

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE SECADO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA
HARINA ELABORADA A PARTIR DE RESIDUOS DE PULPA DE CAFÉ.**

PRESENTADO POR:

MARTHA RAQUEL DIAZ MERLO

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DE LOS MÉTODOS DE SECADO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA
HARINA ELABORADA A PARTIR DE RESIDUOS DE PULPA DE CAFÉ.**

**POR:
MARTHA RAQUEL DIAZ MERLO**

NAIROBY SEVILA CARDOSO MSc.

Asesor Principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

A Dios

Por estar siempre conmigo en todas las etapas de mi vida cuidándome y guiándome siempre por el buen camino y darme la oportunidad de poder salir adelante.

A mis padres

Dedicado a mi madre Martha Merlo porque siempre ha estado conmigo brindándome su apoyo, cariño y sus valiosos consejos y guiarme para ser una mujer de bien enseñándome a nunca rendirme y siempre seguir adelante a pesar de las adversidades que se presenten.

Dedicado también a mi padre Jorge Diaz gracias por ayudarme a poder cumplir mis sueños, brindándome consejos valiosos para poder seguir adelante y nunca rendirme, también por enseñarme a saber valorar y aprender a ganarme las cosas con esfuerzo y dedicación.

A mi hermana Ruth Diaz mi hermana mayor que siempre me ha brindado su apoyo incondicional y cariño, espero que algún día ella pueda cumplir los sueños que más anhela. A mi abuela Martha Avilés por su amor incondicional, su ejemplo de fortaleza y por haber sido siempre mi mayor apoyo e inspiración en todo este proceso.

A mi amiga Maylin Cruz, por su constante apoyo, comprensión y compañía incondicional a lo largo de este proceso. Su amistad ha sido una fuente de fortaleza y motivación en cada etapa, tanto en los momentos de éxito como en los de dificultad. Agradezco profundamente a la docente Nairoby Sevilla por su guía, paciencia y motivación constante durante toda mi carrera universitaria. Sus enseñanzas y consejos han sido una fuente de inspiración que contribuyó significativamente a mi desarrollo profesional y humano.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco primeramente a Dios por haberme permitido que cumpla con éxito este trabajo de investigación, por darme la fuerza para no rendirme en todo el trayecto de mi carrera que gracias a ello estoy finalizando mi tesis.

En primer lugar, agradecer a mi asesor principal de tesis M.Sc. Nairobi Sevilla, por su valiosa orientación, dedicación y rigor impuesto a lo largo de este proyecto. Su experiencia y sabiduría fueron fundamentales para el desarrollo y éxito de esta investigación. Así como la de mis asesores auxiliares M.Sc. Wilson Martínez y M.Sc. Nora Quan por su apoyo y consejos.

Quiero agradecer a mis compañeros y amigos que conocí en la Universidad por siempre brindarme ese gran apoyo y poder salir adelante hasta culminar nuestra carrera universitaria juntos.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. OBJETIVOS.....	3
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Antecedentes del aprovechamiento de residuos agroindustriales	4
3.2 Características de la pulpa de café	4
3.3 Métodos de secado aplicables a subproductos agroindustriales (pulpa de café).....	5
3.4 Aplicaciones alimentarias de harinas de subproductos	5
3.5 Generalidades de la pulpa	6
3.6 Rendimiento de la pulpa.....	6
3.7 Composición química de la pulpa de café.....	6
3.8 Impacto ambiental de la pulpa de café	7
3.9 Proceso de obtención de la pulpa de café.....	7
3.10 Recolección de la cereza	8
3.11 Lavado e hidratación	8
3.12 Separación de la semilla del fruto de café (despulpado).....	8
3.13 Secado de la pulpa de café	9
3.14 Variable de estudio.....	9
3.14.1 Proteína	9
3.14.2 Humedad	9
3.14.3 Ceniza	10
3.14.4 Fibra	10
3.14.5 Grasas y Aceites	10
3.14.6 Calcio (Ca).....	11
3.14.7 Fosforo.....	11
3.14.8 Carbohidratos.....	11
3.14.9 Calorías.....	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13

4.1	Ubicación	13
4.2	Métodos.....	13
4.2.1.	Descripción de las etapas a desarrollar	14
4.3	Pasos para la elaboración de harina de subproducto de la pulpa de café.....	14
4.3.1	Corta de café	14
4.3.2	Obtención de café uva.....	14
4.3.3	Despulpado mecánico	14
4.3.4	Secado de la pulpa húmeda al sol	15
4.3.5	Tostado en estufa	15
4.3.6	Molienda	15
4.3.7	Obtención de la harina	16
4.4	Análisis Bromatológico.....	16
4.5	Rendimiento	16
V.	DISCUSIÓN Y RESULTADOS	18
5.1	Etapas desarrolladas en la investigación	18
5.2	Comparación entre los dos métodos de secado	19
5.3	Análisis comparativo de los resultados con el Codex Alimentarius y estudios previos.	23
VI.	CONCLUSIONES.....	28
VII.	RECOMENDACIONES	29
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	30
IX.	ANEXOS	33

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Ubicación geográfica de la planta de procesamiento de granos y cereales....	133
Ilustración 3. Análisis en harina según el CODEX ALIMENTARIUS	22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de medias en humedad	19
Tabla 2. Comparación de medias en ceniza	19
Tabla 3. Comparación de medias de proteína	20
Tabla 4. Comparación de medias de grasas y aceites	20
Tabla 5. Comparación de medias de fibra cruda.....	21
Tabla 6. Comparación de medias de calcio.....	21
Tabla 7. Comparación de medias de fósforo.....	21
Tabla 8. Comparación de medias de carbohidratos	22
Tabla 9. Comparación de medias de calorías.....	22
Tabla 10. Resultados obtenidos del secado solar	24
Tabla 11. Resultados obtenidos del secado en horno.....	24
Tabla 12. Comparación de los resultados bromatológicos de la harina de pulpa de café con los valores de referencia del Codex Alimentarius	25
Tabla 13. Resultados del análisis proximal de la harina elaborada a partir de pulpa de café de literatura científica	26
Tabla 14. Comparación de los resultados fisicoquímicos de la harina de pulpa de café con valores de referencia reportados en la literatura	27

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Recolección y desinfección de materia prima.....	33
Anexo 2. Proceso de pesado y secado de materia prima	34
Anexo 3. Proceso de pesado y molienda de la materia prima	35

Díaz Merlo, Martha Raquel (2025). Efecto de los métodos de secado en la calidad nutricional de la harina elaborada a partir de residuos de pulpa de café. Trabajo profesional supervisado por tesis de grado ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, CA 39 pp.

RESUMEN

La pulpa de café, subproducto generado durante el beneficio húmedo, representa un material rico en nutrientes y compuestos bioactivos con potencial para su aprovechamiento en la industria alimentaria. Sin embargo, su uso sigue siendo limitado por la falta de procesos postcosecha adecuados que garanticen la conservación de sus propiedades nutricionales. Este estudio evaluó el efecto de dos métodos de secado (solar y en horno) sobre la calidad nutricional de la harina elaborada a partir de residuos de pulpa de café, con el propósito de identificar el tratamiento que optimiza su composición fisicoquímica. Se analizaron los parámetros de humedad, ceniza, grasas y aceites, fibra cruda, proteína, calcio, fósforo, carbohidratos y calorías, utilizando métodos oficiales AOAC y AOCS. Los resultados revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables humedad, grasa, fibra cruda, proteína, carbohidratos y calorías, mientras que ceniza, calcio y fósforo no mostraron diferencias relevantes. El secado solar permitió una mayor conservación de los carbohidratos (71.02%) y del valor energético (362.73 kcal/100g), mientras que el secado en horno favoreció la concentración de proteínas (12.14%) y fibra cruda (20.95%). Comparado con los valores de referencia del Codex Alimentarius, la harina obtenida presentó niveles superiores en fibra y proteína, confirmando su alto valor nutricional y funcional. Los resultados demuestran que la pulpa de café puede transformarse en una harina con potencial nutracéutico y alimentario, contribuyendo al aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales y a la reducción del impacto ambiental en las zonas cafetaleras.

Palabras clave: pulpa de café; métodos de secado; harina de pulpa; análisis bromatológico; composición nutricional.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo y procesamiento del café en Honduras es una de las principales actividades económicas del país, generando empleo y divisas. Sin embargo, también conlleva problemáticas ambientales, especialmente relacionadas con la gestión de los desechos del café. El control y la gestión adecuada de los desechos del café, como la pulpa, es crucial para reducir el impacto ambiental y aprovechar sus beneficios. Existen varias estrategias que se pueden implementar para controlar y manejar estos desechos de manera más sostenible, como ser en la industria alimentaria donde investigaciones han demostrado que la pulpa de café puede ser utilizada en la producción de productos alimenticios como las harinas, mermeladas, jugos o extractos, etc.

La pulpa del café es un desecho que provoca problemas de contaminación por su alta demanda de oxígeno y su rápida fermentación. En muchas zonas cafetaleras del país se le considera como basura y los métodos comunes para deshacerse de este material incluyen su descarga en los ríos o su amontonamiento en terrenos agrícolas cercanos, con el consecuente daño al ambiente. (Hochstetter, 2010)

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una harina de pulpa de café como un uso potencial para el aprovechamiento del mismo. Siendo, un subproducto del proceso de obtención del grano de café, ha sido objeto de creciente interés en la investigación científica debido a su potencial para ser utilizado como un ingrediente valioso en la industria alimentaria y nutraceutica. Generalmente se descarta o se utiliza como abono, el cual contiene una serie de compuestos bioactivos que tienen efectos beneficiosos tanto en términos de su valor nutricional.

II. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de dos métodos de secado sobre la calidad nutricional de la harina elaborada a partir de residuos de pulpa de café, para su aprovechamiento como ingrediente alimentario.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los diferentes métodos de secado en la calidad nutricional de la harina elaborada a partir de residuos de pulpa de café, mediante su procesamiento controlado y el cálculo del rendimiento de los tratamientos.
- Medir los parámetros fisicoquímicos y nutricionales de la harina obtenida por distintos métodos de secado.
- Evaluar el efecto de los secados solar y en horno en la calidad nutricional de la harina de pulpa de café, desde su obtención, para identificar el método óptimo para su uso como ingrediente alimentario funcional.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Antecedentes del aprovechamiento de residuos agroindustriales

La industria del café en Honduras es de vital importancia económica y social, generando una gran cantidad de subproductos durante su procesamiento. Si bien históricamente muchos de estos residuos se han descartado sin un manejo adecuado, en los últimos años ha habido un creciente interés y diversas iniciativas para su aprovechamiento y valorización. A pesar de los avances, la implementación a gran escala de estas soluciones enfrenta desafíos como la falta de asesoría técnica apropiada, la escasa disponibilidad de materia prima en algunas zonas, y la necesidad de una mayor organización entre los productores. Sin embargo, el IHCAFE y otras instituciones continúan promoviendo buenas prácticas y buscando alternativas para el manejo integral de los residuos, lo que representa una oportunidad para la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico de las comunidades cafetaleras en Honduras. (Aguiar et al. 2022)

3.2 Características de la pulpa de café

La pulpa de café, es un subproducto del procesamiento del grano, es un recurso valioso, no un simple desecho. Se distingue por ser una rica fuente de compuestos bioactivos, especialmente antioxidantes polifenólicos como taninos, bioflavonoides, antocianinas, ácidos clorogénicos y cafeína. Esta composición le confiere una notable actividad antimicrobiana, eficaz contra bacterias comunes como *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Además de sus propiedades funcionales, es una buena fuente de fibra dietética.

Gracias a estas características, la pulpa de café tiene un gran potencial para la elaboración de alimentos funcionales, incluyendo infusiones, condimentos y adiciones de fibra para productos horneados y bebidas, lo que puede contribuir a la salud al asociarse con la reducción del riesgo de enfermedades crónicas. Su aprovechamiento no solo representa una alternativa sostenible para la industria cafetalera, sino que

también abre nuevas oportunidades para la innovación en los sectores alimentario y farmacéutico. (Castillo et al. s. f.)

3.3 Métodos de secado aplicables a subproductos agroindustriales (pulpa de café)

El secado es un paso fundamental en el procesamiento de la pulpa de café para su aprovechamiento, buscando reducir su alto contenido de humedad y así aumentar su vida útil, facilitar su manejo y potenciar su valor. Entre los métodos aplicables, el secado al sol es el más tradicional y económico, consistiendo en extender la pulpa en patios o camas elevadas donde se remueve constantemente para asegurar un secado uniforme, aunque es un proceso lento y dependiente de las condiciones climáticas. Alternativamente, los secadores mecánicos ofrecen mayor control y eficiencia, permitiendo tiempos de secado más rápidos y un producto final más consistente. Estos incluyen secadores de bandejas, donde la pulpa se distribuye en capas finas y se somete a flujo de aire caliente, a menudo en túneles con configuraciones de flujo de aire específicas como contracorriente. También se utilizan secadores rotatorios, que agitan la pulpa mientras el aire caliente la atraviesa, optimizando la transferencia de calor y masa. La elección del método de secado dependerá de factores como la escala de producción, los costos operativos, la calidad deseada del producto final y la disponibilidad de infraestructura. La temperatura y el flujo de aire son variables críticas en el secado mecanizado, ya que un secado excesivo o a temperaturas muy altas puede afectar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la pulpa. (Torres-Valenzuela et al. 2019)

3.4 Aplicaciones alimentarias de harinas de subproductos

Las harinas elaboradas a partir de subproductos agroindustriales, como la pulpa de café, representan una estrategia clave para la economía circular en la industria alimentaria, transformando lo que antes era desecho en ingredientes valiosos. Estas harinas son aprovechadas por su alto contenido de compuestos bioactivos, como antioxidantes polifenólicos (taninos, bioflavonoides, ácidos clorogénicos) y fibra dietética, lo que les confiere propiedades funcionales y beneficios para la salud. Se utilizan para enriquecer alimentos, mejorando su perfil nutricional y antioxidante, así como para modificar texturas. Por ejemplo, pueden incorporarse en la elaboración de

infusiones, condimentos, productos de panadería y repostería, e incluso en bebidas. Su uso contribuye a la reducción del desperdicio y genera valor agregado, promoviendo la sostenibilidad y la innovación en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. (Ángel Humberto Cabrera Ramírez et al. 2024)

3.5 Generalidades de la pulpa

La pulpa como subproducto del cultivo del café, presenta una gran variedad de alternativas para ser reciclada en su totalidad, como la transformación de la misma en humus a partir del cultivo de lombrices. Su participación en la elaboración de abonos orgánicos fermentados tipo bocashi, de aboneras (composteras) y su utilidad. (Marcela Amaro s. f.2022)

3.6 Rendimiento de la pulpa

La pulpa es un material fibroso mucilaginoso que constituye aproximadamente el 42 % del peso del fruto; es rica en carbohidratos y proteínas, y contiene además cantidades apreciables de minerales, potasio, taninos, cafeína y polifenoles totales, lo que permite considerarla como potencial fuente de antioxidantes. Su contenido en agua supone aproximadamente el 79 % de su peso. La pulpa es, por tanto, uno de los principales subproductos, tanto por el volumen como por los problemas ambientales que origina en zonas de producción. (Rocio Bustinza s. f.)

3.7 Composición química de la pulpa de café

La pulpa del café se puede considerar como una fuente de antioxidantes ya que está constituida por taninos, bioflavonoides, antocianinas, sustancias pépticas, cafeína y pequeñas cantidades de ácidos clorogénicos; además, es una fuente de fibra soluble e insoluble, lo que la hace una materia prima apta para ser utilizada como un alimento funcional. (Terán-Rivera et al. 2023)La pulpa esta mayormente conformada por Cafeína (0,5-2,6%), ácido clorogénico (4-6%), ácido cafeico y químico 10%,

polisacáridos (25-30%), proteínas (13%), grasas y ceras (0,1-0,8%), agua (10-13%), minerales (4%). (Noriega Salazar et al. 1983)

3.8 Impacto ambiental de la pulpa de café

El manejo de la pulpa siempre ha sido considerado como uno de los ejes problemáticos entre los productores y los centros especializados en café, no obstante, a que ya se han encontrado opciones de uso: como elemento integrante del compostaje para abonos, alimento para cerdos o en materia prima para producción de etanol.

La pulpa de café presente en embalses, en grandes cantidades, provoca un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno, disminución del pH, así como la presencia de sólidos en suspensión que limitan la penetración de la luz solar y afectan la calidad del agua. Para el caso de los suelos, la afectación no es menor. Los fenoles y polifenoles constituyentes de la pulpa son sustancias tóxicas para la mayoría de las especies de artrópodos y microorganismos. Un alto contenido de pulpa de café en los suelos puede afectar las poblaciones de la microflora edáfica, donde los hongos acidófilos son los principales microorganismos que metabolizan todo ese volumen de materia orgánica. El proceso de despulpado y lavado de 1 kg de café genera una cantidad de agua y material contaminante equivalente a aquella producida por seis personas en un día.

Por lo tanto, la gran generación de pulpa representa un serio problema de contaminación en las regiones procesadoras del fruto, por lo que se considera el mayor agente dañino para ríos y lagos localizados en esos lugares. (Revista de protección vegetal (en línea) 1986)

3.9 Proceso de obtención de la pulpa de café

El despulpado del café es la primera etapa del beneficio húmedo en la que el fruto pasa por una transformación, dado que se dejan libres de pulpa o cáscara, las dos semillas que normalmente se encuentran dentro. Esta labor la realizan eficientemente las máquinas despulpadoras, las cuales aplican esfuerzos cortantes y de compresión a los frutos para que la pulpa se rasgue y salgan libremente los dos granos, gracias también a la acción lubricante del mucílago que las recubre.(Noriega Salazar et al. 1983)

3.10 Recolección de la cereza

Como en muchas otras cosechas, el café se recoge cuando está maduro, en este caso cuando el fruto alcanza un color rojo intenso. Desde la floración del cafeto hasta que se puede recolectar el café, pasan entre 6 y 8 meses. Durante estas semanas el fruto pasa de un color verde intenso a amarillento, naranja y finalmente rojo. (Delgado Juárez y Akaki s. f.) El corte de café determina gran parte de la calidad final de la pulpa, ya que el estado en que se cosechan las uvas va a incidir directamente en el sabor de la pulpa de café. Al cortar el grano en diferentes estados de madurez puede afectar la calidad de la pulpa, al ser recolectado cuando el grano está verde o sobre maduro. (González et al. 2020)

3.11 Lavado e hidratación

El lavado tiene por finalidad separar de los granos de café las mieles o mucílago y simultáneamente, clasificar los granos por densidad, en agua. El lavado se efectúa mediante el arrastre de los granos en caños de concreto o metálicos en los cuales las calidades (1ª, 2ª, y 3ª) se van estratificando por la densidad del grano, de manera tal que la primera va hacia el fondo; la segunda en posición intermedia y, la tercera encima, depositándose en pilas independientes, a criterio del operador del caño. (Ever O. Chacón Cáliz s. f.)

3.12 Separación de la semilla del fruto de café (despulpado)

El despulpado es la primera operación mecanizada del beneficio húmedo. Consiste en la eliminación de la cubierta externa o pulpa del fruto, dejando al descubierto el grano recubierto con pergamino. En este trabajo se utilizan máquinas llamadas despulpadoras, que pueden ser de discos o de cilindro. Recientemente se utiliza la separadora de café verde para este mismo propósito. En el despulpe, el despulpador de cilindro se alimenta con frutos de café y agua, y estos son presionados contra un perchero metálico. La pulpa abandona el despulpador por la parte de atrás, mientras que los granos lo hacen por la delantera. Debido a la heterogeneidad del tamaño de los frutos es indispensable hacer

ajustes en las despulpadoras, de tal manera que se despulpe la mayor cantidad de café, pero sin dañarlo o picar. (Terán-Rivera et al. 2023)

3.13 Secado de la pulpa de café

El secado de la pulpa de café es un proceso crucial para su posible aprovechamiento, ya que reduce su alto contenido de humedad, lo que facilita su almacenamiento, transporte y posterior procesamiento. Existen principalmente dos métodos para el secado de la pulpa de café:

- Secado Solar: Este es el método más tradicional y económico, especialmente en regiones donde la mano de obra es abundante y el clima es favorable.
- Secado Mecánico: Este método utiliza equipos como secadores rotatorios, secadores de túnel o silos secadores para controlar las condiciones de secado (temperatura, flujo de aire y tiempo). (YEIMY ANDREA CHAVEZ VOLVERAS s. f.)

3.14 Variable de estudio

3.14.1 Proteína

En un sentido amplio, es al análisis exhaustivo de estas macromoléculas fundamentales para la vida. Se trata de un campo vasto y multidisciplinar que abarca desde su composición básica, la intrincada forma en que se pliegan y organizan, hasta su función compleja y vital en los organismos vivos y en diversos sistemas biológicos y tecnológicos. Es una de las áreas más dinámicas y cruciales de la bioquímica y la biología molecular, con profundas implicaciones en la medicina, la biotecnología, la agricultura y la industria alimentaria. (Dávila Medina et al. 2010)

3.14.2 Humedad

En una harina determina la cantidad de agua que contiene. Este es un parámetro crucial para evaluar la calidad, la vida útil y las propiedades de procesamiento de la harina. Para cuantificar la presencia de agua en la muestra, se emplea la técnica gravimétrica. Inicialmente, se registrará la muestra precisa de una porción representativa del material. Dicha porción será posteriormente sometida a un proceso de calentamiento controlado a una temperatura de 105 grados Celsius dentro de un horno. Este proceso se mantendrá hasta que la muestra deje de variar, indicando la eliminación total del agua. El porcentaje de humedad se determinará a partir de la diferencia de peso observada antes y después del tratamiento térmico, en relación con la masa original de la muestra.(Tirado et al. 2015)

3.14.3 Ceniza

Es un componente fundamental y de gran relevancia dentro del análisis bromatológico. Se refiere al análisis meticuloso de la fracción inorgánica o mineral que permanece intacta después de la incineración completa de toda la materia orgánica presente en la harina. Este proceso, que a menudo se realiza en hornos a altas temperaturas (alrededor de 550 °C), reduce la muestra a una sustancia residual de color blanquecino o grisáceo, que es precisamente la ceniza.(Águila y Sosa 198d. C.)

3.14.4 Fibra

El estudio de la fibra en una harina de pulpa de café es un aspecto crucial y multifacético del análisis bromatológico, especialmente relevante dado que la pulpa de café es una fuente notable y a menudo subestimada de este componente bioactivo. Este análisis va mucho más allá de una simple cuantificación de la cantidad total de fibra; profundiza en sus diferentes tipos, sus propiedades fisicoquímicas, su comportamiento biológico y, en última instancia, su potencial para influir en la salud humana y animal, así como en diversas aplicaciones industriales.(Escudero Álvarez y González Sánchez 2004)

3.14.5 Grasas y Aceites

También llamadas lípidos, son componentes naturales presentes en las harinas, como los triglicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos libres. Durante el proceso de maduración o almacenamiento de la harina, estos lípidos experimentan cambios por acción de enzimas como la lipasa y la lipoxigenasa, que provocan su descomposición y oxidación. Estos procesos pueden modificar el aroma, el sabor y la calidad panificable de la harina. (Chen et al. 2024)

3.14.6 Calcio (Ca)

El calcio en la harina de pulpa de café es un mineral esencial presente de forma natural en la pulpa del fruto del café y que se mantiene al procesarse en harina. Este elemento contribuye al fortalecimiento de huesos y dientes, participa en la contracción muscular y en la coagulación sanguínea. Además, su presencia en la harina de pulpa de café aumenta su valor nutricional, convirtiéndola en un ingrediente con potencial para la elaboración de alimentos funcionales o suplementos minerales. (Gil-Ramírez et al. 2024)

3.14.7 Fosforo

El fósforo en la harina de pulpa de café es un nutriente mineral esencial que forma parte de los compuestos orgánicos de la pulpa y contribuye al valor nutritivo del producto. Este elemento participa en funciones importantes como la formación de energía (ATP), el desarrollo celular y el fortalecimiento de huesos y tejidos en organismos que la consumen. En la harina de pulpa de café, el fósforo proviene principalmente de los restos vegetales y compuestos fosfatados naturales presentes en la fruta del café, y su contenido puede variar según el grado de madurez y el proceso de secado. Por tanto, representa un componente relevante para el aprovechamiento nutricional y agrícola de este subproducto. (Hoseini et al. 2021)

3.14.8 Carbohidratos

Los carbohidratos en la harina de pulpa de café son los principales compuestos energéticos que provienen de los azúcares naturales, almidones y fibras presentes

en la pulpa del fruto del café. Estos carbohidratos incluyen celulosa, hemicelulosa, pectinas y azúcares simples, que aportan valor nutritivo y funcionalidad a la harina. Además, contribuyen a la textura, consistencia y capacidad de absorción de agua en productos elaborados. En conjunto, los carbohidratos de la harina de pulpa de café representan una fuente importante de energía y fibra dietética, favoreciendo su uso como ingrediente alternativo y sostenible en la industria alimentaria. (Gil-Ramírez et al. 2024)

3.14.9 Calorías

Las calorías en la harina de pulpa de café representan la energía que aporta este producto al organismo al ser consumido. Proviene principalmente de los carbohidratos, proteínas y pequeñas cantidades de grasas presentes en la pulpa del café una vez deshidratada y molida. Esta harina suele tener un contenido calórico moderado, ya que conserva parte de los azúcares naturales y fibras del fruto del café. En términos generales, las calorías indican el valor energético que el cuerpo puede obtener al utilizar la harina de pulpa de café como alimento o ingrediente funcional en productos alimenticios. (Bravo-Ortega 2021)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), en la planta de procesamiento de granos y cereales. Donde se realizó el proceso adecuado para la obtención de la harina, con dirección en la carretera que conduce a Dulce Nombre de Culmí, kilómetro 215, barrio El Espino, municipio de Catacamas, departamento de Olancho.

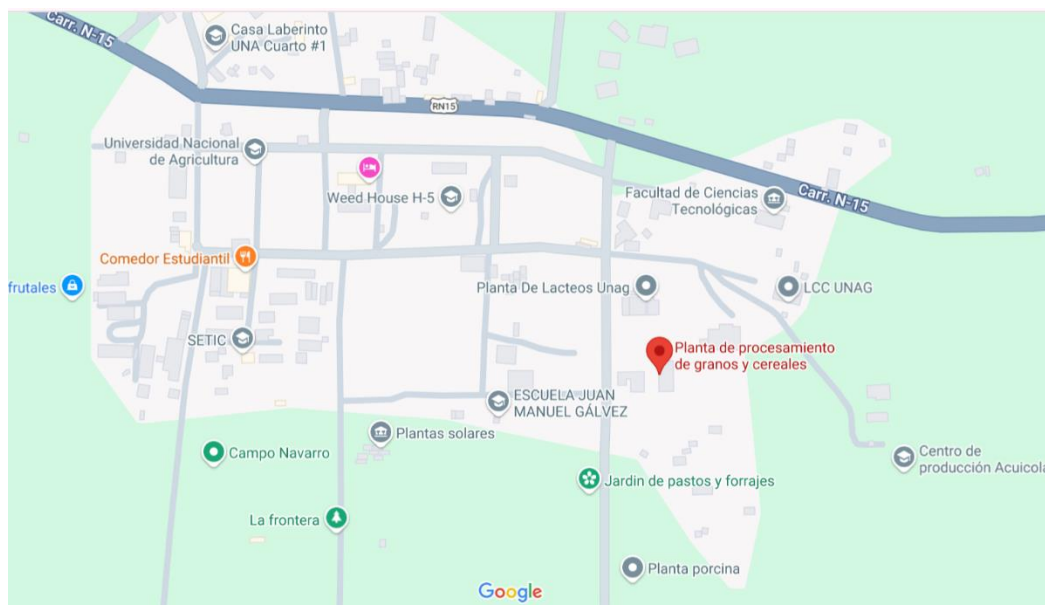


Ilustración 1. Ubicación geográfica de la planta de procesamiento de granos y cereales.

Fuente: Google Maps

4.2 Métodos

En esta investigación se aplicó un diseño comparativo para estudiar el impacto de dos métodos de secado (específicamente, secado solar y secado en horno), sobre la calidad nutricional de la harina producida a partir de residuos de pulpa de café. El objetivo fue identificar cuál de estos métodos es el más efectivo para preservar el valor nutricional inherente de la pulpa de café, una vez transformada en harina. Además, se determinó el rendimiento de la harina obtenida, cuantificando la cantidad de producto final en relación con la materia prima inicial.

4.2.1. Descripción de las etapas a desarrollar

4.3 Pasos para la elaboración de harina de subproducto de la pulpa de café

4.3.1 Corta de café

La recolección del grano de café debe realizarse de forma selectiva, escogiendo únicamente las cerezas maduras, que presentan un color rojo intenso. Durante la cosecha, se deben evitar los frutos verdes o sobre maduros para garantizar una mejor calidad del café. Las cerezas recolectadas se depositan cuidadosamente en los recipientes para evitar daños y luego se trasladan al sitio de beneficio lo más pronto posible, evitando su fermentación no deseada. Finalmente, se realiza un control de calidad para separar impurezas o granos defectuosos antes del procesamiento.

4.3.2 Obtención de café uva

Por café uva se entiende el fruto cortado del arbusto de cafeto durante la cosecha en la finca. Los frutos se recolectaron en recipientes, y luego se traspasaron a costales para facilitar el transporte y manipulación. En la finca, el café fue recolectado, se despulpó el mismo día, pues se considera que el amontonamiento descuidado acelera procesos de fermentación que dañarían el fruto. El grano de café fue recolectado en la finca llamada Brasil con una altura sobre el nivel del mar de 1,400 m. Observar en el Anexo 1.

4.3.3 Despulpado mecánico

El despulpado se realizó mediante una máquina que en húmedo separó el grano de café (producto) de la pulpa (subproducto); siendo la última el insumo para esta

investigación. Esta operación se extrajo la pulpa o epicarpio al grano con la máquina que se denomina despulpadora; como se describe a continuación: lavando y sumergiendo los granos en agua para apartar los granos que tienen poco peso (índice de inmadurez o daño). Los granos se introdujeron en la máquina, que succionan los granos mediante rodillos que ejercieron presión mecánica a medida que manualmente se giró el cilindro de la despulpadora. Se adicionó agua a la tolva, lo cual, al remojar el contenido contribuyó a la conducción de pulpa y café. La pulpa que se utilizó en esta investigación, se obtuvo del beneficio cafetalero llamado Santa Elena en la comunidad del Verdún, El Paraíso.

4.3.4 Secado de la pulpa húmeda al sol

El lavado de la pulpa, se preparó con una solución de hipoclorito de sodio a 79 ppm, obtenida a partir de un cloro comercial que tiene una concentración del 6%, diluyéndolo en 5 mL por galón de agua. El enjuague de la pulpa se realizó para eliminar cualquier residuo de cloro escurrido para secarla durante el tiempo necesario hasta perder humedad y aprovechando el sol como recurso natural. El parámetro que se observó es el cambio de color, que va de rojo carmesí en el día uno, y cambiando hasta tornarse marrón (café). Este proceso se hizo en un tiempo de 5 días a temperaturas que osciló entre 33 a 35° C. Con el transcurrir de los días se realizó una prueba manual, verificando si la pulpa se pulverice fácilmente. Observar en el Anexo 1.

4.3.5 Tostado en estufa

En el tostado en estufa se extrajo la humedad hasta lograr un tueste medio oscuro que son las características que se desea imprimir en la pulpa. Para eliminar riesgos biológicos al destruir microorganismos, cumpliéndose el binomio de tiempo y temperatura en donde el horneado se realizó con una temperatura de 250° C durante 40 min. Observar en el Anexo 2.

4.3.6 Molienda

Se realizó este procedimiento con el fin de reducir el tamaño de la pulpa seca hasta obtener un polvo fino. Mediante la molienda fina se obtuvo la harina, la cual se caracteriza por su fácil incorporación con otros tipos de harinas comestibles para la elaboración de galletas, panes, pastas y otros productos. Véase el Anexo 3.

4.3.7 Obtención de la harina

El polvo resultante de la molienda de pulpa seca puede ser empleada para consumo humano o/y animal. Una vez obtenida la harina se pesó la cual los resultados de los métodos pesaron 5 Lb de producto final, posteriormente se calculó el rendimiento de pulpa húmeda transformada en harina. Observar en el Anexo 3.

4.4 Análisis Bromatológico

Los análisis que se le realizaron a la harina una vez realizada serán los que el CODEX ALIMENTARIUS establece.

Para asegurar una evaluación exhaustiva de la calidad de la harina de pulpa de café, de las muestras obtenidas de ambos métodos de secado (solar y en horno) fueron enviadas a la Fundación Hondureña de Investigación Agraria (FHIA), ubicada en La Lima, Cortés. En sus laboratorios especializados, donde se llevó a cabo una serie de análisis detallados para determinar las características físico-químicas y nutricionales de cada harina. El cual el análisis abarca: Humedad AOAC 950.46, Ceniza AOAC 942.05, Grasas y Aceites AOCS Ba 3-38, Fibra cruda AOAC 962.09, Proteína AOAC 984.13, Calcio (Ca) AOAC 968.08, Fósforo (P) AOAC 965.17, Carbohidratos, Calorías. Los análisis de color y tamaño de partícula no se realizaron ya que ningún laboratorio en Honduras realiza dichos análisis.

4.5 Rendimiento

Para evaluar el rendimiento en la elaboración de harina de pulpa de café, se pesó la materia prima inicial (pulpa de café fresca) y el producto final (harina de pulpa de café seca), el rendimiento es una medida crucial que indica la eficiencia del proceso de transformación.

Se calculó como el porcentaje del peso de la harina obtenida en relación con el peso original de la pulpa fresca con la que se inició el proceso.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{\text{peso del producto final}}{\text{peso de la materia prima inicial}} \right) \times 100$$

V. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

5.1 Etapas desarrolladas en la investigación

La interacción entre el tipo de tratamiento térmico y la naturaleza química de la pulpa determinó los cambios observados en el perfil proximal, confirmando que el control de temperatura y tiempo es esencial para optimizar la calidad nutricional del producto final. Aunque los minerales como calcio y fósforo mostraron estabilidad frente a los tratamientos, la degradación térmica de ciertos compuestos termolábiles explica las diferencias en otros parámetros.

La determinación del rendimiento es un paso fundamental para evaluar la eficiencia del proceso de elaboración de la harina a partir de residuos de pulpa de café. Este parámetro permite cuantificar la cantidad de producto final obtenido en relación con la masa inicial de materia prima, reflejando el aprovechamiento del subproducto y la influencia que tienen los diferentes métodos de secado sobre la recuperación de sólidos y la pérdida de humedad. La cual se calculó de la siguiente forma

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{5 \text{ Lb}}{50 \text{ Lb}} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 10$$

En la ecuación se muestra el cálculo de rendimiento del proceso, que indica la cantidad de producto final obtenida respecto a la materia prima utilizada, en la muestra para realizar este análisis se utilizó 50 Lb de materia prima húmeda se obtuvo 5 de producto final (harina), lo que representa un rendimiento de 10%, reflejando la eficiencia del proceso de producción.

5.2 Comparación entre los dos métodos de secado

La interacción entre el tipo de tratamiento térmico y la naturaleza química de la pulpa determinó los cambios observados en el perfil proximal, confirmando que el control de temperatura y tiempo es esencial para optimizar la calidad nutricional del producto final. Aunque los minerales como calcio y fósforo mostraron estabilidad frente a los tratamientos, la degradación térmica de ciertos compuestos termolábiles explica las diferencias en otros parámetros.

En esta etapa se desarrolló los análisis bromatológicos a la harina elaborada a partir de la pulpa de café, para dos tipos de secados: por secado solar y secado en horno, los cuales los resultados se desglosarán en las siguientes Tablas.

Tabla 1. Comparación de medias en humedad

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Solar	7.30a	3	0.001
Horno	8.08b	3	0.001

En el análisis de variancia para la variable humedad de la Tabla 1 muestra un p-valor < 0.0001 , indicando que hay diferencias altamente significativas entre estos dos tratamientos evaluados. Estos resultados indican que el método de secado influye directamente en el contenido de agua en el producto final. El secado en horno retuvo una mayor cantidad de humedad debido a un proceso más rápido que reduce de manera incompleta el agua libre o a una redistribución interna de la humedad durante la exposición al calor. A comparación, el secado solar permitió una eliminación más gradual del agua, logrando valores inferiores. Este parámetro es importante, ya que la humedad influye en la estabilidad, la vida útil y la calidad microbiológica de la harina.

Tabla 2. Comparación de medias en ceniza

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Horno	6.37a	3	0.11
Solar	6.57a	3	0.11

Para el contenido de cenizas de la Tabla 2 se obtuvo un p-valor = 0.2909, lo cual indica que no existen diferencias significativas entre ambos métodos de secado. Ya que los valores son muy cercanos entre sí. Esto demuestra que el método de secado no altera el contenido mineral de la harina, lo que podría explicarse porque los minerales presentes en la pulpa son estables térmicamente y no se volatilizan a las temperaturas empleadas. Por lo cual, independientemente del método de secado, se conserva adecuadamente la fracción inorgánica del producto.

Tabla 3. Comparación de medias de proteína

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Solar	11.45a	3	0.01
Horno	12.14b	3	0.01

El contenido proteico de la Tabla 3 presentó un p-valor < 0.0001, evidenciando diferencias altamente significativas. Este comportamiento sugiere que el secado en horno permitió una mayor concentración de proteínas debido a la pérdida más rápida de agua o a la desnaturalización parcial de las mismas, lo que puede favorecer su cuantificación. Por lo tanto, es importante considerar que temperaturas muy elevadas podrían afectar la calidad biológica de las proteínas, aunque no su porcentaje total. Este resultado es relevante, ya que las proteínas determinan el valor nutricional y funcional de la harina.

Tabla 4. Comparación de medias de grasas y aceites

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Horno	3.47a	3	0.01
Solar	3.65b	3	0.01

En el caso de la Tabla 4, el análisis de los lípidos muestra un p-valor = 0.0010, revelando diferencias significativas entre los tratamientos. Este resultado indica que el calor intenso del horno puede promover la oxidación o volatilización parcial de compuestos lipídicos, reduciendo su concentración final. A diferencia de el secado solar, al emplear temperaturas moderadas, preserva mejor la integridad de las grasas y aceites. Dado que los lípidos son sensibles a la oxidación térmica, el método de secado tiene un impacto directo sobre su conservación y calidad nutricional.

Tabla 5. Comparación de medias de fibra cruda

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Solar	20.63a	3	0.01
Horno	20.95b	3	0.01

Para la variable de fibra cruda de la Tabla 5 presentó un p-valor = 0.0001, lo que demuestra una diferencia estadísticamente significativa entre los métodos evaluados. Aunque la diferencia numérica es pequeña, el análisis estadístico confirma que el método de secado afecta la estructura de la fibra. El calor del horno podría inducir ligeras modificaciones fisicoquímicas que concentran la fracción fibrosa al reducir la humedad o al desnaturalizar componentes solubles. En términos nutricionales, un contenido elevado de fibra en la harina de pulpa de café representa un beneficio, ya que contribuye a la salud digestiva y a la funcionalidad alimentaria del producto.

Tabla 6. Comparación de medias de calcio

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Horno	0.45a	3	0.01
Solar	0.46a	3	0.01

En la variable calcio de la Tabla 6, el p-valor = 0.5614 indica ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Esto significa que el calcio, al ser un mineral estable al calor, no se ve afectado por las condiciones de temperatura o tiempo de secado. Ambos métodos mantienen la misma concentración mineral, lo cual demuestra que la harina de pulpa de café puede conservar su valor nutricional en términos de calcio independientemente del proceso térmico aplicado.

Tabla 7. Comparación de medias de fósforo

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Solar	0.07a	3	0.01
Horno	0.07a	3	0.01

El análisis de varianza de la Tabla 7 para el fósforo mostró un p-valor = 0.8298, lo que indica que no existen diferencias significativas entre los métodos de secado. Los promedios fueron idénticos (0.07 % en ambos casos), reflejando una alta estabilidad del fósforo frente a la temperatura. Este comportamiento se debe a que los compuestos fosfatados presentes en la

pulpa de café no sufren alteraciones durante el proceso de secado. Por tanto, la elección del método no repercute en el contenido de este mineral esencial.

Tabla 8. Comparación de medias de carbohidratos

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Horno	69.94a	3	0.01
Solar	71.02b	3	0.01

El análisis de la Tabla 8 para carbohidratos evidenció un p-valor < 0.0001 , indicando diferencias altamente significativas entre los tratamientos. La disminución observada en el tratamiento de horno podría deberse a reacciones térmicas de degradación parcial de azúcares (como la caramelización o el pardeamiento no enzimático). En cambio, del secado solar, al emplear temperaturas más bajas, conserva una mayor cantidad de carbohidratos totales. Este resultado sugiere que el método solar es más favorable para mantener el aporte energético del producto.

Tabla 9. Comparación de medias de calorías

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Horno	359.55a	3	0.01
Solar	362.73b	3	0.01

El análisis de la Tabla 9 para las calorías mostró un p-valor < 0.0001 , confirmando diferencias significativas entre los métodos. La harina secada al sol presentó un valor energético de 362.73 Kcal/100g, superior al 359.55 Kcal/100g del secado en horno. Esta variación está directamente relacionada con la conservación de carbohidratos y grasas, los cuales son las principales fuentes de energía. El secado solar permitió retener más de estos compuestos, generando una harina con mayor densidad calórica. Por tanto, este método resulta más eficiente para conservar el potencial energético de la pulpa de café.

En conjunto, los resultados respaldan la viabilidad de transformar la pulpa de café en un ingrediente funcional de alto valor agregado, con potencial nutracéutico y ambientalmente sostenible. Este trabajo sienta las bases para futuros estudios orientados a estandarizar procesos

de secado, evaluar la estabilidad de compuestos bioactivos y promover el aprovechamiento integral de subproductos del café dentro de estrategias de economía circular

5.3 Análisis comparativo de los resultados con el Codex Alimentarius y estudios previos.

Factor/Descripción	Límite	Método de análisis
CENIZA	Mín.: 0,9 % referido al producto seco – y – Máx.: 1,5 % referido al producto seco	Remítase a la Sección 8
PROTEÍNA (N x 6,25)	Mín.: 8,5 % referido al producto seco	
GRASA NO REFINADA	Mín.: 2,2 % referido al producto seco – y – Máx.: 4,7 % referido al producto seco	
FIBRA BRUTA	Máx.: 1,8 % referido al producto seco	Remítase a la Sección 8
COLOR	LÍMITES: de 18 a 30 unidades	Remítase a la Sección 8
TAMAÑO DE LA PARTÍCULA (GRANULOSIDAD)	Mín.: El 100 % de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro para la harina "fina" y de 1 mm para la harina "media"	Remítase a la Sección 8

Ilustración 2. Análisis en harina según el CODEX ALIMENTARIUS

La Ilustración 2 presenta los límites de referencia establecidos por el *Codex Alimentarius* para los principales parámetros de calidad en harinas. Estos valores sirven como guía para comparar los resultados del análisis proximal y determinar si la harina obtenida cumple con los estándares internacionales de composición y pureza. Se establecen rangos mínimos y máximos para componentes como ceniza (0.9–1.5 %), que indica el contenido mineral; proteína (mínimo 8.5 %), relacionada con el valor nutricional; y grasa no refinada (2.2–4.7 %), que influye en la textura y estabilidad del producto. Además, se incluyen límites para la fibra bruta (mínimo 1.8 %) y especificaciones sobre el color y el tamaño de partícula, factores que afectan la apariencia y la calidad tecnológica de la harina. En conjunto, estos parámetros permiten estandarizar la calidad del producto final y asegurar que la harina elaborada a partir de la pulpa de café sea comparable con otros productos harineros reconocidos por su valor alimenticio y funcional.

Tabla 10. Resultados obtenidos del secado solar

Factor/Descripción	Resultado	Método de análisis
Humedad	7.30 %	AOAC 950.46
Ceniza	6.57 %	AOAC 942.05
Proteína	11.45 %	AOAC 984.13
Grasas y Aceites	3.65 %	AOCS Ba 3-38
Fibra cruda	20.63 %	AOAC 962.09
Calcio (Ca)	0.46 %	AOAC 968.08
Fosforo (P)	0.07 %	AOAC 965.17
Carbohidratos	71.02 %	Cálculo
Calorías	362.73 Kcal/100g	Cálculo

La Tabla 10 presenta los valores obtenidos del análisis proximal de la harina de pulpa de café procesada mediante secado solar. Se observa un contenido de humedad del 7.30 %, valor que indica una deshidratación eficiente y adecuada para conservar la estabilidad del producto durante su almacenamiento. El contenido de ceniza (6.57 %) refleja una concentración considerable de minerales, mientras que la proteína (11.45 %) sugiere un aporte nutricional relevante. El contenido de grasas y aceites (3.65 %) es moderado, contribuyendo tanto al valor energético como a las propiedades sensoriales de la harina. La fibra cruda (20.63 %) destaca por su elevado valor, evidenciando el potencial funcional de este producto como fuente de fibra dietética. Respecto a los minerales, se registraron 0.46 % de calcio y 0.07 % de fósforo, elementos importantes para la nutrición humana. Por otro lado, el contenido de carbohidratos (71.02 %) y el aporte calórico de 362.73 Kcal/100 g posicionan a la harina como un alimento energético, con potencial para ser incorporado en formulaciones alimenticias o productos enriquecidos.

Tabla 11. Resultados obtenidos del secado en horno

Factor/Descripción	Resultado	Método de análisis
Humedad	8.08 %	AOAC 950.46
Ceniza	6.37 %	AOAC 942.05

Proteína	12.14 %	AOAC 984.13
Grasas y Aceites	3.47 %	AOCS Ba 3-38
Fibra cruda	20.95 %	AOAC 962.09
Calcio (Ca)	0.45 %	AOAC 968.08
Fosforo (P)	0.07 %	AOAC 965.17
Carbohidratos	69.94 %	Cálculo
Calorías	359.55 Kcal/100g	Cálculo

La Tabla 11 presenta los resultados del análisis proximal de la harina elaborada a partir de pulpa de café sometida a secado en horno. Se observa un contenido de humedad del 8.08 %, lo que indica una deshidratación eficiente que favorece la conservación del producto. El contenido de cenizas (6.37 %) refleja la presencia de minerales, mientras que la proteína (12.14 %) destaca el valor nutritivo de la harina. El contenido de grasas y aceites (3.47 %) es moderado, lo que contribuye a la estabilidad del producto durante el almacenamiento. La fibra cruda (20.95 %) muestra un valor elevado, evidenciando el potencial de esta harina como fuente de fibra dietética. En cuanto a los minerales, el calcio (0.45 %) y el fósforo (0.07 %) confirman la presencia de micronutrientes esenciales. Por otro lado, el alto contenido de carbohidratos (69.94 %) y el valor energético de 359.55 Kcal/100 g demuestran que la harina de pulpa de café puede considerarse una buena fuente de energía y nutrientes, con posibles aplicaciones en la industria alimentaria como ingrediente funcional o suplemento rico en fibra.

Tabla 12. Comparación de los resultados bromatológicos de la harina de pulpa de café con los valores de referencia del Codex Alimentarius

Componente	Secado Solar	Secado en Horno	Codex Alimentarius
Ceniza	$\bar{x}$ = 6.57%	$\bar{x}$ = 6.37%	Min. 0.9% Max. 1.5%
Grasa y Aceite	$\bar{x}$ = 3.65%	$\bar{x}$ = 3.47%	Min. 2.2% Max. 4.7%
Fibra cruda	$\bar{x}$ = 20.63%	$\bar{x}$ = 20.95%	Max. 1.8%
Proteína	$\bar{x}$ = 11.45%	$\bar{x}$ = 12.14%	Min. 8.5%

En la Tabla 12 muestra los valores promedio de ceniza, grasa y aceite, fibra cruda y proteína obtenidos de la harina de la pulpa de café bajo dos métodos de secados: solar y en horno, comparados con los valores establecidos por el *Codex Alimentarius*. En el caso de la ceniza, los valores fueron de 6.57% (secado solar) y 6.37% (secado en horno), ambos muy por encima del rango del Codex (0.9%-1.5%). La grasa y aceite presento 3.65% y 3.47%, ubicándose dentro del rango permitido (2.2%-4.7%).

La fibra cruda mostro valores altos 20.63% y 20.95%, superando ampliamente el límite máximo permitido de 1.8% establecido por el *Codex Alimentarius*. La proteína alcanzo 11.45% y 12.14%, superando el mínimo de 8.5% recomendado por el *Codex Alimentarius*. En general, la Tabla 12 da a demostrar que la harina de pulpa de café posee un alto contenido de fibra y ceniza, mientras que os niveles de grasas y proteína se encuentran dentro de los parámetros aceptables, reflejando un producto con un gran potencial nutricional, aunque una composición distinta a los estándares del *Codex Alimentarius*.

Tabla 13. Resultados del análisis proximal de la harina elaborada a partir de pulpa de café de literatura científica (Gómez Ramírez et al. 2025)

Componente		Contenido
Análisis Proximal		
Componente	Valor original	Equivalente (%)
Humedad	7.52 g/100g	7.52
Calcio	501.77 mg/100g	0.50
Fósforo	185.84 mg/100g	0.19
Carbohidratos	71.2 g/100g	71.2

La Tabla 13 presenta los resultados del análisis proximal de la harina elaborada a partir de residuos de pulpa de café, destacando los principales componentes nutricionales. Se observa que el contenido de humedad es de 7.52 %, indicando una harina con baja humedad y, por tanto, buena estabilidad para almacenamiento. En cuanto a los minerales, el calcio (0.50 %) y el fósforo (0.19 %) reflejan un aporte mineral importante, lo que evidencia el potencial nutricional del subproducto. Además, el valor elevado de carbohidratos (71.2 %) demuestra que la harina es una fuente energética significativa, adecuada para su uso en formulaciones alimenticias o como ingrediente funcional.

Tabla 14. Comparación de los resultados fisicoquímicos de la harina de pulpa de café con valores de referencia reportados en la literatura

Componente	Secado Solar	Secado en Horno	Literatura Científica
Humedad	$\bar{x}$ = 7.30%	$\bar{x}$ = 8.08%	$\bar{x}$ = 7.52%
Calcio	$\bar{x}$ = 0.46%	$\bar{x}$ = 0.42%	$\bar{x}$ = 0.50%
Fosforo	$\bar{x}$ = 0.07%	$\bar{x}$ = 0.07%	$\bar{x}$ = 0.19%
Carbohidratos	$\bar{x}$ = 71.02%	$\bar{x}$ = 69.94%	$\bar{x}$ = 71.2%

En la tabla 14 se muestran los valores promedio de la humedad, calcio, fosforo y carbohidratos obtenidos en la harina de pulpa de café mediante dos métodos de secado: solar y en horno, comparando los valores promedios reportados de una literatura científico. Se observa que la humedad varia ligeramente entre ambos métodos 7.30% (secado solar) y 8.08% (secado en horno), siendo similar el valor de la literatura referente (7.52%), lo que indica un contenido de agua adecuado. El calcio presenta valores cercanos entre si 0.46% y 0.42%, manteniéndose próximos al valore de referencia (0.50%), lo que refleja buena conservación de minerales. En cuanto al fosforo, ambos métodos presentan 0.07%, un poco por debajo del valor de referencia (0.19%). Finalmente, los carbohidratos se mantienen altos entre 71.02% y 69.94%, coincidiendo con la literatura referente (71.2%), lo que confirma que la harina conserva un alto contenido energético independientemente del método de secado.

Este estudio demuestra que el método de secado aplicado a la pulpa de café influye significativamente en la composición nutricional y fisicoquímica de la harina obtenida. Las variaciones observadas en parámetros como la humedad, proteínas, fibra cruda, carbohidratos y valor energético evidencian que las condiciones térmicas y el tiempo de exposición modulan directamente la estructura y estabilidad de los componentes bioactivos. El secado en horno, caracterizado por temperaturas controladas y uniformes, favoreció una mayor concentración de proteínas y fibra cruda debido a la desnaturalización parcial de macromoléculas, mientras que el secado solar permitió una mejor retención de carbohidratos y compuestos energéticos, conservando así mayor valor calórico.

VI. CONCLUSIONES

- La elaboración de harina a partir de la pulpa de café resultó ser un producto con alto valor nutricional.
- Se determinó que el secado solar fue el método más favorable para conservar carbohidratos (71.02%) y calorías (362.73 kcal/100 g), mientras que el secado en horno concentró mayor contenido de proteína (12.14%) y fibra cruda (20.95%).
- Ambos métodos mantuvieron estables los minerales como calcio (0.45–0.46%) y fósforo (0.07%), evidenciando que el proceso térmico no afectó significativamente estos compuestos.
- En comparación con los valores reportado por el Codex Alimentarius, la harina presentó niveles superiores de proteína y fibra.
- El producto obtenido mostró características adecuadas de humedad (7.30–8.08%), asegurando buena estabilidad e inocuidad durante su almacenamiento.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de vida útil y estabilidad de la harina de pulpa de café bajo diferentes condiciones de almacenamiento, para determinar su inocuidad y durabilidad en productos elaborados.
- Ampliar los análisis bromatológicos incorporando la determinación de antioxidantes, polifenoles y compuestos bioactivos, con el fin de evaluar el potencial nutracéutico del producto.
- Desarrollar investigaciones piloto que analicen la viabilidad técnica y económica del secado solar y en horno, optimizando temperatura y tiempo para conservar mejor los nutrientes.
- Promover el aprovechamiento sostenible de los subproductos del café, como la pulpa, en la industria alimentaria, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y generando valor agregado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Aguiar, S; Enríquez Estrella, M; Uvidia Cabadiana, H. 2022. Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. AXIOMA 1(27):5-11. DOI: <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>.

Águila, I; Sosa, M. 198d. C. Revista de la Facultad de Ingeniería (en línea). Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela 23(4):55-66. Consultado 3 jun. 2025. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Ángel Humberto Cabrera Ramírez; Marcela Gaytán Martínez; Aurea Karina Ramírez Jiménez; Iván Andres Luzardo Ocampo; Eduardo Morales Sánchez. 2024. Harinas de granos explotados _ TecScience. .

Bravo-Ortega, C. 2021. Productivity in the Agricultural Sector: A Global Outlook from a Latin American Perspective. International Journal of Agriculture and Natural Resources 48(3):259-287. DOI: <https://doi.org/10.7764/ijanr.v48i3.2341>.

Castillo, FD; Aguilar-González, CN; Rodríguez-Herrera, &; Rocío Martínez-Alemán, S; Daniel Hernández-Castillo, F; Noé Aguilar-González, C; Rodríguez-Herrera, R. (s. f.). Extractos de pulpa de café: Una revisión sobre antioxidantes polifenólicos y su actividad antimicrobiana Coffee pulp extracts: A review of polyphenolic antioxidants and their antimicrobial activity (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://orcid.org/0000-0001-6697-4746>;

Chen, Y; Yu, Y; An, X; Zhang, H; Gong, W; Liang, Y; Wang, J. 2024. Changes in Lipid Metabolites and Enzyme Activities of Wheat Flour during Maturation. Foods 13(16):2537. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13162537>.

Dávila Medina, MD; Gallegos Morales, G; Hernández Castillo, FD; Ochoa Fuente, YM; Flores Olivas, A. 2010. Revista mexicana de ciencias agrícolas (en línea). Revista mexicana de ciencias agrícolas 4(8):1187-1196. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000800006&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Delgado Juárez, G; Akaki, PP. (s. f.). Evaluation of the conversion to organic coffee using the real options metho-dology. 58. s.l., s.e.

Escudero Álvarez, E; González Sánchez, P. 2004. Nutricion Hospitalaria (en línea). Nutrición Hospitalaria 21:61-72. Consultado 3 jun. 2025. Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Ever O. Chacón Cálix. s. f. Evaluación de los sistemas tradicional y ecológico de beneficio húmedo de café . 2020 .

Gil-Ramírez, A; Rebollo-Hernanz, M; Cañas, S; Monedero Cobeta, I; Rodríguez-Rodríguez, P; Gila-Díaz, A; Benítez, V; Arribas, SM; Aguilera, Y; Martín-Cabrejas, MA. 2024. Unveiling the Nutritional Profile and Safety of Coffee Pulp as a First Step in Its Valorization Strategy. *Foods* 13(18):3006. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13183006>.

_____. 2024. Unveiling the Nutritional Profile and Safety of Coffee Pulp as a First Step in Its Valorization Strategy. *Foods* 13(18):3006. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13183006>.

Gómez Ramírez, BD; Gómez Gutiérrez, AM; Cifuentes Ramírez, S; Ceballos Calle, DP; Hincapié Hincapié, DL; Ramírez Ortiz, D. 2025. Obtención de un ingrediente alimentario a partir de pulpa de café. *Acta Agronómica* 72(4):377-384. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v72n4.113635>.

González, DE; Ortiz, JE; Mejía, Y; García-Alzate, LS; Cifuentes-Wchima, X; González, DE; Ortiz, JE; Mejía, Y; García-Alzate, LS; Cifuentes-Wchima, X. 2020. Evaluación de la biomasa residual (cereza) de café como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (en línea). *Revista ION* 33(1):93-102. DOI: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020009>.

Hoseini, M; Cocco, S; Casucci, C; Cardelli, V; Corti, G. 2021. Coffee by-products derived resources. A review. *Biomass and Bioenergy* 148:106009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106009>.

Marcela Amaro, R de G. s. f. Innovación inclusiva en el sector agrícola mexicano: los productores de café en Veracruz. 2022 .

Noriega Salazar, A; Silva Acuña, R; García de Salcedo, M. 1983. *Zootecnia tropical* (en línea). *Zootecnia Tropical* 27(2):135-141. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

_____. 1983. *Zootecnia tropical* (en línea). *Zootecnia Tropical* 26(4):411-419. Consultado 29 abr. 2025. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Revista de protección vegetal. 1986. . Consultado 29 abr. 2025. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Rocio Bustinza, LG. s. f. Optimización del proceso de compostaje con la pulpa de café en el anexo Unión Pucusani (Chanchamayo - Junín). 2023 .

Terán-Rivera, SC; Torres-Martínez, B del M; Torrescano-Urrutia, GR; Esqueda, M; Sánchez-Escalante, A; Vargas-Sánchez, RD; Terán-Rivera, SC; Torres-Martínez, B del M; Torrescano-Urrutia, GR; Esqueda, M; Sánchez-Escalante, A; Vargas-Sánchez, RD. 2023. Residuos del procesamiento del fruto de café como fuente natural de antioxidantes para la industria cárnica (en línea). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* 26. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.540>.

_____. 2023. Residuos del procesamiento del fruto de café como fuente natural de antioxidantes para la industria cárnica (en línea). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas* 26. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.540>.

Tirado, DF; Montero, PM; Acevedo, D. 2015. Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias. *Información tecnológica* 26(2):03-10. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>.

Torres-Valenzuela, LS; Martínez, KG; Serna-Jimenez, JA; Hernández, MC. 2019. Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Fisicoquímicas. Información tecnológica 30(2):189-200. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>.

YEIMY ANDREA CHAVEZ VOLVERAS, AMPE. s. f. DISEÑO DEL PROCESO DE SECADO PARA LA EXTRACCIÓN DE PULPA DE CAFÉ EN LA EMPRESA SUPRACAFÉ UBICADA EN LA VENTA-CAJIBIO. 2021 .

IX. ANEXOS

Anexo 1. Recolección y desinfección de materia prima



Anexo 2. Proceso de pesado y secado de materia prima



Anexo 3. Proceso de pesado y molienda de la materia prima

