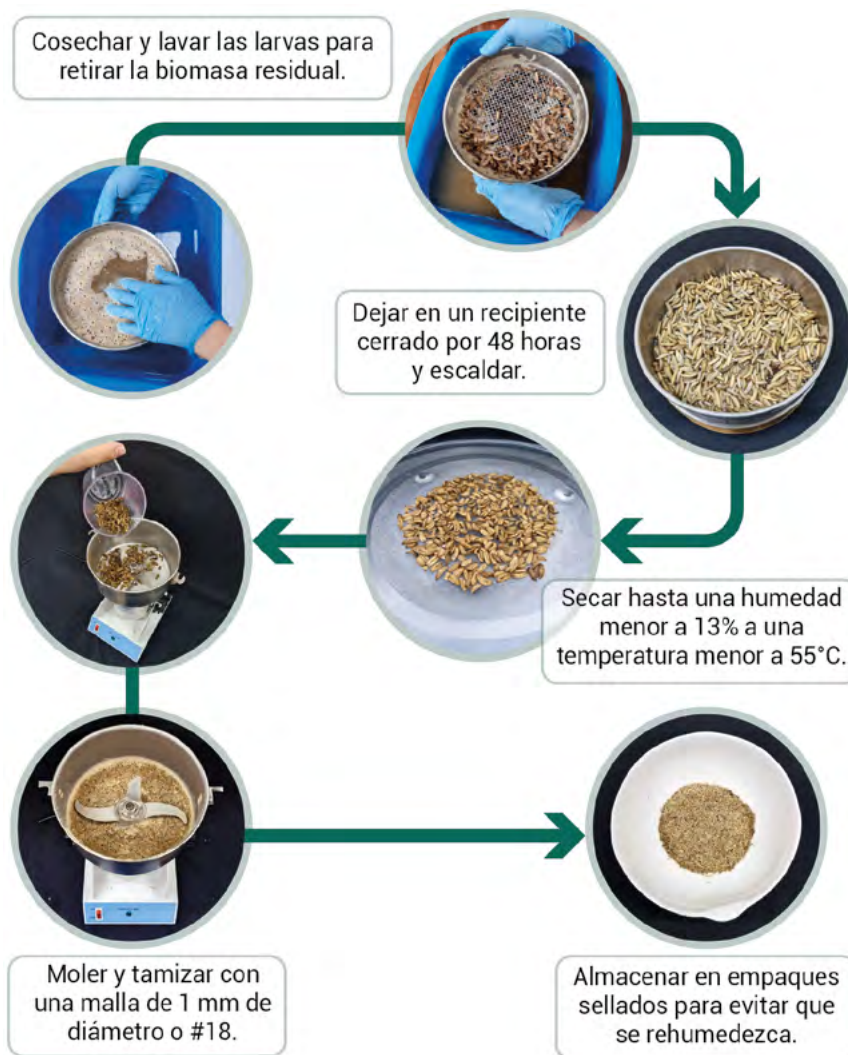


Figura 16. Proceso de producción de harina de larvas de la mosca soldado negra.

de larvas de la mosca soldado negra por sus valores altos de proteína cruda (38,5% a 62,7%), grasas (6,63% a 39,2%) y minerales (manganeso, hierro, zinc, cobre, fósforo y calcio), puede ser incluida en alimentos balanceados para animales monogástricos (aves, cerdos, peces, mascotas), reportando estudios en los cuales se ha reemplazado la harina de soya por harina de larvas de la mosca soldado negra. Es así como esta harina puede usarse para reemplazar la harina de soya en la alimentación de aves de engorde hasta en un 100%, sin verse afectado de manera significativa ningún parámetro zootécnico o parámetros organolépticos de la carne del animal, logrando alimentarlos con un producto con un menor costo respecto a los concentrados comerciales (Pieterse et al., 2019).

Apaza (2020) evaluó la inclusión de harina de larvas de la mosca soldado negra en diferentes niveles (0%, 15%, 25% y 40%) como remplazo total de la fuente proteica en la formulación de raciones alimenticias para pollos. El estudio se realizó bajo condiciones controladas de ambiente, genética, sexo y manejo, siendo la única variable experimental la proporción de harina de larva incluida en la dieta, utilizando la soya como fuente proteica estándar de comparación durante todas las etapas de los pollos durante 42 días. Los resultados mostraron diferencia estadística significativa en los índices productivos entre los distintos tratamientos. Sin embargo, la inclusión de harina de larva de mosca soldado negra fue bien aceptada en la formulación de las

raciones, observándose mejores resultados productivos hasta un nivel de inclusión del 40%.

En el caso de la alimentación de cerdos, se reporta un reemplazo de hasta el 25% de los concentrados comerciales por harina de mosca soldado negra, con resultados positivos en la digestibilidad y conversión alimenticia en la etapa de levante, demostrando ser una alternativa proteínica como complemento alimenticio, ayudando a reducir costos en la producción porcícola (Neumann et al., 2018).

En el sistema de producción acuícola se presentan estudios de consumo de la harina de la mosca soldado negra por especies de la familia *Salmonidae* (trucha y salmón) reemplazando entre un 50% al 100%, el contenido de harina de pescado, sin alterar su eficiencia productiva (Figueredo & Albarracín, 2021). Dumas et al. (2018) demostraron que al reemplazar completamente la dieta de harina de pescado a una dieta con harina de larvas de la mosca soldado negra no hubo alteraciones en su tasa de crecimiento, eficiencia alimenticia y digestibilidad de nutrientes, conservando las propiedades organolépticas de la carne del animal, logrando un alimento más económico con los mismos niveles de rendimiento.

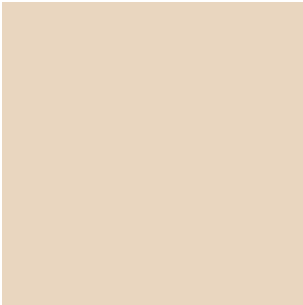
Reátegui et al. (2020) reportan que la harina de larvas de mosca soldado negra es un excelente complemento alimenticio para *Cavia porcellus* (cuyes de cría), en su proceso productivo se ha logrado reemplazar la soya usada en el

concentrado sin afectar la ganancia de peso y el peso corporal final del animal. Además, los autores demuestran que, en los animales que se alimentaron con dietas con mayor porcentaje de harina de larvas de mosca soldado negra, una mayor ganancia de peso respecto a otras dietas que no la contenían, pues su cantidad de proteína fue mayor respecto a la proteína vegetal.

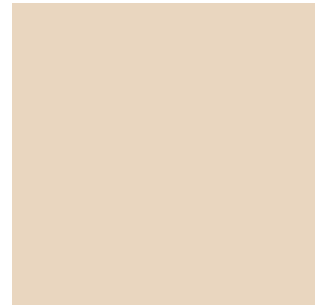
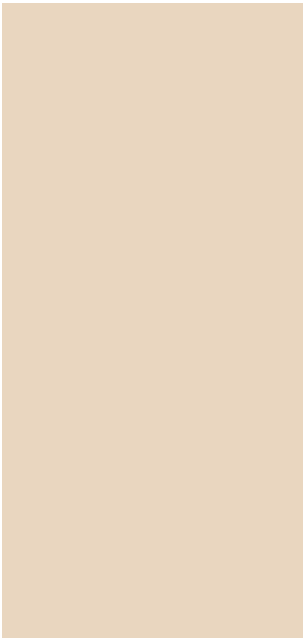
Finalmente, Arango et al. (2004) evaluaron el valor nutritivo de la harina de las larvas de la mosca soldado negra a partir del análisis composicional, prueba de digestibilidad y calidad microbiológica de esta, comparada con una materia prima convencional como la harina de pescado y la harina de otro díptero como la *Musca domestica*, determinando que la harina de las larvas de la mosca soldado negra, por su análisis proximal o composición química básica (Tabla 5) puede ser considerada un ingrediente proteico que presenta una alta digestibilidad, lo que la convierte en una materia prima promisoría en la alimentación animal.

Tabla 5. Composición de la harina de larvas de la mosca soldado negra y comparación con la harina obtenida de larvas de la mosca doméstica y la harina de pescado (Arango et al., 2004).

Parámetro (% en base seca)	Harina de larvas de <i>Hermetia illucens</i> (mosca soldado negra)	Harina de larvas de <i>Musca domestica</i> (mosca doméstica)	Harina de pescado
Humedad (%)	10,00	10,00	10,00
Proteína (%)	36,98	56,70	60,99
Grasas (%)	18,82	8,10 – 13,50	10,49
Cenizas (%)	17,47	4,95	17,40
Calcio (%)	7,60	-	4,40
Fósforo (%)	0,58	-	2,24



Cultivos en pulpa de café



Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café

La pulpa de café por su composición físico-química puede utilizarse sola o en mezcla con otros subproductos de la finca, como astillas de tallos de café o residuos de cultivos intercalados con café (maíz, frijol, plátano), para el cultivo de hongos comestibles y medicinales (Rodríguez & Jaramillo, 2002a; Rodríguez y Jaramillo 2002b).

Debido al cambio en los hábitos alimenticios de las nuevas generaciones, la producción mundial de hongos comestibles ha experimentado un crecimiento muy importante en las últimas décadas, pasando de una producción anual de seis millones de toneladas en la década de 1990 a un valor de 43 millones de toneladas anuales en los últimos años.

Los hongos comestibles o setas comestibles son macrohongos que se caracterizan por su sabor y su alto contenido de proteína entre los que se destacan los hongos del género *Pleurotus* spp. también conocidos como “orellanas” u “hongo ostra”.

Los hongos ostra son las setas más fáciles y menos costosas de cultivar, sus rendimientos varían de especie a especie y en la misma especie varían con los diferentes sustratos y aún, utilizando las mismas especies y sustratos varían según las condiciones de cultivo. Todas las especies de hongos ostra se caracterizan por fructificar dentro de amplios rangos de temperatura entre 5°C a 27°C y son consideradas un alimento de gran valor nutricional, debido a su alto contenido de proteína, fibra y minerales. Se caracterizan por su sabor y olor agradables a los sentidos y contenidos de proteína en el rango entre 25% y 35% en base seca, contenidos promedio de grasa alrededor del 3%, estando casi el 72% de los ácidos grasos en forma insaturada. El alto contenido

de fibra de las especies de hongos ostra (entre el 7%-9%) los hace ideales para su preparación en forma de conservas, soportando así altos tratamientos térmicos (Rodríguez & Gómez, 2001).

El cultivo de los hongos es una práctica que permite realizar la bioconversión de los residuos agrícolas, en alimento de gran valor nutricional y medicinal dando solución, al menos parcial, a dos de los problemas más graves de la población mundial: la escasez

de alimento y la contaminación ambiental. Se trata de un sistema integral, ya que el sustrato utilizado para el cultivo de los hongos proviene de la biomasa residual generada en la finca cafetera. Además, el sustrato agotado, después de la cosecha de los hongos, puede ser reutilizado como alimento para animales, cerrando así un ciclo productivo sostenible.

En Cenicafé se investigó el cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. (hongo ostra) sobre pulpa

Ventajas del cultivo de hongos ostra en pulpa de café

- Representa un ejemplo de la conversión más eficiente de los residuos agrícolas en alimentos para consumo humano.
- Son directamente comestibles y apetecidos por su textura y sabor característicos.
- El método de separación de la biomasa del sustrato, es muy fácil.
- Su eficiencia de conversión en proteína por unidad de área y unidad de tiempo es muy superior, comparado con las fuentes de proteína animal.
- Contribuye a mejorar la seguridad alimentaria en las fincas cafeteras.
- Se pueden utilizar frescos, deshidratados, en conserva o en antipastos para la preparación de recetas o para su comercialización, permitiendo diversificar el ingreso de los productores de café.
- El sustrato agotado puede ser utilizado en la alimentación animal.
- Juegan un papel muy importante en la ecología del ciclo del carbono, en la naturaleza, reduciendo la acumulación de residuos orgánicos, los GEI y la huella de carbono.

de café proveniente de un despulpado sin agua, con el fin de valorizar este subproducto e impedir que se convierta en una fuente de contaminación en la zona cafetera. La pulpa fue fermentada anaeróbicamente durante diez días, utilizando una relación de 1,58 L de agua/kg de pulpa fresca. La eficiencia biológica media alcanzada en el cultivo fue de 54,40% y el rendimiento medio fue de 3,6 kg m⁻² de hongos frescos. Los residuos de la producción de los hongos se utilizaron para el cultivo de *Eisenia foetida* Savigny (lombriz roja). De acuerdo con los resultados obtenidos puede calcularse que, por cada tonelada de pulpa de café fresca, en base húmeda, podrían obtenerse en promedio 82,10 kg de hongos frescos, 9,76 kg de lombriz roja y 135,30 kg de lombricompuesto húmedo, por ciclo de cultivo, de aproximadamente tres meses. La rentabilidad de la inversión en el cultivo de los hongos tratando los residuos generados fue del 24%, por ciclo de producción (Rodríguez & Zuluaga, 1994).

Posteriormente, se realizó un estudio del cultivo de los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor-caju* sobre pulpa de café proveniente de un despulpado sin agua. La pulpa fue fermentada anaeróbicamente durante diez días, utilizando una relación de 1,08 L de agua/kg de pulpa fresca. Durante la fase de adaptación anaerobia del sustrato se aislaron del agua de cobertura levaduras de los géneros: *Candida* spp., *Rhodotorula* spp. y *Saccharomyces* spp., que pueden ser secadas al sol o en secadores mecánicos y ser utilizadas en la alimentación animal (Rodríguez, 2023). Las eficiencias

biológicas medias alcanzadas en el cultivo, a condiciones ambiente, fueron del 76,34% y 68,98%, para las cepas de *P. sajor-caju* y de *P. ostreatus*, respectivamente (Gómez, 1997).

El proceso de cultivo de los hongos sobre la pulpa de café incluye varias etapas:

1. Producción de la semilla de los hongos.
2. Adecuación de la pulpa de café.
3. Inoculación de la pulpa (siembra de la semilla del hongo sobre la pulpa).
4. Incubación.
5. Fructificación.
6. Cosecha.
7. Manejo poscosecha.
8. Manejo de los subproductos del proceso productivo.

1. Producción de la semilla de los hongos.

Consiste en sembrar el micelio del hongo sobre granos de un cereal (maíz, trigo, sorgo, millo, cebada, arroz). Primero se realiza una bioaumentación del micelio que se encuentra crioconservado o en tubos de ensayo con agar, multiplicándolo por siembra en cajas de Petri y botellas planas con agar (Rodríguez et al., 2006). Luego el grano de cereal se hidrata hasta

una humedad del 45%, lo que en la práctica se consigue lavando el grano para retirarle impurezas y adicionándole agua limpia hasta cubrirlo, posteriormente se realiza la cocción hasta que el agua se consume. Posteriormente, se llenan bolsas de polipropileno resistentes al calor, con 500 g del cereal hidratado y se someten a esterilización durante 20 minutos a 121°C. El cereal se deja enfriar y luego se siembra el micelio, cortando pequeños cuadrados del agar cubierto por el mismo y mezclándolos con los

granos (Rodríguez & Jaramillo, 2005a). En la parte superior de la bolsa se coloca un trozo de algodón amarrado con fibra, para permitir el intercambio de aire y facilitar el crecimiento del micelio. Esta etapa tiene una duración aproximada de tres semanas. En la Figura 17 se detalla el proceso de producción de la semilla del hongo.

2. Proceso de adecuación de la pulpa de café. La pulpa de café fresca y generada de un beneficio ecológico (despulpado sin agua)



Figura 17. Proceso de producción de la semilla de los hongos ostra.

se empaqueta en costales de fibra a razón de 25 kg/costal y se prensa hasta alcanzar un valor de cuatro atmósferas (se obtienen ocho litros de drenados líquidos). Posteriormente se lleva el material prensado a una caneca, se le coloca un sobrepeso al costal (para evitar que flote), se adiciona agua hasta que cubra el costal y se deja durante 48 horas. Al cabo de este tiempo se retira el costal y se prensa de nuevo hasta recolectar unos ocho litros de drenado y se deja fermentar de la misma forma, adicionándole una solución de agua con un fungicida sistémico con acción preventiva (para la eliminación de hongos competidores) en concentración de 160 mg L^{-1} y hasta que esta cubra el material. Esta fermentación se realiza durante diez días, siendo necesario que se mantenga el sustrato completamente sumergido. Finalizado este tiempo se realiza un tercer prensado con el fin de eliminar el agua de la pulpa hasta obtener unos seis litros de drenado, lo que asegura una humedad final en la pulpa del 80%, quedando

el sustrato listo para la inoculación con la semilla del hongo. En la Figura 18 se detalla el proceso de adecuación de la pulpa de café.

Los drenados provenientes del primer prensado presentan altos contenidos de azúcares reductores por lo que pueden ser utilizados como base para la producción de miel de café que se constituye en una materia prima de excelente calidad para la elaboración



Figura 18. Proceso de adecuación de la pulpa de café para utilizarla como sustrato del cultivo de hongos ostra. **A.** Pulpa de café recién generada. **B.** Empaque en costales de fibra. **C.** Prensado para retirar sustancias interferentes. **D.** Fermentación bajo agua.

de caramelos blandos tipo toffee, para la producción de bebidas alcohólicas (vino, bebidas espirituosas), para la elaboración de bioetanol para ser utilizado como biocombustible en combinación con la gasolina o para reemplazar a la miel de purga en la alimentación animal (Rodríguez, 2023).

Los drenados provenientes del segundo prensado a las 48 horas y del tercer prensado a los diez días deben ser llevados a un sistema de tratamiento con filtros verdes con cero descargas para que no generen un impacto ambiental adverso sobre los recursos naturales de la zona cafetera y tampoco generen costos legales ambientales que afecten la rentabilidad del negocio cafetero (Rodríguez et al., 2022).

3. Inoculación de la pulpa.

Consiste en adicionar la semilla del hongo ostra a la pulpa de café ya adecuada. Debe realizarse en un sitio cerrado, sobre un mesón previamente desinfectado con alcohol para evitar que se presente

contaminación en la fase de establecimiento micelial. La pulpa se retira de los costales y se extiende sobre el mesón y se le adiciona la semilla en una relación del 2% (2 kg de semilla por cada 100 kg de sustrato de siembra). Se realiza la mezcla manual y se empacan aproximadamente 2 kg en bolsas de polietileno de calibre 2, de 30 cm x 40 cm, teniendo cuidado de que el material quede bien compactado. Luego, se amarra con fibra y se hacen cortes en cruz bien distribuidos alrededor de la bolsa utilizando un bisturí desinfectado. De esta forma se proporcionan al micelio condiciones físicas y de intercambio gaseoso que le aseguran su buen desarrollo.

4. Incubación. En esta fase se consigue que el micelio invada totalmente la pulpa de café. Debe realizarse en un cuarto cerrado, seco y oscuro. Las bolsas pueden acomodarse en estanterías metálicas, de madera o fabricadas con guadua y esterilla. Se recomienda espolvorear carbonato de calcio sobre las superficies de incubación

para prevenir el asentamiento de hongos competidores y la presencia de insectos indeseados. La duración de esta etapa oscila entre tres y cuatro semanas, tiempo en el cual la pulpa de café se torna blanca.

5. Fructificación. Puede realizarse en el mismo cuarto de incubación, si todas las bolsas están cubiertas por el micelio; de lo contrario, debe destinarse un cuarto para esta etapa, el cual debe tener ventilación natural (ventanillas inferiores que permitan la entrada del aire nuevo y un falso techo que permita su salida) o una renovación de aire inducida con ventiladores y piso en cemento, que permita mantener el cuarto húmedo. La bolsa se abre (retirando la fibra) y se humedece al igual que el piso del cuarto, para con ello asegurar una humedad relativa superior al 90%. Debe permitirse la entrada de luz diurna. En esta etapa se recomienda hacer cambios de aire a razón de 350 m³ por tonelada de pulpa de café. En la práctica esto se consigue mediante

cambios de aire de forma natural a través de la escotilla de ventilación, si el volumen ocupado por el sustrato es menor al 10% del volumen del cuarto de fructificación. En caso de que el volumen ocupado sea mayor que el 10% es necesario colocar un ventilador, que cambie 20 veces el volumen de aire del cuarto por hora. Aproximadamente, a la semana de proporcionar estas condiciones aparecen las primeras estructuras del hongo y en este momento se retira la bolsa por completo. En la Figura 19 se presenta un aspecto de las etapas de inoculación, incubación y fructificación del proceso de producción de hongos ostra en pulpa de café.

6. Cosecha. Los primeros hongos se cosechan aproximadamente al mes de haberse realizado la inoculación. La cosecha se realiza manualmente, haciendo un esfuerzo de torsión sobre la base del estipe (pie del hongo) para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el hongo. La producción de las bolsas entra en un período de reposo (ocho a 12 días) antes de realizar la segunda cosecha. Durante este tiempo deben disminuirse los cambios de aire a cinco veces el volumen de aire del cuarto por cada hora, cuando se utilice ventilador. Pueden recolectarse entre cuatro y cinco cosechas en la etapa de producción, que tiene una duración aproximada de 45 días. En la Figura 20 se presenta un aspecto de los diferentes hongos ostra cosechados sobre la pulpa de café.

7. Manejo de poscosecha. Los hongos cosechados pueden utilizarse directamente en

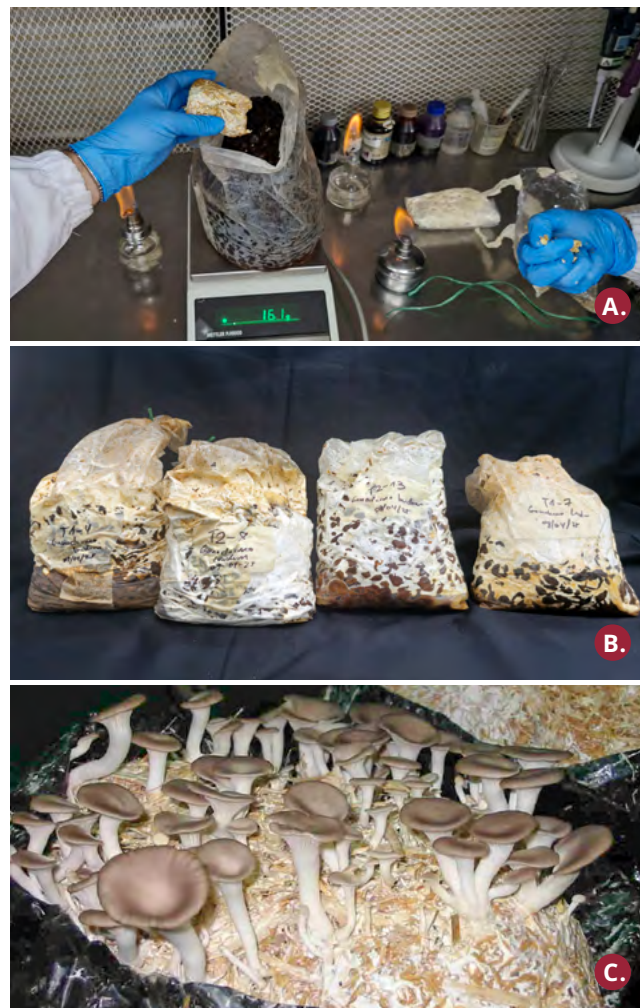


Figura 19. Aspecto de las etapas de producción del hongo ostra en la pulpa de café. **A.** Inoculación. **B.** Incubación. **C.** Formación de primordios y cuerpos fructíferos.

la preparación de diferentes platos para el consumo humano. Si los hongos cosechados no se consumen inmediatamente deben conservarse en recipientes plásticos o bandejas de icopor cubiertas con papel vinipel para alimentos refrigerados, durante máximo diez días. Si se desea conservar los hongos por largo tiempo pueden prepararse en conservas, utilizando una formulación de salmuera del 2,5% de sal y 0,15% de ácido cítrico (Figura 21).

La vida media de los hongos frescos puede ser extendida para su comercialización, por refrigeración entre 1°C a 4°C, ya que el enfriamiento de los hongos disminuye la velocidad de todos los procesos fisiológicos. Los hongos ostra no precisan ser lavados para su empaque. El lavado permite una adsorción del agua libre provocando un deterioro más rápido del hongo y, por consiguiente, disminuyendo la vida de anaquel del mismo.

Los hongos ostra pueden secarse al sol o con aire

caliente durante dos o tres días. Los cuerpos fructíferos deben colocarse con la base del carpóforo hacia abajo y sobre una malla que permita que el aire los atraviese. El secado de los hongos es comúnmente utilizado como una técnica de conservación cuando



Figura 20. Aspecto de diferentes variedades de hongos ostra producidos sobre la pulpa de café.



Figura 21. Aspecto del manejo poscosecha de los hongos ostra.

el mercado es muy lejano y cuando los hongos son utilizados como ingredientes en otros productos procesados (Sánchez y Royse, 2001).

Para alargar los tiempos de almacenamiento de los hongos ostra también se puede utilizar la conservación en salmuera. El encurtido en salmuera es un medio común para la conservación de hongos y requiere de algunos pretratamientos para mejores resultados. En Cenicafé se realizaron ensayos de conservación en salmuera de hongos ostra. En la Figura 22 se presenta la metodología para la elaboración de conservas.

La metodología consistió en recolectar carpóforos maduros, frescos y sanos, se les retira el pie, se lavan con agua de grifo y luego se someten a escaldado en una solución al 0,1% (peso/volumen) de ácido cítrico y agua, a una temperatura de 96°C, durante un lapso de ocho minutos. Después se escurren los hongos y se envasan en frascos de vidrio,

adicionando una solución de salmuera ácida conformada por 2,5% de sal y 0,15% de ácido cítrico (concentración en peso/volumen) a temperatura de ebullición, hasta llenar el frasco, posteriormente se elimina el aire del envase, se tapa y se esterilizan a 121°C durante 15 minutos.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del análisis bromatológico y microbiológico realizado a conservas de hongos ostra cultivados sobre pulpa de café. Evaluando su valor nutricional, los hongos, en general, se hallan situados entre los vegetales de clase alta. El sabor es el aspecto más importante que induce a extender el consumo de estos hongos comestibles por parte de las personas.

En resumen, los análisis fisicoquímicos de los hongos frescos y de las conservas, para evaluar su valor nutritivo, muestran que los carbohidratos fueron el mayor constituyente, seguido de la proteína, las cenizas, la fibra y las grasas. Los diferentes análisis microbiológicos

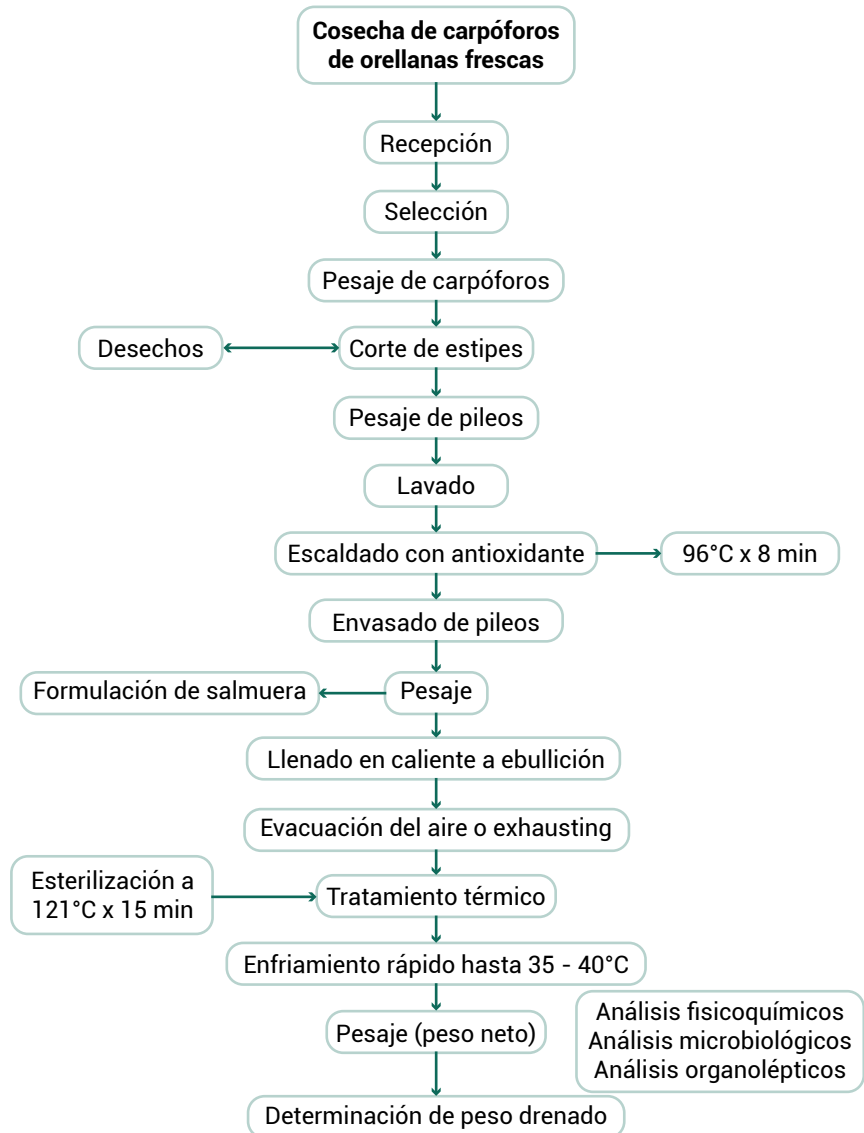


Figura 22. Proceso de producción de conservas de hongos ostra.

Tabla 6. Análisis bromatológico y microbiológico de conservas del hongo ostra cultivado en pulpa de café.

Análisis bromatológicos de conservas de hongos ostra (expresados en base seca)							
Humedad (%)	Cenizas (% bs)	Grasas (% bs)	N (% bs)	Proteína (% bs)	Fibra (% bs)	E.L.N (% bs)	Energía kcal/100 g secos
89,22	14,08	3,67	5,07	31,67	11,18	39,44	362
Recuentos microbiológicos de conservas de hongos ostra después de 12 meses de almacenamiento							
Aerobios mesófilos (UFC/mL)		Hongos y levaduras (UFC/mL)			Coliformes totales (UFC/mL)		
< 10		< 10			< 10		

efectuados a las conservas durante 12 meses mostraron ausencia de crecimiento de colonias de microorganismos, lo que refleja su inocuidad. El proceso de conservación en salmuera de estos hongos permite prolongar su vida comercial y garantiza la ausencia de peligrosidad microbiana haciéndola viable para su consumo.

8. Manejo de los subproductos. La pulpa residual del cultivo del hongo ostra muestra un incremento en el contenido de proteína y la degradación de la lignina producida por las especies de *Pleurotus*, esto aumenta la digestibilidad de esta pulpa residual y abre la posibilidad de poderla utilizar en la alimentación animal.

Lozano (1990) reporta que el sustrato residual de la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café, se suministró en mezcla con pasto de corte, a vacas lactantes, en una cantidad diaria de 10 kg de residuo

por vaca. Después de tres meses no se observaron síntomas adversos en las vacas alimentadas con este residuo y se registró un incremento promedio de leche de un 12%, respecto a la producción obtenida antes de esta alimentación. Herrera y Saldaña (1991), también reportan que el sustrato residual del cultivo de los hongos puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes debido a sus propiedades probióticas (que ayudan a la asimilación de los alimentos).

En Cenicafé, el sustrato residual del cultivo de los hongos ostra en pulpa de café se transformó en abono orgánico mediante la utilización de la lombriz roja, alcanzando porcentajes promedios de conversión en lombricompuesto, en materia seca, del 50,5% y una producción media de biomasa de lombriz del 0,5% (Rodríguez & Jaramillo, 2005a). En la Tabla 7 se presenta la caracterización de la pulpa residual proveniente del cultivo de los hongos ostra.

Al comparar los valores de los parámetros del análisis bromatológico y de minerales de la pulpa residual, proveniente del cultivo de los hongos ostra, con los de la pulpa de café fresca utilizada como sustrato, condensados en la Tabla 7, puede apreciarse que después del cultivo de los hongos, la pulpa incrementa

sus valores de proteína, fibra y calcio, a la vez que disminuyen los valores de potasio y la relación C/N, potenciando su uso en la elaboración de alimentos para consumo humano y animal y para la elaboración de abonos orgánicos, fortaleciendo el modelo de la bioeconomía circular en la pulpa de café.

Tabla 7. Análisis bromatológico y de minerales de la pulpa de café antes y después del proceso de producción de los hongos ostra (Rodríguez & Jaramillo, 2005a).

Parámetro	Unidades	Características de la pulpa de café	
		Fresca	Residual del cultivo
Humedad	%	77,70	81,67
Materia seca	% base seca	22,30	18,33
Energía	kcal/100 g secos	387	389
Nitrógeno	% base seca	1,53	2,49
Proteína	% base seca	9,55	15,56
Cenizas	% base seca	6,99	6,23
Fibra	% base seca	18,70	25,24
Grasa	% base seca	2,98	2,80
Extracto libre de nitrógeno	% base seca	61,79	50,16
Fósforo	% base seca	0,08	0,06
Potasio	% base seca	2,20	1,37
Calcio	% base seca	0,29	0,78
Magnesio	% base seca	0,08	0,15
Hierro	mg kg ⁻¹ base seca	458	573
Manganeso	mg kg ⁻¹ base seca	34	77
Zinc	mg kg ⁻¹ base seca	22	39
Cobre	mg kg ⁻¹ base seca	13	24
C/N		40	24

Recetas que incorporan el uso de hongos ostra

Las normas más importantes y fundamentales que deben seguirse en la buena cocina de las setas son:

1. Asegurarse de que el producto sea lo más fresco posible (los hongos son productos perecederos y por lo tanto se deterioran fácilmente, en un período corto de tiempo).
2. Aplicar procedimientos culinarios que faciliten la permanencia de aromas y sabores del producto elaborado y también la buena calidad nutritiva que aporta. Así, por ejemplo, las comidas con hongos deben consumirse inmediatamente después de su elaboración; no conviene dejar restos de un día para otro, ya que en su recalentamiento puede perderse el aroma y excelente sabor de las setas (Oyarbide, 2003).
3. El tiempo de cocción o de fritura es variable, según la especie del hongo y el tipo de guiso. Como norma general, conviene esperar a que se evapore el líquido que sueltan las setas para, a continuación, servirlos.

Además de la importancia de utilizar hongos frescos en las recetas, también hay que considerar otros aspectos importantes: la falta de madurez de los hongos causa cierta insuficiencia en sus cualidades nutritivas y organolépticas, el exceso de madurez, de humedad y los hongos

enfermos, son causales que los predisponen a la descomposición. Por tales motivos, es aconsejable no utilizar hongos inmaduros, sobremaduros, enfermos o demasiado húmedos. Los hongos no requieren de un raspado previo, basta lavarlos con un poco de agua limpia para evitar la pérdida de aromas y sabores. La mejor forma de lavarlos es, una vez retirada la parte inferior del pie (que tiene una consistencia leñosa), ponerlos bajo el chorro de agua del grifo y secarlos con un paño o con un papel de cocina absorbente. Si han de trocearse mucho, lo mejor es cortarlos después del lavado (Oyarbide, 2003).

A continuación, se presentan diez recetas de preparación sencilla en las que se utilizan hongos ostra (Figura 23).



Figura 23. Recetas que incluyen el uso de hongos ostra.

1. Orellanas salteadas sobre arepa

(Porción para cuatro personas).



Ingredientes:

- 250 g de hongos ostra.
- 200 g de cilantro.
- Mantequilla.
- Sal.



Preparación

Coloque el cilantro picado en mantequilla bien caliente, añada los hongos picados y sofría durante cinco minutos. Luego, sirva las orellanas sobre una arepa de maíz caliente.



2. Arroz con orellanas y tocino

(Porción para ocho personas).



Ingredientes:

- 2 pocillos de arroz (300 g).
- 1 cuchara de aceite de cocina o mantequilla.
- ½ libra (250 g) de tocino.
- 1 libra (500 g) de hongos ostra.



Preparación

Dore el tocino finamente picado en mantequilla, añada los hongos picados y un poco de sal, vierta el arroz lavado en una sartén y sofría durante cinco minutos. Añada cuatro pocillos de agua y coloque a fuego lento, hasta que el arroz tenga la consistencia adecuada.

3. Tortilla de orellanas

(Porción para cuatro personas).



Ingredientes:

- 4 huevos.
- ½ libra (250 g) de hongos ostra.
- 3 cucharadas grandes de mantequilla o aceite de cocina.
- Sal al gusto.



Preparación

Coloque la mantequilla en una sartén amplia, cuando esté bien caliente añada los hongos picados, dórelos un poco y añada los huevos previamente batidos y cocine hasta obtener la consistencia deseada.



4. Hogao con orellanas

(Porción para ocho personas).



Ingredientes:

- 3 cebollas cabezonas.
- 1 gajo de cebolla de rama.
- 3 tomates maduros.
- 1 libra (500 g) de hongos ostra.
- 4 dientes de ajo.
- Aceite.
- Sal.
- Pimienta al gusto.



Preparación

Coloque las verduras finamente picadas en mantequilla y sofría durante cinco minutos. Luego, añada los hongos picados y sofría durante diez minutos más.

5. Orellanas gratinadas

(Porción para ocho personas) (MADR, 2001).



Ingredientes:

- 60 gramos de queso parmesano.
- 1 libra (500 g) de hongos ostra.
- 30 gramos de harina de trigo.
- 30 gramos de mantequilla.
- 3 cucharadas de crema de leche.
- 2 cucharadas de harina de tostada.
- Leche.
- 1 cubo de caldo de gallina.
- Sal.
- Pimienta al gusto.



Preparación:

Coloque los hongos ostra en agua hirviendo durante tres minutos, luego escúrralos y córtelos en tiras anchas. Prepare la salsa derritiendo la mantequilla y adicionando la harina, la leche y el caldo de gallina, mezcle continuamente para que no se formen grumos. Posteriormente, adicione la crema de leche, la sal y la pimienta al gusto. Mezcle el queso parmesano y la harina de tostada.

En una refractaria previamente enmantequillada, coloque los hongos ostra hasta colmar el molde, cubra con la salsa y al final espolvoree la mezcla de queso y tostada. Lleve al horno por 20 minutos a 180°C.

6. Orellanas al ajillo

(Porción para cuatro personas).



Ingredientes:

- 1 cubo de caldo de gallina.
- 2 dientes de ajo.
- ½ libra (250 g) de hongos ostra.
- Mantequilla.



Preparación

Pique en trozos muy pequeños los dientes de ajo y dórelos en la mantequilla. Luego, añada los hongos picados y sofría durante diez minutos. Finalmente añada el caldo de gallina en polvo y cocine hasta su incorporación.



7. Crema de orellanas

(Porción para cuatro personas) (MADR, 2001).



Ingredientes:

- ½ libra (250 g) de hongos ostra.
- 2 cucharadas de mantequilla.
- 1 cucharada de harina de trigo.
- ½ cebolla cabezona.
- 1 taza de leche.
- 1 cubo de caldo de gallina.
- Perejil.
- Pimienta.
- Sal.



Preparación

Lave los hongos y escúrralos. Licúe la tercera parte de los hongos con la ½ cebolla en un poco de leche y los demás córtelos en tiras o cuadros. Sofría la harina en la mantequilla, cuando dore, agregue los hongos licuados y adicione el caldo de gallina, la sal y la pimienta. Hierva durante unos minutos y antes de retirar la mezcla del fuego agregue la leche y el resto de los hongos, deje al fuego cinco minutos más.

8. Lentejas con orellanas

(Porción para cuatro personas) (MADR, 2001).



Ingredientes:

- ½ libra (250 g) de hongos ostra.
- ½ libra (250 g) de lentejas.
- 30 gramos de mantequilla.
- 2 cucharadas de aceite.
- 2 cucharadas de eneldo.
- 1 cucharada de harina de trigo.
- 1 cucharada de azúcar.
- 1 cubo de caldo de carne.
- 2 tomates maduros.
- 1 cebolla de rama.
- 1 diente de ajo.
- Sal.
- Pimienta.



Preparación

Cocine las lentejas con un poco de sal y posteriormente escúrralas en un colador. Lave los hongos y córtelos en tiras, corte la cebolla en cuadros y pique finamente el ajo. En aceite caliente sofría los hongos, las cebollas y el ajo, si lo considera necesario añada un poco de agua. En otro sartén, caliente la mantequilla y agregue la harina, revolviendo frecuentemente, luego añada los tomates picados en cuadritos y el caldo de carne. Agregue a esta salsa el contenido del otro sartén (hongos) y las lentejas, deje que hierva unos minutos, añada sal y pimienta al gusto, un poco de azúcar y eneldo picado, como opcional.

9. Espaguetis con orellanas

(Porción para cuatro personas) (MADR, 2001).



Ingredientes:

- 1 libra (500 g) de espaguetis.
- ½ libra (250 g) de hongos ostra.
- 100 gramos de queso parmesano.
- 30 gramos de mantequilla.
- 1 cebolla cabezona.
- 3 tomates maduros.
- 3 dientes de ajo.
- Albahaca.
- Sal.
- Pimienta al gusto.



Preparación

Cocine los espaguetis en agua con un poco de aceite durante seis minutos hasta que queden al dente. A los tomates, bien maduros, retíreles la piel y macérelos. Aparte parte la cebolla en cuadros pequeños y pique finamente el ajo. Sofría en la mantequilla los hongos picados, la cebolla, el tomate, el ajo y agregue la albahaca, la sal y pimienta al gusto, deje sazonar el conjunto durante 15 minutos. Cuando esté lista la salsa sirva sobre los espaguetis y rocíe el queso parmesano.

10. Orellanas apanadas

(porción para cuatro personas) (MADR, 2001).



Ingredientes:

- 12 hongos ostra medianos.
- 1 cucharada de perejil.
- 150 gramos de harina de trigo.
- 1 taza de leche.
- 1 taza de agua.
- 1 huevo.
- Aceite.
- Sal.
- Pimienta.



Preparación

Lave los hongos y séquelos con cuidado. Luego, adicione sal y pimienta al gusto. Forme una masa con la harina, la sal, el huevo, la leche y el agua, añada el perejil finamente picado y mezcle todo muy bien. Caliente el aceite en una sartén, pase los hongos por la harina y asegure que queden bien cubiertos por ambas caras. Fríalos en aceite bien caliente hasta que doren.

Cultivo de hongos medicinales en pulpa de café

La pulpa de café puede utilizarse sola o mezclada con otros subproductos agrícolas de la finca cafetera para el cultivo de hongos medicinales. Actualmente, el valor de la producción mundial de hongos y productos medicinales extraídos de ellos se estima en más de 62 billones de dólares.

Entre los hongos medicinales se destaca *Ganoderma lucidum*, también conocido con el nombre de seta pipa, Reishi, Mannetake, Ling Chi, Ling Zi, hongo de la inmortalidad y políporo panacea, tiene aroma a madera y sabor amargo, por su contenido de terpenoides. En el mercado de Oriente tradicionalmente se vende seco, también se encuentra en forma de píldoras, cápsulas y té. Aunque este hongo es relativamente duro, puede usarse en algunos platos especialmente en sopas o puede prepararse en infusión.

Los extractos de esta seta poseen efectos antivirales, antitumorales y antibacteriales, además tiene efecto inmunopotenciador, antiinflamatorio, antialérgico y hepatoprotector. Se utiliza por su efecto antitumoral en el tratamiento contra el cáncer, tiene efectos antitrombosis – antivirales (por la presencia de germanio orgánico), reduce el colesterol, el excedente de grasa y el nivel de azúcar. Existen dos clases principales de compuestos, presentes en la seta, con actividades

farmacológicas, estos son: los triterpenos y los polisacáridos. Los primeros, disminuyen la presión sanguínea y son benéficos como anti-inflamatorios y como antivirales. Los polisacáridos tienen efectos estimulantes en las células sanguíneas que conllevan a la liberación de citoquinas y linfoquinas, lo que explica los efectos antitumorales, hipoglicémicos e inmunopotenciadores (Hobbs, 1996).

El cultivo de *G. lucidum* sobre la pulpa de café es muy similar al del hongo ostra e incluye las siguientes etapas:

1. Producción de la semilla de los hongos
2. Adecuación de la pulpa de café
3. Etapa de inoculación (siembra de la semilla del hongo sobre la pulpa)
4. Etapa de incubación
5. Etapa de fructificación
6. Etapa de cosecha
7. Manejo poscosecha
8. Manejo de los subproductos del proceso productivo

Para el caso de la etapa de adecuación del sustrato, puede realizarse por dos métodos: el método en frío con fermentación bajo condiciones

anaerobias, durante diez días (similar al utilizado para el hongo ostra) y el método con tratamiento térmico con el que se eliminan microorganismos competidores presentes en la pulpa de café y que interfieren con el desarrollo de *G. lucidum*, de esta forma se facilita la absorción de los nutrimentos del sustrato por las hifas del hongo. La duración de esta etapa depende de las temperaturas de esterilización y de la cantidad de pulpa de café a procesar, y puede tomar entre una a seis horas (Rodríguez & Jaramillo, 2005b).

El tratamiento térmico puede realizarse en autoclaves o de forma artesanal con vapor a presión atmosférica, para este caso se utilizan recipientes metálicos a los cuales se les adiciona agua en el fondo (para producir el vapor), se

incorpora una parrilla metálica que soporte el material, evitando el contacto directo de este con el agua y se colocan sobre una fuente de calor (estufa de gas o leña). La esterilización del sustrato toma alrededor de cinco horas, contadas desde el momento en el cual la temperatura del termómetro sea igual a la temperatura de ebullición del agua a las condiciones del sitio de trabajo, la cual para la zona cafetera varía entre 90°C y 96°C (Rodríguez & Jaramillo, 2005b).

Para obtener un crecimiento óptimo de *G. lucidum* deben tenerse en cuenta las condiciones de cultivo descritas en la Tabla 8. En su ciclo de cosecha se obtienen dos recolecciones, durante un período de tiempo comprendido entre los 90 y los 120 días después de la inoculación. Estos

Tabla 8. Condiciones de cultivo para obtener los óptimos de crecimiento y producción de *G. lucidum*. **Fuente:** Rodríguez & Jaramillo (2005b).

Condiciones de proceso	Etapa de proceso			
	Incubación	Fructificación		
		Formación de primordios	Formación de sombrero joven	Desarrollo del sombrero
Temperatura	21 – 27°C	18 – 24°C	21 – 27°C	21 – 27°C
Humedad relativa	95 – 100%	95 – 100%	95 – 100%	90 – 95%
Duración	10 – 20 días	14 – 28 días	14 – 28 días	60 días
[CO₂]	Hasta 50.000 mg L ⁻¹	Entre 20.000 y 40.000 mg L ⁻¹	Entre 2.000 y 5.000 mg L ⁻¹	< 2.000 mg L ⁻¹
Cambios de aire fresco	0 a 1 por hora	0 a 1 por hora	5 a 10 por hora	12 a 16 por hora
Requerimiento de luz	No requiere	4–8 horas a 200–500 lux.	12 horas a 500–1.000 lux	12 horas a 750–1.500 lux

hongos contienen usualmente un 80% de agua, 10% menos que otros hongos carnosos. Los rendimientos obtenidos en una primera cosecha pueden alcanzar un 15% de eficiencia biológica entre los 30 y los 60 días después de la emergencia del tallo. La segunda cosecha representa entre un 25% a un 50% de la anterior.

Después de la cosecha, los carpóforos de *G. lucidum* deben almacenarse en lugares frescos, secos y limpios, después de secarse en secadores solares o en secadores mecánicos a 60°C. El tiempo de secado es de aproximadamente dos a tres días y durante el mismo deben disponerse los cuerpos fructíferos con la parte inferior del carpóforo hacia abajo. El sobresecado deteriora la calidad del producto, debido a que la parte inferior de la superficie porosa se oscurece (Chen, 2005).

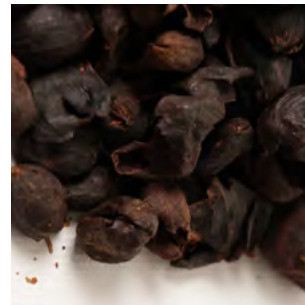
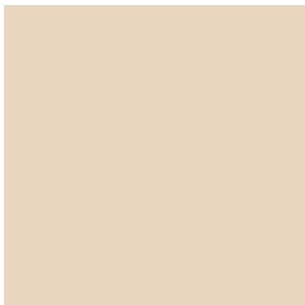
Figura 24. Aspecto de la etapa de fructificación de *G. lucidum* sobre pulpa de café.

En la Figura 24 se presenta el aspecto de la etapa de fructificación del hongo *G. lucidum* cultivado sobre pulpa de café.

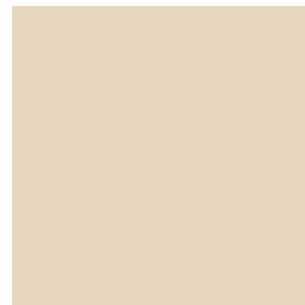
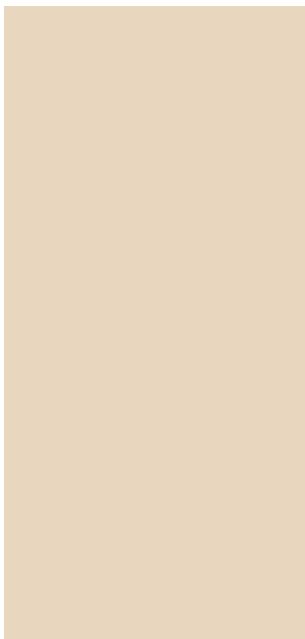
Manejo de los subproductos

Dentro del esquema de la bioeconomía circular, la pulpa residual del cultivo de *G. lucidum* puede utilizarse para el cultivo de los hongos ostra, sola o en mezcla con pulpa fresca, para esto debe adecuarse mediante un tratamiento térmico para eliminar microorganismos competidores. Lo anterior, dado que el material residual del cultivo de *G. lucidum* queda aún con buenos contenidos de fibra y celulosa, y los hongos ostra tienen la habilidad de degradar estos compuestos. También puede ser utilizado como materia prima para la elaboración de proteína animal (lombrices, larvas de mosca) y para la elaboración de abonos orgánicos.





Harina de pulpa de café y sus usos



Harina de pulpa de café

La harina de pulpa de café es un producto que puede conservarse por períodos prolongados de tiempo (superiores a un año), cuando se almacena en condiciones apropiadas, para su uso en diferentes preparaciones alimentarias tanto para consumo humano como para consumo animal. Para su aprovechamiento como alimento, es necesario manejar adecuadamente la pulpa, aplicando buenas prácticas agrícolas y de manufactura con el fin de obtener un producto inocuo. Esto implica mantener en buen estado de mantenimiento y limpieza todos los materiales y equipos utilizados durante las etapas de beneficio, secado, molienda y tamizado de la pulpa de café, en el proceso de producción de la harina, ya que en las superficies sucias pueden albergarse microorganismos patógenos como la bacteria *Escherichia coli* que le pueden ocasionar una contaminación cruzada al producto y comprometer su inocuidad (Rusin et al., 1998).

Obtención de la harina de pulpa de café

La pulpa de café se ha utilizado, en diferentes estudios, para la elaboración de harina con aplicación en panadería y repostería. Unos de los puntos críticos en el proceso de elaboración de la harina son el tiempo y la temperatura usada durante el secado de la pulpa. Hernández (2019), indica que la aplicación de altas temperaturas (mayores a 70°C) en el proceso de secado de la pulpa propicia la pérdida de propiedades funcionales en la harina para la elaboración de productos como galletas y bebidas, y un tiempo de secado que no permita que la pulpa cumpla con los requerimientos de humedad exigidos en las harinas (menor al 14,5%) favorece el crecimiento de microorganismos indeseables del grupo de los aerobios mesófilos, coliformes y hongos filamentosos, generando un riesgo potencial a la salud de los consumidores y reduciendo su vida de anaquel.

Ramos & Ticliahuanca (2020) evaluaron temperaturas de secado para la pulpa de café de 40°C, 45°C y 50°C, en secadores mecánicos, reportando que en este rango no se afectó la calidad del producto. Otros autores recomiendan el secado con energía solar. Sevillano (2021) y Fernández (2022), reportan el secado de la pulpa de café al sol a temperaturas promedio de 30°C por dos a cinco días, para la elaboración de harina.

Las harinas crudas que se utilizan para la alimentación humana deben cumplir con estándares de calidad microbiológica. Según la Resolución 1407 del 05 de agosto del 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, donde se establecen los criterios microbiológicos que debe cumplir los alimentos para consumo humano, se reporta que las harinas y mezclas crudas deben tener un recuento de mohos y levaduras que no superen los 3×10^3 UFC/g, que la *E. coli* (bacteria patógena) no supere 10 UFC/g, que el recuento de *Bacillus cereus* no supere

5×10^2 UFC/g y que no esté presente *Salmonella* spp./25 g.

En Cenicafé, se evaluó el proceso de producción de harina de pulpa de café para su posterior uso en alimentación humana y animal. Para ello se procesaron frutos de café variedad Castillo® los cuales cumplieron en el campo con el período de carencia, se realizó un proceso de beneficio ecológico en el cual el despulpado se realizó sin agua y se aplicaron las prácticas del Proceso 7P®.

Inmediatamente se obtuvo la pulpa de café, se llevó a secado solar en un secador parabólico y en secadores eléctricos a 40°C, utilizando capas de pulpa que no superaron los 3,0 cm de espesor y realizando tres volteos diarios, tal como se recomienda para el secado al sol del grano de café (Ramírez et al., 2002), hasta alcanzar humedades inferiores a 14,5% (la cual puede determinarse manualmente cuando la pulpa de café seca se sienta crujiente), tomando

como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 267 para la harina de trigo.

Una vez seca, la pulpa de café se molió y tamizó hasta un tamaño de partícula inferior a 0,2 mm, tomando como referencia la Norma Técnica Colombiana NTC 267 para la harina de trigo, se caracterizó en su contenido de humedad y parámetros bromatológicos y microbiológicos. Posteriormente, la harina de pulpa de café obtenida se empacó para su almacenamiento, en bolsas al vacío para evitar la rehidratación del producto. En la Figura 25 se ilustra el proceso de obtención de la harina.

Composición de la harina de pulpa de café

En la Tabla 9 se presentan los resultados de la caracterización bromatológica de la harina de pulpa de café y en la Tabla 10 los resultados del recuento microbiológico.



Figura 25. Proceso de obtención de la harina de pulpa de café.

A. Aspecto de los frutos de café provenientes de la aplicación del Proceso 7P®. **B.** Proceso de secado al sol de la pulpa de café. **C.** Etapa de molienda. **D.** Etapa de tamizado. **E.** Aspecto de la harina de pulpa de café. **F.** Empacado.

Considerando que una de las aplicaciones de la harina de pulpa de café es su uso en la alimentación humana, como sustituto parcial de la harina de trigo en panificación, repostería y galletería, se determinó que su contenido de proteína es del 12,55%, valor que se encuentra dentro del rango exigido por la norma técnica NTC 267 para la harina de trigo, la cual establece mínimo de 7,0%. Así mismo, el contenido de humedad de la harina de pulpa de café fue del 10,83% cumpliendo con el requisito de la norma que exige un valor inferior al 14,5%. Para el caso de los recuentos de contaminantes microbiológicos, la norma NTC 267 establece valores límite óptimos de 3×10^3 UFC/g para mohos y levaduras, de 5×10^2 UFC/g para *B. cereus* y 10 UFC/g para *E. coli* y ausencia de *Salmonella* spp./25 g. Los valores obtenidos en la harina de pulpa cumplen con los requisitos de la norma.

Otra de las aplicaciones de la harina de pulpa de café es su uso como sustituto del maíz en la elaboración de concentrados para alimentación animal, ya que el maíz es un ingrediente fundamental en los alimentos balanceados o piensos, pudiendo presentar hasta un 65% de su composición. Así mismo, puede emplearse como reemplazo parcial de la harina precocida de maíz destinada al consumo humano, para la cual la norma técnica colombiana NTC 3594 establece un contenido mínimo de proteína del 6,0%, y un contenido máximo de humedad del 13,0%. Igualmente, esta norma establece como requisitos microbiológicos valores límite de 3×10^3 UFC/g para mohos y levaduras, de

5×10^2 UFC/g para *B. cereus* y 10 UFC/g para *E. coli* y ausencia de *Salmonella* spp./25g, valores que se cumplen en la harina de pulpa de café.

La harina de pulpa de café también puede utilizarse para reemplazar el salvado de maíz en la alimentación animal, hasta en un 20%, ya que de acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 535-2, el salvado de maíz utilizado en la alimentación animal debe tener como mínimo 9,0% de proteína y máximo un 12,0% de humedad y como requisitos microbiológicos establece valores límite de 3×10^3 UFC/g en mohos y levaduras y *E. coli* y *Salmonella* spp./25 g ausentes, valores que se cumplen en los análisis de la harina de pulpa de café.

Debido a que la harina de pulpa de café presenta niveles de grasa, cenizas y potasio superiores a los establecidos por las normas técnicas, se recomienda no utilizarla como el ingrediente principal en preparaciones para alimentación humana o animal. En su lugar, se sugiere emplearla como sustituto parcial, en proporciones que no superen el 20% respecto a las harinas de trigo o de maíz.

Usos de la harina de pulpa de café

La harina de pulpa de café puede utilizarse tanto en la alimentación humana como en la alimentación animal, como suplemento, reemplazando algún ingrediente tradicional

Tabla 9. Composición bromatológica de la harina de pulpa de café.

Parámetro	Unidades	Rango de valores
Humedad	%	10,83
Materia seca	%	89,17
Materia orgánica	% base seca	92,82
Energía	kcal/100 g secos	387
Cenizas	% base seca	7,18
Nitrógeno	% base seca	2,01
Proteína	% base seca	12,55
Grasa total	% base seca	3,05
Fibra dietaria	% base seca	19,54
Azúcares totales	% base seca	25,27
Carbohidratos totales	% base seca	77,22
Hierro	% base seca	0,01
Calcio	% base seca	0,42
Potasio	% base seca	2,95
Cobre	% base seca	0,03
Magnesio	% base seca	0,13

Tabla 10. Recuento microbiológico de la harina de pulpa de café.

Parámetro	Valores establecidos en la Resolución 1407 del 2022 (MinSalud)		Valores en la harina de pulpa de café
	Límite óptimo	Límite aceptable	
Mohos y levaduras	3x10 ³ UFC/g	5x10 ³ UFC/g	1,6x10 ³ UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	5x10 ² UFC/g	1x10 ³ UFC/g	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	10 UFC/g	1x10 ² UFC/g	Ausencia
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia/25 g	Ausencia/25 g	Ausencia

o incorporando ingredientes funcionales, como es el caso de los antioxidantes que se utilizan para prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, algunas formas de cáncer y otros desórdenes como diabetes y enfermedades reumatoideas (Rodríguez, 2023).

Uso de la harina de pulpa de café en alimentación animal

La harina de pulpa de café tiene una gran aplicación en la alimentación animal, tanto de monogástricos como de rumiantes, en proporciones que no superen el 20% el peso de la dieta diaria de los mismos. La harina de pulpa de café presenta dos grandes ventajas en su aprovechamiento en la alimentación animal: 1. Su vida útil, que supera al año cuando se almacena en condiciones apropiadas; y 2. Su facilidad de dosificación y mezcla con los piensos.

Uso de la harina de pulpa de café en alimentación humana

La harina de pulpa de café se ha evaluado como ingrediente en la elaboración de diferentes alimentos tradicionales en la gastronomía de las fincas cafeteras tales como: frijoles, lentejas, blanquillos, sopas, arroz, guisos, arepas, coladas, panes, tortas, tostadas y galletas, entre otros (Cooperativa de caficultores de Antioquia & Universidad de Antioquia, 2022).

Uso en panadería, galletería y repostería

La panadería es el arte de mezclar, amasar y hornear diferentes ingredientes para obtener pan de todos los tamaños, formas, texturas y sabores; la galletería consiste en el arte de elaborar productos alimenticios, fundamentalmente por una mezcla de harinas, grasas y agua, a la que pueden adicionarse o no azúcares y otros productos alimenticios (aditivos, aromas, condimentos, especias, etc.), y que se someten a un proceso de amasado y posterior tratamiento térmico y la repostería es el arte y oficio de preparar y decorar dulces, como tortas, galletas, pasteles, cremas y otros postres.

La harina de pulpa de café puede emplearse en panadería, repostería y galletería reemplazando, hasta un 20% de la harina de trigo o de la harina de maíz precocido. En diferentes elaboraciones se han obtenido productos con buena calidad sensorial y bromatológica al sustituir el 5% de la harina de trigo en pan tradicional, el 10% en pan dulce y también el 10% en galletas.

Galletas de mantequilla con harina de pulpa de café

(Cooperativa de caficultores de Antioquia & Universidad de Antioquia, 2022).



Figura 26. Galletas con harina de pulpa de café.



Ingredientes

(Para 20 porciones de 25 gramos).

- 1 taza de mantequilla (250 g).
- 8 cucharas soperas colmadas de azúcar (170 g).
- 1 huevo.
- 12 cucharas soperas colmadas de harina de trigo (260 g).
- 2 cucharas soperas de harina de pulpa de café (22 g).
- 1 cucharadita de sal (2 g).
- 1/2 cucharadita de esencia de vainilla.



Preparación

Disponga la mantequilla y el azúcar en un recipiente y con la ayuda de un batidor mezcle hasta que la mantequilla haya aclarado su color. Añada el huevo y mezcle hasta homogeneizar. Añada las harinas, la sal y la esencia de vainilla y con la ayuda del batidor mezcle. Refrigere durante una hora como mínimo. Moldee la mezcla con la forma de la galleta enharinada. Precaliente el horno a 180°C y luego hornee las galletas por 15 minutos.

En la Figura 27 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de las galletas de mantequilla con harina de pulpa de café.



Figura 27. Proceso de producción de galletas de mantequilla con harina de pulpa de café.

Torta con harina de pulpa de café

(Universidad de Antioquia & Cooperativa de Caficultores de Antioquia, 2022).



Figura 28. Torta con harina de pulpa de café.



Ingredientes.

(Para ocho porciones de 50 gramos).

- 3/4 taza de harina de trigo (185 g).
- 1 cuchara sopera colmada de harina de pulpa de café (10 g).
- 1/2 barra de mantequilla (62 g).
- 8 cucharas soperas colmadas de azúcar (170 g).
- 3 huevos.
- ½ bolsa tamaño personal de kumis (100 g).
- ½ cucharadita de polvo de hornear (2 g).



Preparación

Mezcle las harinas, la mantequilla, el azúcar, los huevos, el kumis y el polvo de hornear hasta tener un batido homogéneo. Disponga la mezcla en un molde o refractaria previamente engrasado y enharinado. Precaliente el horno a 160°C y lleve la mezcla al horno, entre 40 a 60 minutos o hasta que introduzca un cuchillo y este salga limpio. Deje enfriar y desmolde.

En la Figura 29 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de la torta con harina de pulpa de café.



Figura 29. Proceso de producción torta con harina de pulpa de café.

Torta de pastores con pulpa de café



Figura 30. Torta de pastores con pulpa de café.



Ingredientes

(Para ocho porciones de 50 gramos).

- 3/4 de taza de harina de trigo (187 g).
- Canela en polvo (3 g).
- Clavos molidos de olor (2 g).
- Una cucharada de polvo para hornear (4 g).
- Bicarbonato de sodio (2 g).
- 3 huevos.
- 1 naranja.
- ½ taza de infusión de pulpa de café (125 mL).
- ½ taza de pulpa de café en almíbar (72 g).
- 6 cucharadas de leche condensada (120 g).
- 4 cucharadas de mantequilla (56 g).



Preparación

Mezcle la harina de trigo, canela, clavos, polvo para hornear y el bicarbonato en un tazón hasta tener una harina homogénea. Prepare una infusión de pulpa de café usando 4 gramos de harina en 125 mL de agua (como se explica en la pág. 95). Prepare pulpa de café en almíbar (como se explica en la pág. 26) y deje reposar las preparaciones hasta temperatura ambiente. Aparte, integre en un sartén la infusión de pulpa de café preparada, la pulpa de café en almíbar, el zumo de la naranja y caliente por diez minutos hasta obtener una salsa concentrada y déjela reposar hasta temperatura ambiente. Por otro lado, con la ayuda de una batidora o una licuadora, añada la leche condensada, la mantequilla y la rayadura de cáscara de la naranja y bata hasta obtener una consistencia homogénea y cremosa. Ya con las tres preparaciones, integre los huevos

a la harina, la salsa y el cremado en un mismo tazón y mezcle hasta obtener una consistencia homogénea. Precaliente el horno a 180°C, añada la mezcla a un molde enharinado y hornee por 30 minutos a 180°C, o hasta introducir un cuchillo y que este salga limpio. Deje enfriar y desmolde.

En la Figura 31 se ilustra la secuencia del proceso de la torta de pastores con pulpa de café.



Figura 31. Proceso de elaboración de torta de pastores con pulpa de café.

Pan con harina de pulpa de café

(Cooperativa de caficultores de Antioquia & Universidad de Antioquia, 2022).



Figura 32. Pan con harina de pulpa de café.



Ingredientes

(Para diez porciones de 50 gramos).

- ½ taza de leche (125 mL).
- 1 sobre de levadura seca (7 gramos).
- 1 huevo.
- 3 cucharas soperas de aceite (20 mL).
- 3 cucharas soperas de azúcar (63 g).
- 280 gramos de harina de trigo.
- 2 cucharas soperas colmadas de harina de pulpa de café (20 g).
- 1/4 taza de mantequilla (62 g).
- 3 cucharaditas de sal.



Preparación

Caliente la leche en una olla hasta que esté tibia y disuelva el azúcar y la levadura. Luego, añada el huevo y el aceite. Adicione los demás ingredientes y amase, por lo menos, 15 minutos. Deje reposar la masa por una hora, cubierta con una toalla de cocina limpia y húmeda. Retire del recipiente y forme un cilindro con la masa. Lleve la masa a la bandeja previamente enharinada y deje reposar por una hora (cubierta con una toalla de cocina). Barnice el pan con huevo, con la ayuda de una brocha. Precaliente el horno a 170°C y hornee por 30 minutos. Deje enfriar por lo menos 15 minutos.

En la Figura 33 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración del pan con harina de pulpa de café.



Figura 33. Proceso de elaboración de pan con harina de pulpa de café.

Tostadas con harina de pulpa de café

(Cooperativa de caficultores de Antioquia & Universidad de Antioquia, 2022).



Figura 34. Tostadas con harina de pulpa de café.



Ingredientes

(Para diez porciones de 35 gramos).

- ½ taza de leche (125 mL).
- 1 sobre de levadura seca (7 g).
- 1 huevo.
- 3 cucharas soperas de aceite.
- 3 cucharas soperas de azúcar (63 g).
- 280 gramos de harina de trigo.
- 2 cucharas soperas colmadas de harina de pulpa de café (20 g).
- 1/4 taza de mantequilla (62 g).
- 3 cucharaditas de sal.



Preparación

Caliente la leche en una olla hasta que esté tibia y disuelva el azúcar y la levadura. Añada el huevo y el aceite. Adicione los demás ingredientes y amase, por lo menos, 15 minutos. Deje reposar la masa por una hora (cubierta con una toalla de cocina limpia y húmeda). Retire del recipiente y forme un cilindro con la masa. Lleve la masa a la bandeja previamente enharinada y deje reposar por una hora (cubierta con una toalla de cocina). Precaliente el horno a 170°C y hornee por 30 minutos. Deje enfriar por completo. Corte el pan con un cuchillo de sierra en tajadas de 1,0 cm de grosor. Lleve de nuevo las tajadas al horno a 100°C por 25 minutos.

En la Figura 35 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de las tostadas con harina de pulpa de café.



Figura 35. Proceso de elaboración de tostadas con harina de pulpa de café.

Uso en elaboración de infusiones, bebidas energizantes y coladas

La harina de pulpa de café puede utilizarse en la elaboración de infusiones calientes para obtener una bebida con cafeína, similar al café, con sensaciones organolépticas diferentes, para la elaboración de bebidas energizantes frías carbonatadas o sin carbonatar, helados y en la elaboración de coladas, entre otros usos. En el Reglamento de Ejecución de la Unión Europea del 2022 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 en la lista de la Unión de nuevos alimentos autorizados (Comisión Europea, 2022).

Figura 36. Preparación infusión de pulpa de café.

Infusión caliente a partir de harina de pulpa de café

Para la preparación de la infusión caliente se recomienda utilizar los diferentes métodos de preparación que se aplican para el café tostado y molido y usar entre 20 a 30 g del producto por cada litro de agua (Figura 36).



Bebidas energizantes a partir de harina de pulpa de café

Las bebidas energizantes también conocidas como neurotizantes o psicoactivas son bebidas sin alcohol que contienen sustancias estimulantes que permiten disminuir temporalmente la sensación de fatiga, además de aumentar la habilidad mental y están compuestas por cafeína, vitaminas y carbohidratos, compuestos que están presentes en la harina de la pulpa de café.

Para la elaboración de una bebida energizante (Figura 37) a partir de la harina de pulpa de café, se utiliza el mismo método de preparación de la infusión caliente, luego a esta se le adiciona azúcar y jugo de

limón al gusto, se embotella y pasteuriza entre 80°C a 90°C, durante 30 minutos. Si se quiere tener una bebida carbonatada se disminuye el volumen de agua en la preparación de la infusión y se diluye utilizando una bebida tipo soda. Conserve en refrigeración.

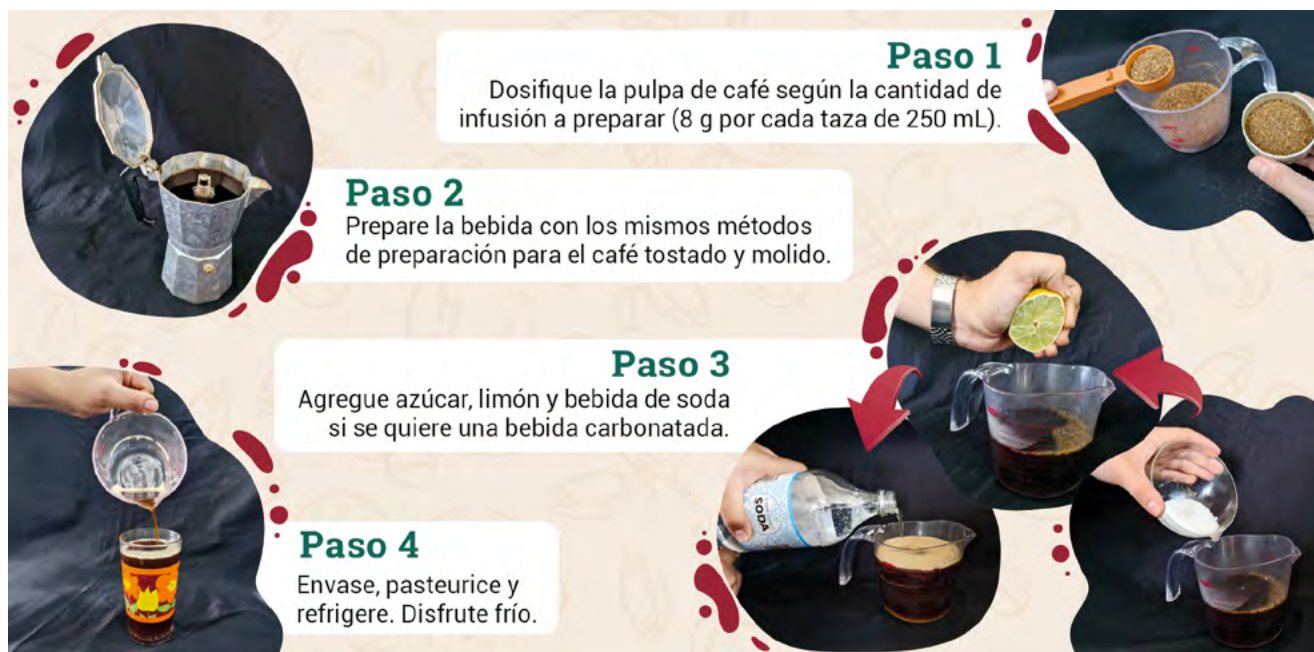


Figura 37. Proceso de preparación de la bebida energizante a partir de harina de pulpa de café.

Colada con harina de pulpa de café

(Universidad de Antioquia & Cooperativa de Caficultores de Antioquia, 2022).

La colada es una bebida de consistencia espesa muy común en el eje cafetero elaborada a base de leche y harina de cereales (avena, trigo, maíz), la cual es usual endulzarla con panela o azúcar y adicionarle canela.



Figura 38. Colada con harina de pulpa de café.



Ingredientes

(Para una porción) (vaso mediano).

- 1 taza de leche entera (200 mL).
- 1 cucharadita de mezcla de colada sabor a vainilla o almidón de maíz (7,5 g).
- 1 cuchara sopera colmada de azúcar (10 g).
- 1/2 cucharadita de harina de pulpa de café (5 g).



Preparación

Disuelva todos los ingredientes sólidos en la leche. Lleve a fuego medio agitando constantemente para evitar que se queme y hasta que rompa el hervor y espese. Retire del fuego y sirva.

En la Figura 39 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de la colada con harina de pulpa de café.



Figura 39. Proceso de elaboración de la colada con harina de pulpa de café.

Helado con infusión de pulpa de café

Es un postre congelado, conservado a una temperatura menor a -4°C , se caracteriza por su textura suave, cremosa y untuosa, que se consume con cuchara.



Figura 40. Helado con infusión de pulpa de café.



Ingredientes

(para tres porciones de 100 mL).

- 1 taza de leche entera (200 mL).
- Mezcla en polvo para helado (82 g).
- 100 mL de infusión de pulpa de café.



Preparación

Prepare una infusión de pulpa de café usando 4 gramos de harina de pulpa de café en 100 mL de agua y deje enfriar hasta temperatura

ambiente. En una licuadora, agregue la leche, la mezcla en polvo para helado y la infusión de pulpa de café. Bata hasta homogeneizar y obtener una consistencia cremosa. Sirva la mezcla en recipientes que moldeen y contengan el helado, y congele a una temperatura menor a -4°C , por lo menos cuatro horas.

En la Figura 41 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración del helado con infusión de pulpa de café.



Figura 41. Proceso de preparación de helado con infusión de pulpa de café.

Dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones

La pulpa residual del proceso de preparación de la infusión y de la bebida energizante (Figura 42) puede utilizarse para la elaboración de un dulce de leche (Figura 43), el cual es un postre tradicional de los países de América Latina, es espeso y tiene una textura parecida a la de las natillas o arequipes. Es una especie de leche caramelizada y se utiliza como postre o para complementar otros postres como pasteles, tortas, helados.



Figura 42. Ripio de pulpa de café obtenido en la preparación de la infusión.



Ingredientes

- 1 litro de leche entera.
- 250 gramos de azúcar.
- 250 gramos de pulpa residual de la preparación de la infusión.
- 1 pizca de bicarbonato de sodio (2g).
- Esencia de vainilla.



Preparación

Coloque la leche en una olla y caliente a fuego medio hasta que hierva. Luego, añada el azúcar y la pulpa residual. Con una cuchara de madera revuelva con frecuencia para evitar que se quemé o pegue en la base. Mezcle para disolver el azúcar, por último, adicione la esencia de vainilla y el bicarbonato de sodio suavemente, para evitar que la mezcla se riegue del recipiente. Continúe con la mezcla hasta que alcance el tono marrón tan característico de este postre. Conseguir la textura y color ideal del dulce de leche puede tardar alrededor de dos horas. Una vez elaborado, guárdelo en un recipiente con tapa. Para que adopte una textura más cremosa y sólida, déjelo en refrigeración para que se enfríe y endurezca un poco.

En la Figura 44 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración del dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones.



Figura 43. Dulce de leche con ripio de pulpa de café.

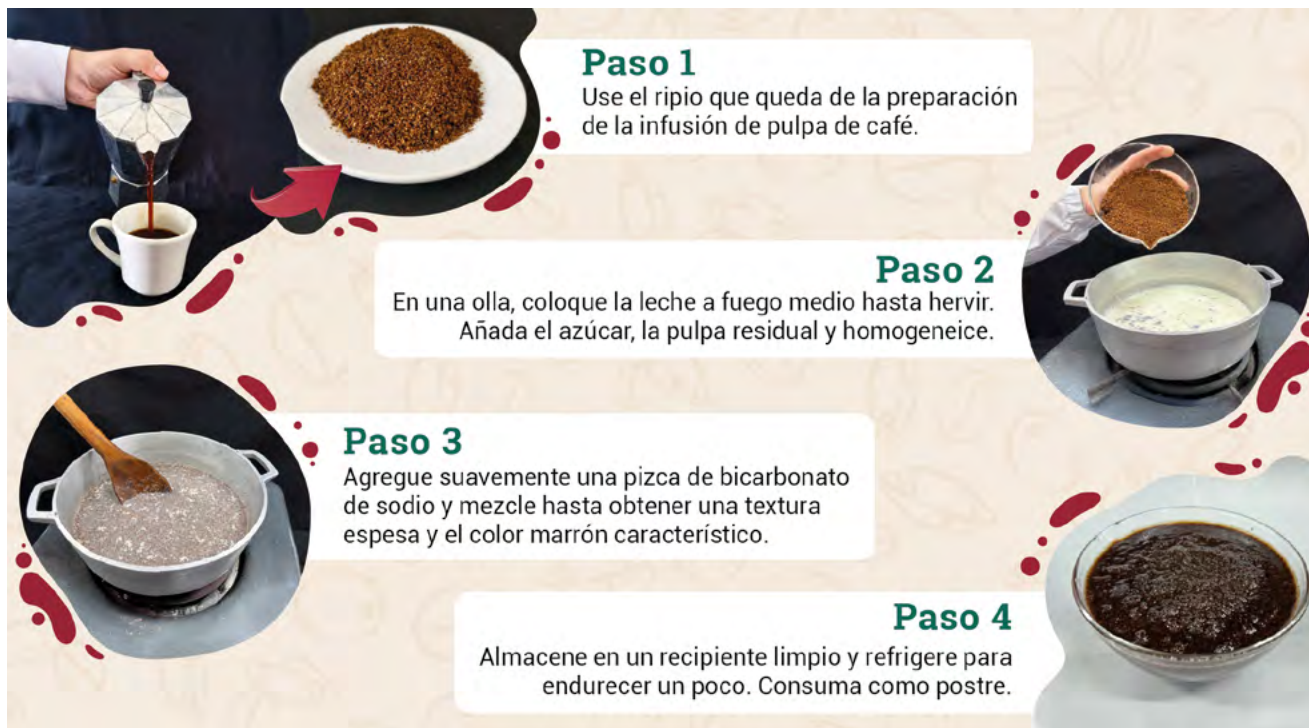


Figura 44. Proceso de preparación del dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones.

El dulce de leche elaborado con el residuo de la pulpa de las infusiones se puede utilizar como relleno de queso (reemplazando al bocadillo) (Figura 45).



Figura 45. Queso relleno con dulce de leche elaborado con ripo de pulpa de café. **A.** Elaboración, **B.** Empaque.

Malteada de dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones

El dulce de leche elaborado con el residuo de la pulpa de las infusiones también puede utilizarse para la preparación de malteada, la cual es una bebida elaborada principalmente con leche y helado a la cual se le agrega fruta y otros ingredientes (Figura 32).



Figura 46. Malteada preparada con dulce de leche con ripio de pulpa de café.



Ingredientes

- 3 tazas de leche (600 mL).
- 1 taza de dulce de leche con pulpa de café (200 g).
- 1 y 1/2 tazas de hielo picado (300 g).
- Pizca de canela.
- Fruta (opcional).



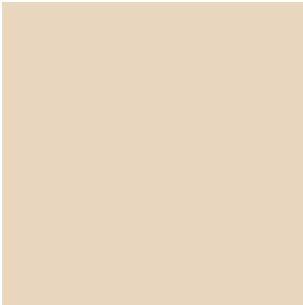
Preparación

Coloque todos los ingredientes, excepto el hielo, en una licuadora. Licúe hasta que quede suave y cremoso, agregue el hielo, la fruta (opcional) y sirva.

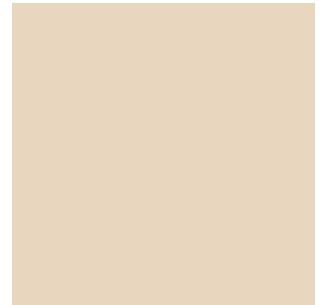
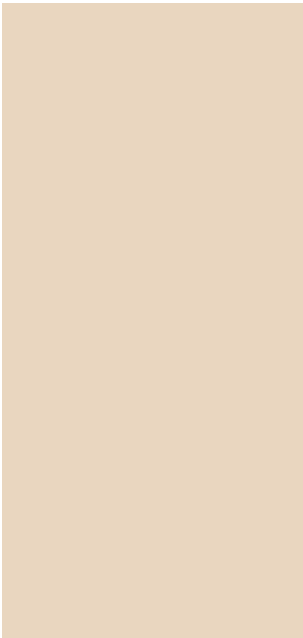
En la Figura 47 se ilustra la secuencia del proceso de elaboración de la malteada de dulce de leche con el residuo de pulpa de las infusiones.



Figura 47. Preparación de malteada con dulce de leche de pulpa de café.



Consideraciones finales



Consideraciones finales

La bioeconomía circular es un modelo de consumo y producción sostenible en el cual los residuos no se consideran desechos sino, por el contrario, materias primas para la elaboración de nuevos productos. En este caso, los residuos generados de la actividad productiva principal se denominan subproductos y los nuevos productos obtenidos a partir de los mismos se denominan coproductos, por cogenerarse a la par del producto principal de la actividad económica. Este modelo no sólo permite rentabilizar la actividad productiva principal, al generarse nuevos coproductos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental dado que se minimizan los impactos ambientales negativos al no desecharse los residuos al medio natural (Hernández & Céspedes, 2020).

Para el caso del proceso productivo del café, sólo se aprovecha el 8% del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 92% restante queda en forma de subproductos como lo son: la pulpa o exocarpio, el mucílago o mesocarpio (que se generan en el proceso de beneficio de café), la cascarilla o endocarpio, la película plateada y la borra o ripio (que se generan en las etapas de trilla, torrefacción y preparación de la bebida). Adicionalmente, durante el proceso de cultivo se generan los tallos de café (en la etapa de renovación de los cafetales por zoca o siembra nueva) y el material de las desyerbas (en la etapa del manejo del cultivo del café). Todos estos subproductos tienen unas características físico-químicas y microbiológicas que les permiten emplearse como materias primas para la elaboración de diferentes coproductos (Rodríguez, 2023).

De todos los subproductos generados durante el proceso de cultivo e industrialización del café, la pulpa es el de mayor importancia económica y ambiental. Cada kilogramo de pulpa de café que se genera en la etapa de despulpado tiene un costo implícito similar al pagado por la recolección de un kilogramo de fruto, siendo necesario rentabilizar su uso como materia prima para la elaboración de coproductos, buscando rentabilizar el negocio cafetero. De otra parte, el alto contenido de humedad de la pulpa la convierte en un producto perecedero y de alto impacto ambiental cuando no se maneja y dispone de forma apropiada, dado que un kilogramo de pulpa de café mal manejado puede tener un impacto ambiental cercano al generado por una persona en un día en aguas residuales domésticas.

La pulpa de café por su composición microbiológica, físico-química y nutricional, se puede utilizar para la elaboración de diferentes coproductos con aplicación en el área de alimentos (tanto para consumo humano como animal), en el área de biocombustibles (elaboración de bioetanol, biogás, biohidrógeno), en el área industrial (obtención de biochar, bioplásticos, cartones), en el área cosmética (obtención de colorantes, antioxidantes) (Rodríguez, 2023).

La pulpa de café fresca obtenida mediante el Proceso 7P® puede ser utilizada, mediante mezclas con piensos, en la alimentación animal (en porcentajes que no superen el 20%) y también

para la elaboración de algunos productos para el consumo humano como mermeladas, dulces, barras energizantes y pasabocas. Otro campo de aplicación de la pulpa fresca es su uso en la producción de proteína de alta calidad para el consumo humano y en la elaboración de productos funcionales nutraceuticos con aplicación en el área nutricional y farmacéutica, esto se logra mediante el cultivo de hongos comestibles y medicinales, cuya biomasa tiene contenidos de proteína que superan el 30% en el caso de los primeros y carbohidratos de alto peso molecular con reconocidas propiedades medicinales en el caso de los segundos. Así mismo, la pulpa fresca puede destinarse a la producción de proteína para consumo animal mediante los procesos de lombricompostaje y larvicompostaje con la mosca soldado negra, que permiten obtener biomasa de larvas y de lombrices con contenidos de proteína que superiores al 40%. Esta biomasa ya sea en estado fresco o transformada en harina puede utilizarse para la alimentación animal.

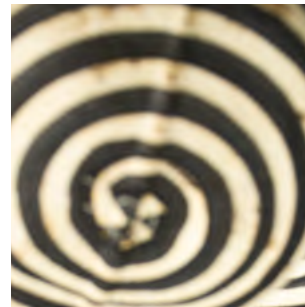
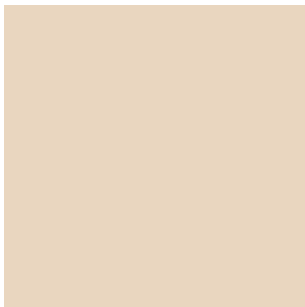
Dada la sencillez de los procesos de cultivo de los hongos comestibles y medicinales, así como de los procesos de compostaje y larvicompostaje, estas actividades pueden ser fácilmente realizadas por mujeres y jóvenes. Esto las convierte en opciones inclusivas para los miembros de la familia cafetera, al tiempo que representan una oportunidad para aumentar los ingresos en la finca. **Por cada tonelada de sustrato fresco que involucre pulpa de café en un 50% o más, podrían obtenerse en promedio,**

100 kg de hongos frescos, 10 kg de larvas de mosca soldado negra, 4,5 kg de biomasa de lombriz roja, 150 kg de lombricompost húmedo y 70 L de miel, por ciclo de cultivo de tres meses, en lo que es un ejemplo del modelo de bioeconomía circular. En este modelo se incluye un subproducto (la pulpa de café) y se obtienen cuatro coproductos, con el producto principal que es el café pergamino seco, hongos nutracéuticos, biomasa de lombriz, abono orgánico y miel de café.

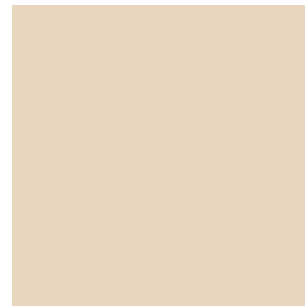
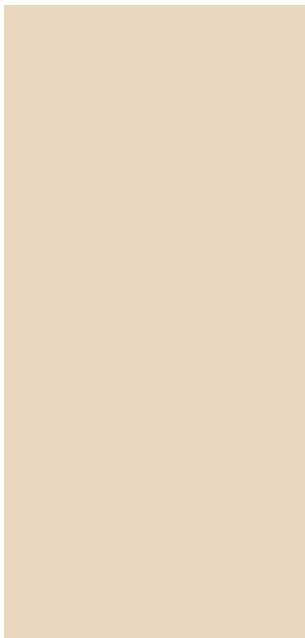
Uno de los productos más importantes que puede obtenerse a partir de la pulpa de café es la harina, que posee una larga vida útil y una gran versatilidad de uso. Esta harina puede utilizarse tanto en la alimentación animal, ya que su contenido proteico es similar al del maíz y puede sustituirlo hasta en un 20% en las dietas, como en la alimentación humana. En este último caso tiene aplicaciones en repostería, panadería y galletería, así como en la preparación de infusiones, bebidas calientes, bebidas energizantes y malteadas.

FAMILIAS CAFICULTURAS

La pulpa de café es un subproducto que puede utilizarse para obtener productos de valor agregado en un modelo de bioeconomía circular, evitando que se convierta en una fuente de contaminación en la finca. Aproveche que se genera en buena cantidad durante el beneficio del fruto de café y elabore, entre otros productos, harina para su uso en la alimentación humana y animal y mejore la rentabilidad de su negocio cafetero.



Literatura citada



Literatura citada

Allegretti, G., Schmidt, V., & Talamini, E. (2017). Insects as feed: Species selection and their potential use in Brazilian poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 928–937. <https://doi.org/10.1017/s004393391700054x>

Apaza Ayamamani, R. B. (2020). *Correlación de índices productivos con suplementación de harina de larva de mosca Hermetia Illucens a tres niveles versus fuente proteica estándar en alimentación de pollos Ross, Arequipa 2019* [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9883>

Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (Diptera: Stratiomyiidae) en Angelópolis - Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491–2500. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000200009&lng=en&tlng=es.

Arias-Leitón, G. M., Quirós-Blanco, A. M., Bermúdez-Serrano, I. M., & Jansen-González, S. (2024). *Manual técnico para la producción y procesamiento de Hermetia illucens (mosca soldado negra)*. Procomer; Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA).

Banks, I. J., Gibson, W. T., & Cameron, M. M. (2014). Growth rates of black soldier fly larvae fed on fresh human faeces and their implication for improving sanitation. *Tropical Medicine & International Health*, 19(1), 14–22. <https://doi.org/10.1111/tmi.12228>

Barragán, K. B., Dicke, M., & Van Loon, J. J. A. (2017). Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105–120. <https://doi.org/10.3920/jiff2016.0055>

Bermúdez, I. M., & Sánchez-Velázquez, O. A. (2023). Comprehensive utilization of the Black Soldier Fly: Bioconversion, sustainability, and emerging challenges. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 571–590. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.047>

Blandón, G., Rodríguez-Valencia, N., & Dávila-Arias, M. T. (1998). Caracterización microbiológica y físico-química de los subproductos del beneficio del café en proceso de compostaje. *Revista Cenicafé*, 49(3), 169–185. <http://hdl.handle.net/10778/753>

Blandón, G., Dávila-Arias, M. T., & Rodríguez-Valencia, N. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. *Revista Cenicafé*, 50(1), 5–23.

- Brammer, C. A., & Von Dohlen, C. D. (2007). Evolutionary history of Stratiomyidae (Insecta: Diptera): The molecular phylogeny of a diverse family of flies. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43(2), 660–673. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.09.006>
- Cammack, J., & Tomberlin, J. (2017). The Impact of Diet Protein and Carbohydrate on Select Life-History Traits of The Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Insects*, 8(2), 56. <https://doi.org/10.3390/insects8020056>
- Calle Vélez, H. (1977). Subproductos del café. *Boletín Técnico Cenicafé*, 6, 1–84. <https://doi.org/10.38141/10781/006>
- Centro de desarrollo de Lombricultura SABAC-CHILE. (1987). Lombricultura un amplio horizonte.
- Charlton, A. J., Dickinson, M., Wakefield, M. E., Fitches, E., Kenis, M., Han, R., Zhu, F., Kone, N., Grant, M., Devic, E., Bruggeman, G., Prior, R., & Smith, R. (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 7–16. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020>
- Chen, A. (2005). Cultivo de hongos ganoderma. En *Manual del Cultivador de Hongos 1. Cultivo del Hongo Ostra* (pp. 244–255). MushWorld.
- Comisión Europea, Dirección General de Salud y Seguridad Alimentaria. (2022). *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)*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2022/47/oj
- Cooperativa de Caficultores de Antioquia y Universidad de Antioquia. (2022). *Pulpa de café: Una opción alimentaria*. United Nations Environment Programme. (2024). *Bend the trend: Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. International Resource Panel.
- Curi, K. (2006). *Determinación biológica de la calidad de proteica de harina de lombriz Eisenia foetida* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Dávila, M. T., & Ramírez, C. A. (1996). Lombricultura en pulpa de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 225, 1–12. <http://hdl.handle.net/10778/4248>
- Diener, S., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: Establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 27(6), 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242x09103838>

- Dumas, A., Raggi, T., Barkhouse, J., Lewis, E., & Weltzien, E. (2018). The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 492, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.038>
- Fernández Julon, N. (2022). *Dietas balanceadas a base de harinas de pulpa de café y cáscara de cacao para la alimentación de paco (Piaractus brachipomus) y gamitana (Colossoma macropomum)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2608>
- Ferruzi, C. (1986). *Manual de lombricultura*. Editorial Mundiprensa.
- Figueredo Matheus, J. A., & Albarracín, M. A. (2021). Alternativas de alimentación de monogástricos a base de larvas de Soldado Negro (*Hermetia illucens*): Revisión de literatura. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 7(12), 35–48. <https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/102>
- Florez-Delgado, D. F., & Rosales-Asensio, E. (2018). Uso del ensilaje de pulpa de café en alimentación animal. *Mundo FESC*, 15(1), 73–82. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.254>
- Forbes, B. A., Sahm, D., & Weissfeld, A. (2009). *Bailey & Scott; diagnostico microbiológico* (12a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- García, G., Velasco, R., & Aguirre, J. (2024). Variabilidad microbiana y vida útil de los alimentos II. Cálculo de la fase de latencia de microorganismos individualizados. *SEM@foro*, 78(2), 13–17. https://www.sem microbiologia.org/wp-content/uploads/2025/01/SEM@foro_78_WEB-3-Articulos-3.pdf
- Giraldo, M., Rodríguez, N., & Benavides, P. (2019). Uso potencial de *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) para transformación de pulpa de café: Aspectos biológicos. *Revista Cenicafé*, 70(2), 81–90.
- Gómez, F. A. (1997). *Estudio del cultivo de los hongos Pleurotus ostreatus (Jacq. Ex Fr.) Kumm y Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing. En pulpa de café*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Manizales.
- Guerrero, A., Sanz-Urbe, J. R., Peñuela-Martínez, A. E., & Ramírez, C. A. (2022). Mediverdes®: un método para medir la calidad de la recolección del café en el campo. *Avances Técnicos Cenicafé*, 536, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0536>
- Hernández Carreón, M. I. (2019). *Propuesta de mejora de la línea de producción de harina de pulpa de café Pulphari, mediante la aplicación del control estadístico de proceso de la Empresa Techver S.A. DE C.V. de Xico, Ver.* [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Región Xalapa.]. <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/49352>

Hernández, R. E., & Céspedes, J. (2020). Bioeconomía: Una estrategia de sostenibilidad en la cuarta revolución industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 126–133. http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200015

Herrera, Y., & Saldaña, R. (1991, noviembre 4). *Ensayaje de pulpa de café* [Presentación]. II Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera, Manizales, Colombia.

Hobbs, C. (2003). *Medicinal mushrooms: An exploration of tradition, healing, and culture*. Botanica Press.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2015). *NTC 535-2: Alimento para animales. Coproductos derivados de maíz*. <https://tienda.icontec.org/gp-alimento-para-animales-coproductos-derivados-de-maiz-ntc535-2-2015.html>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2017). *NTC 267: Harina de trigo*. <https://tienda.icontec.org/gp-harina-de-trigo-ntc267-2017.html>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2014). *NTC 3594: Productos de molinería. Harina precocida de maíz para consumo humano*. <https://tienda.icontec.org/gp-productos-de-molineria-harina-precocida-de-maiz-para-consumo-humano-ntc3594-2014.html>

Isea, F., Blé, C., Medina, A. L., Aguirre, P., Bianchi, G., & Kaushik, S. (2008). Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia andrei*) en la alimentación de trucha arco iris (*Onchorinchus mykiss*). *Revista Chilena de Nutrición*, 35(1), 62–68. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182008000100008>

Joly, G., & Nikiema, J. (2019). *Global experiences on waste processing with black soldier fly (Hermetia illucens): From technology to business*. International Water Management Institute. <https://doi.org/10.5337/2019.214>

Kim, W., Bae, S., Park, K., Lee, S., Choi, Y., Han, S., & Koh, Y. (2011). Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1), 11–14. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2010.11.003>

Lord, W., Goff, M., Adkins, T., & Haskell, N. (1994). The Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) As a Potential Measure of Human Postmortem Interval: Observations and Case Histories. *Journal of Forensic Sciences*, 39(1), 215–222. <https://doi.org/10.1520/jfs13587j>

Lozano, J. C. (1990). Producción comercial del champiñón *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café. *Fitopatología Colombiana*, 14(2), 42–47.

Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., Purba, R. A. P., & Paengkoum, P. (2022). Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*, 13(9), 831. <https://doi.org/10.3390/insects13090831>

Martínez Marchorro, L. G. (2004). *Efecto de la densidad de siembra de lombriz coqueta roja (Eisenia foetida), en pulpa de café, sobre los aspectos productivos y reproductivos* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7469/>

Medina, A. L., & Araque, J. (1999). Obtención, composición química, funcional, perfiles electroforéticos y calidad bacteriológica de la carne y harina de lombriz "*Eisenia foetida*". *Revista de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis*, 37, 31–38.

Mendoza, L. A. (2023). *Uso de harina de pescado y subproductos de origen animal de plantas de beneficio, en la alimentación de cuyes (cavia porcellus) en crecimiento* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/13103>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2001). *Cocinemos con adventicio*. CIAO.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Resolución 047 de 2011. Por la cual se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%201407%20de%202022.pdf

Montilla, J. (2006). *Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café* [Tesis de pregrado]. Universidad de Caldas.

Morales-Valle, H. (2011). Mohos productores de micotoxinas. En A. J. Ramos Girona (Ed.), *Micotoxinas y micotoxicosis* (pp. 19–44). Vicente Ediciones. <https://hdl.handle.net/1822/58765>

Morillo S, M., Visbal B, T., Altuve, D., Ovalles D, F., & Medina G, A. L. (2013). Valoración de dietas para alevines de Colossoma macropomum utilizando como fuentes proteicas harinas: De lombriz (*Eisenia foetida*), soya (*Glycine max*) y caraotas (*Phaseolus vulgaris*). *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2), 147–154. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182013000200009>

Nation, J. L. (2022). *Insect physiology and biochemistry* (Fourth edition). CRC Press.

Neumann, C., Velten, S., & Liebert, F. (2018). N Balance Studies Emphasize the Superior Protein Quality of Pig Diets at High Inclusion Level of Algae Meal (*Spirulina platensis*) or Insect Meal (*Hermetia illucens*) when Adequate Amino Acid Supplementation Is Ensured. *Animals*, 8(10), 172. <https://doi.org/10.3390/ani8100172>

- Noriega, A., Silva, R., & García, M. (2008). Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 411–419.
- Ospina-Granobles, K., & Carrejo-Gironza, N. (2021). Efficiency of Bioconversion of Coffee Pulp using *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 44(1), 237–254. <https://doi.org/10.47836/pjtas.44.1.14>
- Otero Ortiz, I. (2016). *Influencia de levaduras (saccharomyces cerevisiae) y de harina de lombriz roja californiana (eisenia foetida) en la alimentación de cuyes (cavia porcellus) en etapa de crecimiento* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/271>
- Oyarbide, I. (1996). *Las mejores recetas con setas*. Editorial Everest.
- Peñuela-Martínez, A. E., Guerrero, Álvaro, & Sanz-Urbe-Urbe, J. R. (2022). Cromacafé® Herramienta para identificar los estados de madurez de las variedades de café de fruto rojo. *Avances Técnicos Cenicafé*, 535, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0535>
- Peñuela-Martínez, A. E., Sanz-Urbe, J. R., Guerrero, A., & Ramírez, C. A. (2022). Siete prácticas en el beneficio para obtener café de buena calidad - Proceso 7P®. *Avances Técnicos Cenicafé*, 546, 1–18. <https://doi.org/10.38141/10779/0546>
- Pieterse, E., Erasmus, S. W., Uushona, T., & Hoffman, L. C. (2019). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 893–903. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9261>
- Pujol Luz, J. R., Francez, P. A. D. C., Ururahy Rodrigues, A., & Constantino, R. (2008). The Black Soldier-fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), Used to Estimate the Postmortem Interval in a Case in Amapá State, Brazil*. *Journal of Forensic Sciences*, 53(2), 476–478. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2008.00659.x>
- Ramírez-Gómez, C. A., Oliveros-Tascón, C. E., & Roa-Mejía, G. (2002). Construya el secador solar parabólico. *Avances Técnicos Cenicafé*, 305, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0305>
- Ramos Mego, L., & Ticlihuanca Calderón, S. N. (2020). *Efecto de la deshidratación sobre los fenoles totales en la obtención de harina de pulpa de café (Coffea Arabica) Variedad Catimor* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/83>
- Reátegui, J., Barriga, X., Obando, A., Moscoso, G., Manrique, P., & Salazar, I. (2020). Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto

en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 513-519. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.06>

Rodríguez, N. (2003). Ensilaje de pulpa de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 313, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0313>

Rodríguez-Valencia, N. (2023). *Aplicación de la bioeconomía circular en el proceso de beneficio de café con cero residuos*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0032>

Rodríguez, N., Araque, N. L., & Perdomo, F. (2006). *Producción de los hongos comestibles orellanas y shiitake*. Cenicafé.

Rodríguez, N., & Gómez, F. A. (2001). Cultive hongos comestibles en pulpa de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 285, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0285>

Rodríguez, N., & Jaramillo, C. (2005a). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. *Boletín Técnico Cenicafé*, 27, 1-56.

Rodríguez, N., & Jaramillo, C. (2005b). Cultivo de hongos medicinales sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. *Boletín Técnico Cenicafé*, 28, 1-72.

Rodríguez, N., Quintero-Yepes, L., & Castañeda, S. A. (2022). *Tecnología de filtros verdes para el manejo, tratamiento y cero descargas de las aguas residuales de la finca cafetera*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0029>

Rodríguez, N., & Zuluaga, J. (1994). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. en pulpa de café. *Revista Cenicafé*, 45(3), 81-92. <http://hdl.handle.net/10778/697>

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

Rusin, P., Orosz-Coughlin, P., & Gerba, C. (1998). Reduction of faecal coliform, coliform and heterotrophic plate count bacteria in the household kitchen and bathroom by disinfection with hypochlorite cleaners. *Journal of Applied Microbiology*, 85(5), 819-828. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1998.00598.x>

Salazar-Murillo, L., Chacón-Villalobos, A., & Herrera-Muñoz, J. I. (2023). Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia fetida*). *Nutrición Animal Tropical*, 17(1), 1-35. <https://doi.org/10.15517/nat.v17i1.54085>

- Sales, F. (1996). Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. *Folia amazónica*, 8(2), 77-90.
- Sánchez, J. E., & Roysse, D. J. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Editorial Limusa.
- Sevillano Fuel, J. C. (2021). *Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de café en la elaboración de galletas* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1307>
- Singh, A., & Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251, 109569. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>
- Suárez, L., Barrera-Zapata, R., & Forero-Sandoval, A. F. (2016). Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 55-71.
- Tomberlin, J. K., & Cammack, J. A. (2018). Black soldier fly: Biology and mass production. En A. van Huis & J. K. Tomberlin (Eds.), *Insects as Food and Feed: From production to consumption* (pp. 230-246). Wageningen Academic Publishers.
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security* (Forestry Paper No. 171). FAO. <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf> [openknowledge.fao.org/9](https://openknowledge.fao.org/)
- Vargas-Serna, C. L., Pineda-Osorio, A. N., Gallego-Ocampo, H. L., Plaza-Dorado, J. L., & Ochoa-Martínez, C. I. (2025). Transforming Coffee and Meat By-Products into Protein-Rich Meal via Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 17(2), 460. <https://doi.org/10.3390/su17020460>
- Vielma, R. A. (2004). *Estudio físico-químico y funcional de las proteínas de la lombriz Eisenia foetida* (Tesis de doctorado). Universidad de Los Andes.
- WWF. (2020). *Informe Planeta Vivo 2022: Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo* (R. E. A. Almond, M. Grooten, D. Juffe Bignoli & T. Petersen, Eds.). WWF. <https://www.wwf.org/>
- Yoplac, I., Yalta, J., Vásquez, H. V., & Maicelo, J. L. (2017). Efecto de la Alimentación con Pulpa de Café (*Coffea arabica*) en los Índices Productivos de Cuyes (*Cavia porcellus* L) Raza Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(3), 549-561. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13362>
- Zambrano, M. (2023). *Importancia del uso de la harina de lombriz en la alimentación de pollos de engorde* [Tesis de Doctorado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15298>



ISBN: 978-958-8490-78-6



9 789588 490786