

OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE DESECHOS DE CAFÉ PARA CONSUMO HUMANO
Obtaining flour from coffee waste for human consumption

Farah Silvana Marta Alabí Hernández

Universidad Internacional Iberoamericana, El Salvador

(farah.alabi@doctorado.unini.edu.mx) (<https://orcid.org/0000-0002-5086-3555>)

José Del Carmen Zavala Loría

Universidad Europea Del Atlántico, España

(jose.zavala@uneatlantico.es) (<https://orcid.org/0000-0001-6398-1262>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 25/03/23

Revisado/Reviewed: 12/07/24

Aceptado/Accepted: 25/07/24

RESUMEN

Palabras clave:

Pulpa, despulpado manual, trillado, harina, secado.

El secado del fruto del cafeto se realiza como una de las actividades previas para obtener el grano de café que luego se utiliza en diferentes preparaciones. En este trabajo se han utilizado dos procesos alternativos de secado, y evaluado si la cantidad de subproducto obtenida se ve significativamente afectada para luego elaborar una harina. La metodología utilizada consistió en obtener el material que envuelve a la semilla del café y hacer el secado utilizando dos procesos de secado los cuales fueron: 1) Obtención de la pulpa, con una despulpadora manual para luego secarla al sol y 2) Café secado al sol para luego pasarla por una trilladora. Cada experimento consistió en el despulpado de 14 tirajes de 115 libras cada uno; (dejando por fuera 140 libras de café que fueron entregados, pero no tomados en cuenta en el análisis estadístico, por dificultad de bajar a las fincas y tomar mediciones (valores perdidos estadísticamente) los datos fueron registrados y tabulados para realizar una prueba *t* de comparación entre muestras independientes. La investigación encontró que existe diferencia estadística entre los dos procesos de secado ya que se obtienen 2.66 libras más que el proceso en que primero se seca el café y luego se obtiene la pulpa por trillado.

ABSTRACT

Keywords:

Pulp, manual pulping, threshing, flour

The drying of the coffee fruit is carried out as one of the previous activities to obtain the coffee bean, which is later used in different drinks. In this study, two alternative drying processes have been applied, and it has been evaluated if the amount of by-product obtained is significantly affected in order to elaborate a flour. The methodology consisted in obtaining the material that surrounds the coffee seed and drying through two different drying processes, which were: 1) Obtaining the pulp, with a manual pulper and then drying it in the sun and 2) Coffee dried directly by the sun and then pass it through a thresher.

Each experiment consisted of pulping 14 print runs of 115 pounds each; (leaving out 140 pounds of coffee that were delivered, but not taken into account in the statistical analysis, due to the difficulty of going down to the farms and taking measurements (statistically missing values); the

data was recorded and tabulated to perform a t test comparison between independent samples. The research found that there is a statistical difference between the two drying processes since 2.66 pounds more are obtained than the process in which the coffee is first dried and then the pulp is obtained by threshing.

Introducción

Incluye la presentación del documento y el análisis de la literatura sobre el tema, con especial énfasis en las investigaciones previas que justifican el estudio y que luego se contrastarán en la discusión de los resultados.

Todo el texto va en letra Cambria de 12 puntos, interlineado sencillo y sin espaciado entre párrafos.

La presente investigación intenta comparar el impacto que dos distintos métodos de secado tienen sobre la cantidad de pulpa obtenida tras lograr su separación del grano de café.

El rendimiento de ese proceso resulta de importancia al considerar la pulpa, no como un subproducto descartable, sino como un insumo para extender la cadena productiva del café. En este caso al convertirse en materia prima para la elaboración de una harina apta para el consumo humano.

Las investigaciones académicas e iniciativas orientadas a aprovechar el subproducto en cuestión han sido variadas en el pasado reciente; pues, como ha sido demostrado, la consecución de su objetivo implica disminuir impactos nocivos a los ecosistemas y la generación de ingresos para los actores económicos que potencialmente perciban esta actividad como fuente de utilidades.

El cafeto es un arbusto cuya semilla es molida y tostada para obtener un polvo que sirve de base para la bebida popular conocida como café. Tanto el cultivo, la cosecha, como el procesamiento involucrado en la cadena de producción vienen a constituirse en una actividad central para muchas empresas y familias; a punto que la economía de varios países es influenciada por las transacciones comerciales que giran alrededor del café. Conocido lo anterior se considera necesario identificar oportunidades de mejora en todas las actividades que se realizan para su procesamiento (Pérez et al., 2022), e intentar extender la cadena de producción a fin de disminuir al mínimo las mermas y desperdicios.

Existen diversas características a tomar en cuenta en el cultivo de café

Según la altitud en que se cultiva puede clasificarse en

- Café de bajío entre 400 y 800 sobre el nivel del mar (m.s.n.m.); El café de Huizúcar en el Departamento de La Libertad, como el utilizado para esta investigación, se cultiva a 640 m.s.n.m.
- Café Media de 800 a 1200 m.s.n.m; el café del municipio de Jayaque en el Departamento de La Libertad, como el utilizado para esta investigación, se cultiva a 998 m.s.n.m.
- El café de altura se cultiva de 1200 a 1600 m.s.n.m

Existen plantaciones de café expuestas directamente al sol que desarrollan frutos con bajo peso y, por ende, bajo rendimiento relativo en comparación al que se obtiene en plantaciones bajo las sombras de otros árboles que protegen al cafeto de la intemperie manifiesta en radiación solar directa, los fuertes vientos, copiosas precipitaciones pluviales, y altas temperaturas. Por otro lado, producir bajo sombra mejora el paisaje y la biodiversidad característica de cultivos complementarios; entre otros:

- Sistemas agroforestales, que por la diversidad de especies leñosas capturan altos niveles de carbono en la biomasa vegetal, ayudando a disminuir impactos ambientales negativos ocasionados por la polución y la explotación inadecuada de los recursos naturales; con ello, el cultivo del cafeto contribuye a la sostenibilidad de los ecosistemas (Valdés et al., 2023).

- Sombríos transitorios como los que se conforman con especies leguminosas; las cuales se asocian con bacterias fijadoras de nitrógeno (Pérez et al., 2021), y que resultan buenas alternativas para conservar la humedad y evitar la degradación del suelo.
- Plantaciones frutales que suelen asociarse con el cafeto. Predominan sistemas de producción con aguacate (*Persea americana*), cítricos (*Citrus spp.*), coco (*Cocos nucifera*), chontaduro (*Bactris gasipaes*), guaba (*Isongia edulis*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Ananas comosus*). (Vargas et al., 2018)

El fruto del cafeto se clasifica como no climatérico, ya que no madura después de ser cosechado (Martínez et al., 2017)

Habiéndose cosechado se procede a secarlo, tostarlo, y molerlo para producir el polvo de café.

A propósito del secado ha de considerarse que generalmente se aplican dos procesos alternativos: uno mediante secadoras mecánicas y otro artesanal que utiliza el calor solar. El método artesanal consiste en esparcir el grano para ser expuesto al sol utilizando el suelo, patios de cemento, o películas plásticas (Medina et al., 2016)

Después del secado, como se mencionó, procede el tostado y molido del grano, un proceso que tras completarse rinde un aprovechamiento promedio del 60% del grano. El 40% excedente se constituye por pulpa: residuo orgánico que entendiéndose como un subproducto generalmente no se aprovecha, y cuyo manejo conlleva impactos ambientales (Serna et al., 2018).

El impacto ambiental que implica la pulpa de café viene a ser negativo si no se realiza con responsabilidad. Su disposición descuidada podría afectar la microflora edáfica, donde los hongos acidófilos son los principales metabolizadores de la materia orgánica (Cervantes et al., 2023).

Sin embargo, a la simple acción de desechar la pulpa se presenta como contrapropuesta el aprovechar sus propiedades para ampliar la cadena de valor al industrializarse como materia prima de diversos productos agroindustriales. La pulpa contiene alrededor de 86% de agua, 43,58% del peso del fruto seco, 1.3% de cafeína y es rica en carbohidratos, proteínas, pectinas, compuestos bioactivos como polifenoles (Torres et al., 2019).

Diversos antecedentes orientados a aprovechar la pulpa y disminuir el desperdicio pueden encontrarse. En 2013 se realizó una investigación sobre procesos de obtención de miel y harina a partir de la pulpa de café (Ramírez & Jaramillo, 2013). Los investigadores se dispusieron a aprovechar los co-productos del café en el desarrollo de materias primas que pueden incorporarse en el desarrollo de otros productos que contienen polifenoles, vitaminas, proteínas, y minerales aptos para consumo humano o animal y que puede incorporarse a medicamentos, cosméticos, y etanol, entre otros. Ello se logró concentrando y conservando el mucílago para producir miel, y de la pulpa fabricaron harina de pulpa de café.

Ese último esfuerzo resulta coincidente con esta investigación, pues se trata de disminuir la contaminación medio ambiental (Ramírez Vélez, 2013) al reducir desperdicios industriales, ampliar las fronteras del proceso productivo, y aprovechar al máximo el producto del cafeto cuya pulpa tiene compuestos bioactivos con características funcionales, lo que permite su aprovechamiento como materia prima. (Serna et al., 2018)

En tal sentido se pretende que los subproductos del proceso cafetalero sean aprovechados y pueden contribuir a diversos estamentos sociales y económicos, a la

economía nacional, a la generación de empleos, y al desarrollo de nuevos productos que contribuyan a consolidar la seguridad alimentaria.

Entre los productos que pueden desarrollarse se halla una harina de pulpa; la cual se constituye en la propuesta de este trabajo, y que encuentra como actividades precedentes la comparación de dos métodos de secado-despulpado.

El secado es un proceso por el cual el grano del café se deshidrata para evitar su deterioro y, por tanto, conservar su calidad durante el almacenamiento (Zactiti et al., 2004; Ventura-Cruz et al., 2019).

Durante el año 2019 se realizaron investigaciones sobre la Efectividad de un Proceso de Secado de Café usando secadores solares con sistema de flujo de aire continuo e impulsado por energía fotovoltaica (Prada et al., 2019); ello con el fin de reducir el tiempo de secado hasta obtener un promedio de 12% de humedad. Lo interesante de esta investigación fue que la humedad del grano fue reduciéndose paulatinamente a lo largo de cinco días y se demostró la utilidad de los secadores solares (Prada et al., 2019).

Con tales antecedentes se procede a continuación a desarrollar la metodología aquí empleada, y posteriormente un análisis de los procesos de secado-despulpado y de sus resultados sobresalientes.

Método

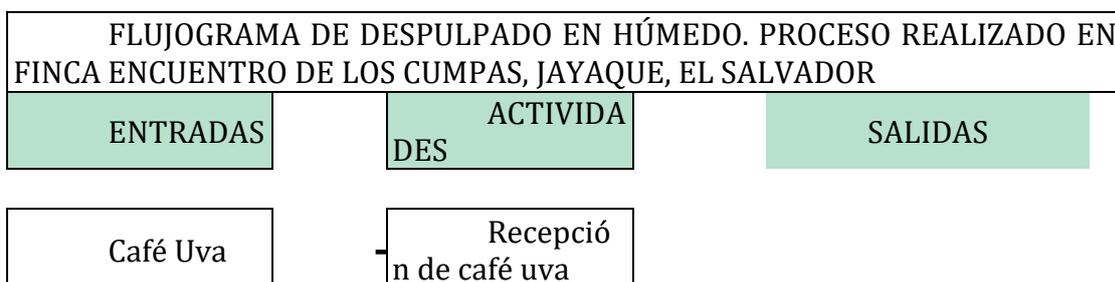
Para desarrollar el presente trabajo se contó con la colaboración de dos fincas ubicadas en el departamento de La Libertad, en El Salvador; en las cuales se llevaron a cabo, de manera independiente, los dos procesos de secado que luego fueron comparados para determinar cuál de ellos proporcionaba mayor rendimiento en la obtención de pulpa.

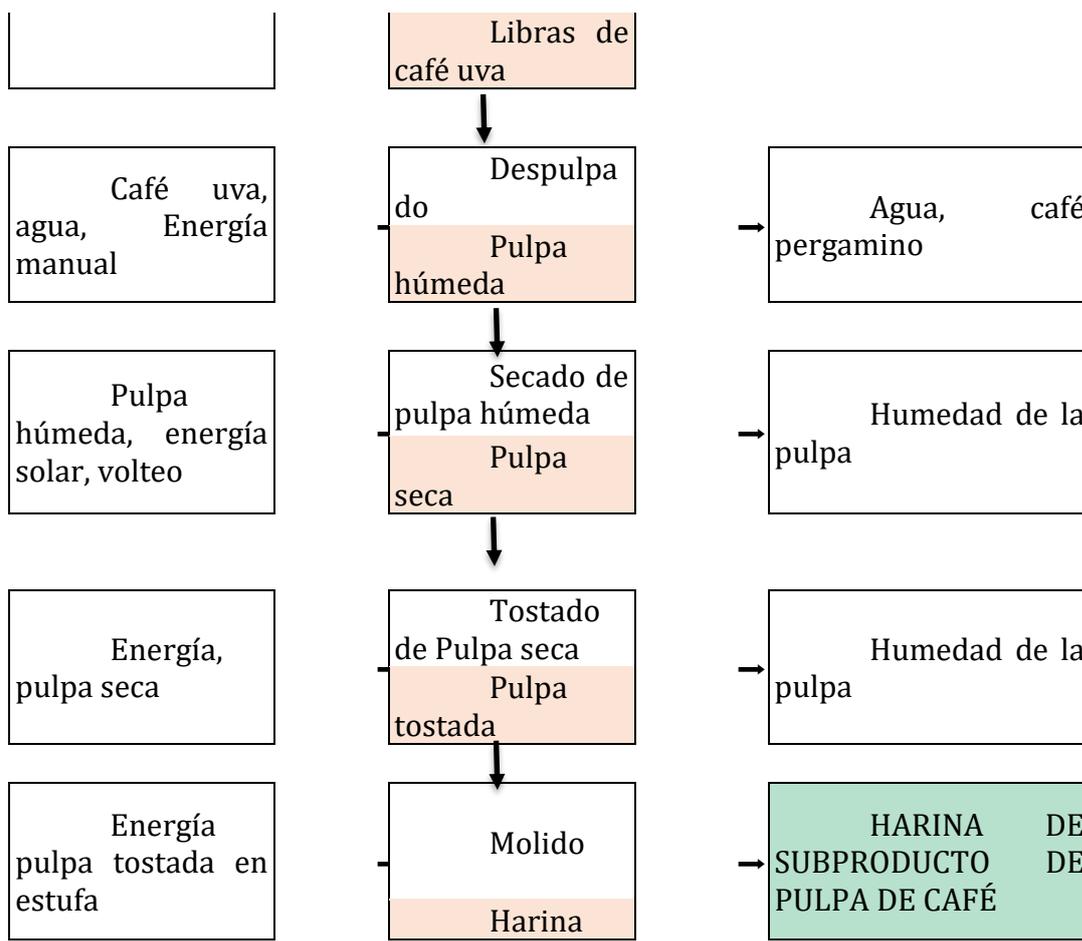
Finca Encuentro de los Cumpas

La finca se encuentra situada en el municipio de Jayaque, departamento de La Libertad, ubicada a 998 m.s.n.m.. Donde una despulpadora manual marca “IDEAL ANTIOQUEÑA” es usada para separar la cáscara del café uva (pulpa) y lograr extraer la almendra que se usa para la bebida tradicional. Este equipo se provisiona con café uva y agua por una tolva, y al girar manualmente la manecilla se ejerce presión que succiona el grano y va separando la almendra del subproducto a medida que los insumos transitan por el engranaje. Para esta investigación el subproducto (pulpa) se recolectó en sacos y se manejó para garantizar su inocuidad debido a que posteriormente se constituye en materia prima para una harina apta para consumo humano. Del proceso aplicado se desprende el correspondiente diagrama de flujo (Figura 1)

Figura 1

Diagrama del proceso del despulpado en húmedo. Sirve para separar o retirar la cáscara del fruto del café y extraer la almendra





Se describe cada actividad con sus entradas y salidas. Elaboración propia.

La figura anterior coincide con la secuencia que a continuación se expone:
 Se recibieron 1750 libras de café uva, separándola en 15 observaciones, de las que se tomaron 14 de 115 libras cada una, quedando por fuera un lote de 140 libras;
 Con la maquina despulpadora, en húmedo, se procesó el café uva para separar el grano de su recubrimiento.

La pulpa se seca al sol con volteo constante por 15 días, generando el subproducto seco;

Esta pulpa se transportó para realizar su tostado medio oscuro;

Paso por molino industrial;

Obtención de harina.

En la figura 2, se expone cada una de las etapas del proceso; desde la corta del café hasta la obtención de la harina.

Figura 2

Desde la corta del cafeto y utilizando una despulpadora mecánica hasta la elaboración de harina de pulpa de café

ELABORACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTO DE PULPA DE CAFÉ EN LA FINCA EL ENCUENTRO DE LOS CUMPAS JAYAQUE

CORTA DE CAFÉ



Operación que, en El Salvador, inicia en cada mes de octubre y suele extenderse hasta mayo y junio del siguiente año.

En la finca Encuentro de los Cumpas la madurez del fruto del cafeto se determina por los cambios de color que va de verde, a amarillo hasta llegar a rojo carmesí; y por un cambio en la consistencia de la pulpa que va de dura a blanda.

En este último estadio se procede al corte manual realizado por personas conocedoras que visualmente determinan el punto adecuado para desprender el fruto del arbusto.

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 recolectan en recipientes, y luego se traspasan a costales para facilitar el transporte y manipulación.

En la finca, el café que se va recolectando se despulpa el mismo día, pues consideran que el amontonamiento descuidado acelera procesos de fermentación que dañarían el fruto.

DESPULPADO MECÁNICO



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

Esta operación consiste en extraer 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 introducen en la máquina, que succionan los granos mediante rodillos que ejercerán presión mecánica a medida que manualmente se gira el cilindro de la despulpadora.

Se agrega agua a la tolva, lo cual, al remojar el contenido contribuye a la conducción de pulpa y café.

Finalmente se obtiene granos enteros de café separados de la pulpa. Esta última se

SECADO DE PULPA HÚMEDA AL SOL



utiliza como insumo en esta investigación, a diferencia del tratamiento de subproducto desechable que generalmente se le da.

Para el desarrollo de esta investigación se procedió de la siguiente manera:

Lavado de la pulpa, para lo que se prepara una solución de cloro a 200 ppm, obtenida a partir de un cloro comercial que está a una concentración del 6%, diluyendo 5 ml por galón de agua.

Enjuague de la pulpa para eliminar cualquier residuo de cloro

Ecurrido para secarla durante el tiempo necesario hasta perder humedad y aprovechando el sol como recurso natural.

El parámetro que se observa es el cambio de color, que va de rojo carmesí en el día uno, y cambiando hasta tornarse marrón (café) en el día 21.

Con el transcurrir los días se realiza una prueba manual, verificando si la pulpa se pulveriza fácilmente.

TOSTADO EN ESTUFA



El tostado en estufa es una operación unitaria que sirve:

Para acabar de extraer 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 tiempo - temperatura en donde el horneado excede los 70° C en donde los patógenos se destruyen, manteniéndose a 250° C durante 2 horas.

Molido



Operación unitaria que sirve para reducir de tamaño la pulpa seca hasta pulverizarse. Se trata de realizar una molienda fina para la obtención de harina caracterizada por su fácil mezclado con cualquier otro tipo de cernido comestible para lograr fabricar galletas, pan, y pastas, entre otras.



Finca La Sierra de León

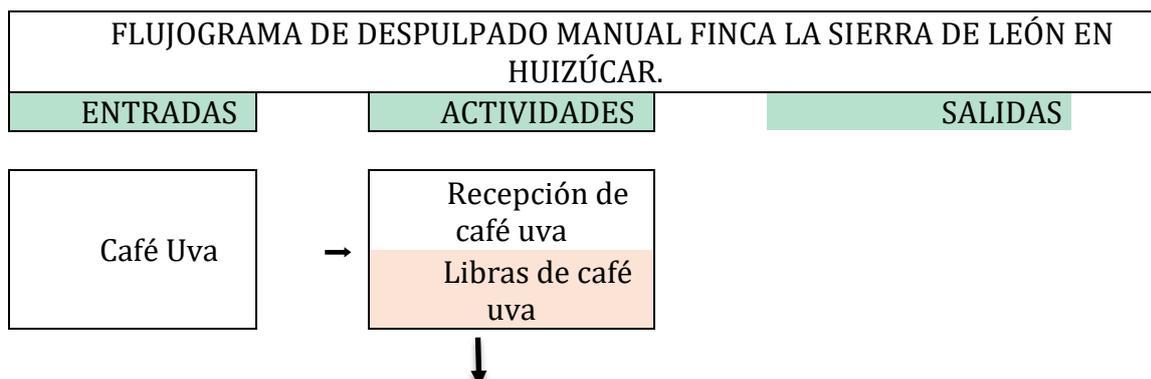
Finca La Sierra de León se ubica en el municipio de Huizúcar, departamento de la Libertad, a 640 m.s.n.m. en El Salvador. En este ambiente se experimentó el secado del café uva en patios, para luego ser trillado. El proceso siguió la secuencia a continuación descrita:

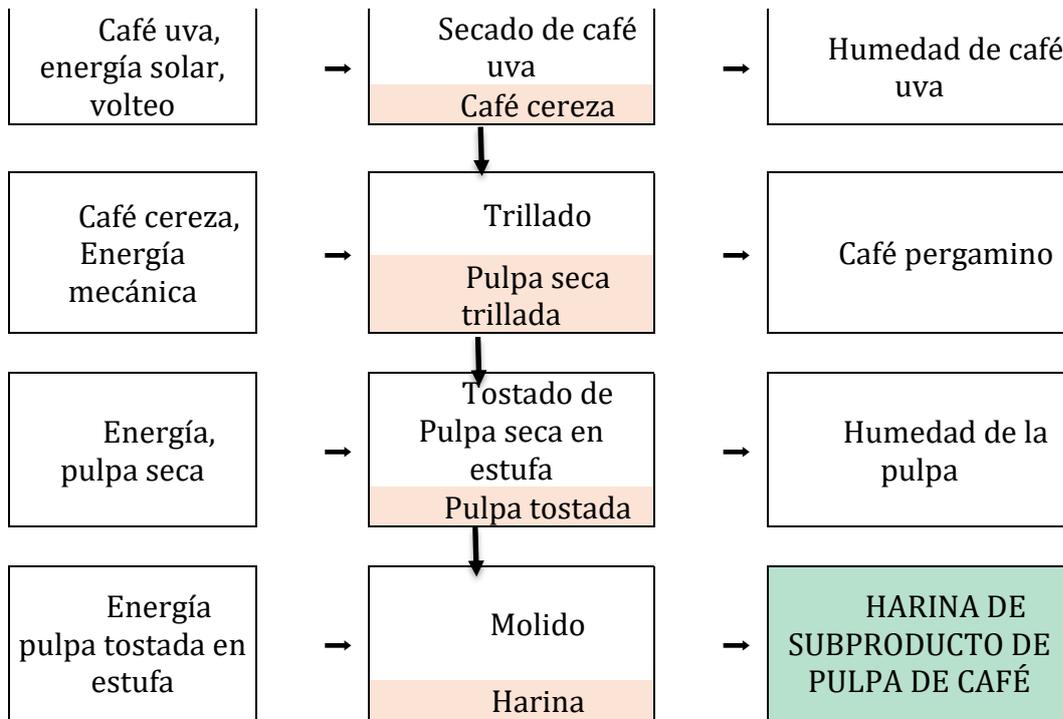
- Se recibieron 1750 libras de café uva, separándola en 15 observaciones, de las que se tomaron 14 de 115 libras, quedando por fuera 140 libras (valor perdido);
- El café uva fue secado, por 21 días, directamente al sol hasta transformarse en café cereza;
- Al cabo de los 21 días se realizó el trillado para separar el grano de café de su pulpa (subproducto), con una máquina trilladora.
- La pulpa obtenida por trillado se recolectó inmediatamente, y con cuidado fue depositada en sacos limpios. Por ser el insumo del proceso que se está planteando se manejó como materia prima: guardando la inocuidad para que la harina no implique ningún riesgo físico, químico ni biológico.
- Los sacos se transportaron a la estación de tostado donde la pulpa se expuso al calor hasta lograr un término medio oscuro que además de facilitar la etapa de molido mantiene la cafeína con mayor dulzor que el tueste totalmente oscuro. La temperatura se utiliza como elemento coadyuvante a la inocuidad.
- La pulpa tostada fue pasada por un molino industrial hasta derivar en la obtención de harina.

En Figura 3 se presenta el diagrama de flujo seguido para el despulpado mediante trilladora.

Figura 3

Diagrama de flujo para el despulpado con trilladora





Se describe cada actividad con sus entradas y salidas. Elaboración propia.

Para facilitar la comprensión del proceso se incluye la Figura 4; en la cual se observan cada una de las etapas del proceso desde la corta del café hasta la obtención de la harina.

Figura 4

Elaboración de la harina subproducto del secado del café utilizando una trilladora

**ELABORACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTO DE PULPA DE CAFÉ
FINCA LA SIERRA DE LEÓN UBICADA EN HUIZÚCAR**

CORTA DE CAFÉ



La corta de café se realiza manualmente, seleccionando el fruto maduro, y dejando el restante para 15 o 30 días;

- Los frutos maduros se cortan con cuidado de no dañar la planta o la cosecha postergada;
- La tarea de corta en esta finca se hace por personas entrenadas en la selección del grano propicio a las etapas posteriores.

SECADO DE CAFÉ HASTA CEREZA

En este método el secado se hace directamente sobre el cemento; el grano se extiende en capas cuyo espesor se calculan



entre 3.50 y 3.55 centímetros, removiendo constantemente de 3 a 5 veces por día.

Durante la noche o lapsos en que no hay sol el despliegue se tapa con plásticos.

El secado dura de 10 a 21 días, y para probarlo se toman en cuenta 3 aspectos:

- Cuando se patea una muestra despegar la cáscara fácilmente. (suelta la pulpa);
- Al morderse se siente duro;
- El cambio de color que el día uno se observan granos rojos y amarillos, hasta que se tornan en un café oscuro.

El café se recoge en sacos que estiban ordenadamente para ser transportados a la trilladora

TRILLADO



El trillado es la operación en la que, después de secado, el grano se separa con la pulpa seca conocida como cáscara.

El proceso tiene como objetivo final la obtención del grano. Esta investigación extiende su finalidad a procesar el subproducto (pulpa) que se obtiene del trillado.

SUBPRODUCTO



El subproducto se trata como residuo agrícola; a pesar de que son ricos en compuestos bioactivos como polifenoles, alcaloides, proteínas, ácidos clorogénicos, fibra dietética, carbohidratos, y antioxidantes.

TOSTADO EN ESTUFA

El tostado en estufa se realiza hasta que la aplicación de calor permite alcanzar un color café oscuro en la pulpa.



Molido



El término deseado se logró en el horno de la estufa a una temperatura de 250° C, por un lapso de 2 horas.

La operación de molido se realizó en un molino industrial eléctrico.

Finalmente se logró la obtención de la harina apta para consumo humano y utilizable en combinación con otro cernido alimenticio.

Las harinas obtenidas a partir de los dos procesos comentados fueron expuestas a pruebas de humedad en base seca por triplicado, utilizando el analizador de humedad programado con perfil de secado estándar a una temperatura de 120° C y en el modo de determinación de secado automático (cambio de masa por 1 mg/durante 60 s).

Los factores intervinientes fueron las materias primas y el equipamiento adecuado para medir humedad; según detalle:

- Muestras del experimento 1. Proceso despulpado en húmedo.
- Muestras del experimento 2. Proceso empleado: Despulpado en seco durante el trillado.
- Analizador de humedad RADWAG® de la serie MAC 50/WH. Equipo de laboratorio que permite medir la humedad relativa de muestras de diferentes materiales.

Procedimiento



Las muestras de las diferentes etapas de los procesos empleados se arreglaron en triplicado; almacenándolas a temperatura ambiente en bolsas plásticas para ser transportadas hasta el punto en que serían analizadas.



Mediante el Analizador RADWAG se determinó la humedad en de las muestras por triplicado. El equipo fue programado con perfil de secado estándar a 120° C y en el modo de determinación automática.

Posteriormente se realizó un registro de los datos a modo de obtener sus promedios.

Resultados (14 puntos)

La base de datos generada para los dos experimentos para recolectar datos fueron las siguientes: En la Tabla 1 se presentan como un resumen un consolidado los resultados obtenidos considerando los dos métodos de secado.

Tabla 3

Comparación entre los 2 métodos de secado utilizados

Lugar de obtención de café	Encuentro de los Cumpas	La Sierra de León
Libras de café inicial	1610 libras	1610 libras
Metros sobre el nivel del mar en que se cosechó el café.	998 m.s.n.m.	640 m.s.n.m.
Método de despulpado	Con maquina después del corte	Separada después de secado y trillado
Obtención de subproducto (libras de pulpa)	685 libras pulpa húmeda obtenida con despulpadora	310 libras del trillado
Libras secas	350 libras	310 libras
% subproducto seco	20%	17.71%

Subproducto tostado en estufa	260 libras	220 libras
Obtención de harina	150 libras	110 libras

Cada una de las materias primas en las diferentes actividades del proceso fueron caracterizadas según el hito a que corresponden, a efecto de justificar el secado como método de conservación y estabilización; ya que la pulpa al estar seca evita la capacidad de proliferación de microorganismos, mohos y levaduras que se tendrían en un ambiente acuoso. Los resultados de humedad se presentan a continuación.

Resultados de humedad del experimento de jayaque “finca el encuentro de los cumpas”

CAFE UVA							PROMEDIO UNI	
	M1		M2		M3		DAD	
PESO INICIAL	5,6		5,3		5,9		5,6423	
PESO FINAL	44 g		47 g		36 g		33333 g	
TIEMPO TOTAL	1,7		1,9		2,0		1,9196	
% HUMEDAD BASE	65 g		83 g		11 g		66667 g	
% HUMEDAD HÚMEDA	2:1		2:0		2:2			
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	8:40 h:m		1:33 h:m		2:48 h:m		2:14:20 h:m	
	a. m. in:seg		a. m. in:seg		a. m. in:seg		a. m. in:seg	
% HUMEDAD BASE SECA	68,		62,		66,		65,920	
	728 %		913 %		121 %		66667 %	
	21		16		19		194,86	
	9,773 %		9,64 %		5,176 %		3 %	
	12		12		12			
	0 °C		0 °C		0 °C		120 °C	

PULPA HUMEDA							PROMEDIO UNI	
	M1		M2		M3		DAD	
PESO INICIAL	5,9		5,0		2,6		4,503	
PESO FINAL	04 g		01 g		04 g		0,9573	
TIEMPO TOTAL	1,2		1,0		0,6		333333	
% HUMEDAD BASE	03 g		64 g		05 g			
% HUMEDAD HÚMEDA	1:0		12:		1:0			
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	3:36 h:m		57:49 h:m		6:03 h:m		1:02:29 h:m	
	a. m. in:seg		a. m. in:seg		a. m. in:seg		a. m. in:seg	
	79,		78,		76,		78,371	
	624 %		724 %		766 %		33333 %	

%						
HUMEDAD	39		37		33	363,73
BASE SECA	0,773	%	0,019	%	0,413	5 %
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	12		12		12	
	0	°C	0	°C	0	120 °C

SUBPRODUCTO (PULPA SECA 12 DÍAS) SIN ESTUFA						PROMEDIO	
	M1		M2		M3		UNIDAD
PESO INICIAL	2,5		2,8		2,6		2,696
	83	g	87	g	18	g	g
PESO FINAL	2,4		2,6		2,4		2,5106
	09	g	82	g	41	g	66667
TIEMPO TOTAL	12:		12:		12:		12:21:3
	21:25	h:m	22:05	h:m	21:20	h:m	h:m
	a. m.	in:seg	a. m.	in:seg	a. m.	in:seg	7 a. m. in:seg
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	6,6		7,1		6,7		6,842
	64	%	01	%	61	%	%
% HUMEDAD BASE SECA	7,1		7,6		7,2		7,3443
	39	%	43	%	51	%	33333
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	12		12		12		
	0	°C	0	°C	0	°C	120 °C

SUBPR ODUCTO TOSTADO MEDIO OSCURO						PROMEDIO	
	M1		M2		M3		UNIDAD
PESO INICIAL	2,1		2,2		2,5		2,3363
	95	g	17	g	97	g	33333
PESO FINAL	2,1		2,1		2,5		2,3056
	69	g	86	g	62	g	66667
TIEMPO TOTAL	12:		12:		12:		12:04:4
	04:03	h:m	04:50	h:m	05:10	h:m	h:m
	a. m.	in:seg	a. m.	in:seg	a. m.	in:seg	1 a. m. in:seg
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	1,1		1,3		1,3		1,283
	85	%	54	%	1	%	%
% HUMEDAD BASE SECA	1,1		1,3		1,3		1,299
	98	%	72	%	27	%	%

HARIN A DE SUBPRODUCTO							PROMEDIO UNI DAD
	M1		M2		M3		
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	12	0 °C	12	0 °C	12	0 °C	120 °C
PESO INICIAL	5,0		5,0		5,1		5,1093
PESO FINAL	73 g		61 g		94 G		33333 g
TIEMPO TOTAL	4,7		4,7		4,8		4,7883
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	77 g		20 g		68 G		33333 g
% HUMEDAD BASE SECA	12:20:56 h:m a. m. in:seg		12:19:54 h:m a. m. in:seg		12:21:03 h:m a. m. in:seg		12:20:38 h:m a. m. in:seg
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	5,8		6,7		6,2		6,2826
% HUMEDAD BASE SECA	35 %		37 %		76 %		66667 %
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	6,1		7,2		6,6		6,7056
	96 %		24 %		97 %		66667 %
	12	0 °C	12	0 °C	12	0 °C	120 °C

Resultados de humedad del experimento de huizucar "finca de león"

CAFE UVA							PROMEDIO UNI DAD
	M1		M2		M3		
PESO INICIAL	6,3		6,3		6,1		6,2396
PESO FINAL	10 g		00 g		09 g		66667 g
TIEMPO TOTAL	2,1		1,8		2,0		1,979
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	16 g		02 g		19 g		1,979 g
% HUMEDAD BASE SECA	2:1		2:2		2:1		2:19:31 h:m a. m. in:seg
	8:23 h:m a. m. in:seg		0:16 h:m a. m. in:seg		9:54 h:m a. m. in:seg		2:19:31 h:m a. m. in:seg
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	66,		71,		66,		68,270
% HUMEDAD BASE SECA	466 %		396 %		950 %		66667 %
	19		24		20		216,79
	8,204 %		9,611 %		2,575 %		66667 %

TEMPERATURA DE ANÁLISIS	12 0 °C	12 0 °C	12 0 °C	120 °C
CAFÉ CEREZA 10 DÍAS				PROMEDIO UNI DAD
	M1	M2	M3	
PESO INICIAL	4,7 39 g	5,5 87 g	4,7 41 g	5,0223 33333 g
PESO FINAL	4,4 77 g	5,3 25 g	4,4 79 g	4,7603 33333 g
TIEMPO TOTAL	12: 59:05 h:m a. m. in:seg	12: 57:56 h:m a. m. in:seg	12: 59:03 h:m a. m. in:seg	12:58: 41 a. m. in:seg
HUMEDAD BASE HÚMEDA	5,5 09 %	4,6 89 %	5,5 26 %	5,2413 33333 %
HUMEDAD BASE SECA	5,8 29 %	4,9 20 %	5,8 49 %	5,5326 66667 %
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	12 0 °C	12 0 °C	12 0 °C	120 °C

SUBPRODUCTO (PULPA TRILLADA) (SIN ESTUFA)				PROMEDIO UNI DAD
	M1	M2	M3	
PESO INICIAL	3,0 18 g	3,0 45 g	2,8 75 g	2,9793 33333 g
PESO FINAL	2,6 82 g	2,7 12 g	2,5 62 g	2,652 g
TIEMPO TOTAL	12: 23:15 h:m a. m. in:seg	12: 21:50 h:m a. m. in:seg	12: 21:00 h:m a. m. in:seg	12:22: 02 a. m. in:seg
HUMEDAD BASE HÚMEDA	11, 104 %	10, 848 %	10, 887 %	10,946 33333 %
HUMEDAD BASE SECA	12, 490 %	12, 168 %	12, 217 %	12,291 66667 %
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	12 0 °C	12 0 °C	12 0 °C	120 °C

SUBPRODUCTO TOSTADO MEDIO OSCURO	PROMEDIO
---	-----------------

	M1		M2		M3		UNI DAD	
PESO INICIAL	2,8		3,0		3,0		3,0146	
PESO FINAL	58	g	96	g	90	g	66667	g
PESO INICIAL	2,7		3,0		3,0		2,9513	
PESO FINAL	99	g	30	g	25	g	33333	g
TIEMPO TOTAL	12:07:25	h:m	12:08:30	h:m	12:08:15	h:m	12:08:03	h:m
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	1,9		2,1		2,0		2,0666	
% HUMEDAD BASE SECA	96	%	32	%	72	%	66667	%
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	2,0		2,1		2,1		2,1096	
	36	%	78	%	15	%	66667	%
	12		12		12			
	0	°C	0	°C	0	°C	120	°C

HARINA DE SUBPRODUCTO							PROMEDIO UNI DAD	
	M1		M2		M3			
PESO INICIAL	5,2		5,0		5,0		5,117	
PESO FINAL	19	g	61	g	71	g		g
PESO INICIAL	4,8		4,7		4,7		4,775	
PESO FINAL	74	g	18	g	33	g		g
TIEMPO TOTAL	12:25:10	h:m	12:19:50	h:m	12:19:25	h:m	12:21:28	h:m
% HUMEDAD BASE HÚMEDA	6,6		6,7		6,6		6,6776	
% HUMEDAD BASE SECA	46	%	40	%	47	%	66667	%
TEMPERATURA DE ANÁLISIS	7,1		7,2		7,1		7,1553	
	19	%	27	%	20	%	33333	%
	12		12		12			
	0	°C	0	°C	0	°C	120	°C

Posterior al estudio de la humedad a lo largo del proceso se procede a examinar los rendimientos cuantitativos en libras de los dos métodos alternativos. de Los datos fueron registrados y tabulados en el programa estadístico SPSS®, versión 22, para luego realizar una prueba t de comparación de medias entre muestras independientes.

Tabla 1

Experimento 1. Jayaque tratamiento despulpadora manual y secado de pulpa

ACTIVIDADES/OBSERVACIONES	C O C O C O C O C O C O C O C O															TOTAL LIBRAS	
	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA		
CAFE UVA	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	750
SUBPROD	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6
UCTO PULPA HUMEDA	4,96	5,12	5,08	4,91	5,23	5,37	5,14	5,26	5,03	5,10	4,94	5,21	5,06	5,03	3,56	85,0	00
SUBPROD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00
UCTO PULPA SECA AL SOL SIN ESTUFA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
SUBPROD	2,97	3,05	3,03	2,94	3,11	3,18	3,06	3,12	3,00	3,04	2,96	3,10	3,02	3,00	7,36	50,0	00
SUBPROD	2	4	4	7	0	2	4	6	8	4	2	0	3	8	6	00	00
UCTO PULPA SECADA EN ESTUFA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
SUBPROD	7,06	7,12	7,11	7,04	7,16	7,22	7,13	7,17	7,09	7,11	7,05	7,16	7,10	7,09	0,32	60,0	00
SUBPROD	5	6	1	6	8	1	3	9	2	8	8	0	3	2	9	1	1
HARINA	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1,72	50,0
	,845	,880	,872	,834	,904	,935	,885	,911	,861	,876	,841	,900	,867	,861	8	00	00

Tabla 2

Experimento 2. Huizúcar secado al sol y trillado para obtener pulpa

ACTIVIDADES/OBSERVACIONES	C O C O C O C O C O C O C O C O															TOTAL LIBRAS	
	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA	BSE RVA		
CAFE UVA	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	40	1750,
SUBPROD	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6
CAFE CEREZA	2,81	2,62	2,76	2,67	2,80	2,82	2,73	2,67	2,69	2,65	2,71	2,79	2,68	2,77	1,83	50,0	00
SUBPROD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00

(ASOLEADO EN PATIOS)																	
SUBPROD																	
UCTO PULPA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
TRILLADA	0,41	0,32	0,39	0,35	0,41	0,42	0,37	0,35	0,36	0,34	0,36	0,40	0,35	0,39	4,71	10,0	00
SIN ESTURA	7	6	3	0	2	2	9	0	0	1	9	8	5	8	9	00	
SUBPROD																	
UCTO PULPA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
SECADA EN	4,49	4,42	4,47	4,44	4,48	4,49	4,46	4,44	4,44	4,43	4,45	4,48	4,44	4,47	7,54	20,0	
ESTUFA	0	5	3	2	6	3	2	2	9	5	6	3	6	6	2	00	
																	1
HARINA	,245	,213	,236	,221	,243	,246	,231	,221	,224	,218	,228	,241	,223	,238	,771	810,0	00

Tabla 4

Estadística de Grupo

TRATAMIENTO	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIA DE ERROR ESTÁNDAR
Despulpado inicial (húmedo)	14	23.04	.06684	.01786
	53			
Despulpado al trillar (seco)	14	20.37	.03117	.00833
	72			

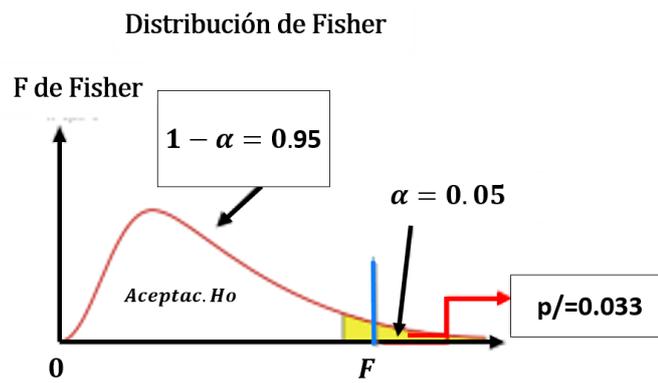
La tabla anterior muestra que, en libras, se obtiene un promedio menor de subproducto mediante el proceso en que la pulpa se desprende en seco durante el trillado. Las desviaciones estándar indican que en ambos procesos las observaciones tienden a concentrarse alrededor de la media; es decir, contamos con un rendimiento consistente en ambos métodos de despulpado.

1. PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS (Prueba de Levene)

La prueba de Levene es parte integral de la batería de resultados que arroja SPSS al correr una prueba t de comparación de medias. El objeto de la prueba es determinar si los grupos en estudio presentan varianzas iguales. Se usa ampliamente pues muchas pruebas estadísticas utilizan el supuesto de que los grupos tienen varianzas iguales. Se parte del siguiente planteamiento de hipótesis:

H₀: Las Varianzas de los 2 tratamientos son iguales ($\sigma^2_1 = \sigma^2_2$)

H₁: Las Varianzas de los dos tratamientos son distintas. El tratamiento 1 es más variable que el 2 ($\sigma^2_1 > \sigma^2_2$)



Como el Valor p de la prueba: $p = 0.033 < \alpha = 0.05$, se observa que cae en zona de Rechazo, por lo tanto las diferencias observadas entre las Varianzas son significativas; por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad en las varianzas, ya que al nivel de significación dado ($\alpha = 0.05$) la variabilidad del Tratamiento 1 es mayor que la del Tratamiento 2.

2. PRUEBA DE IGUALDAD DE MEDIAS (Prueba t de Student)

Planteamiento de Hipótesis

Ho: Las medias de los 2 tratamientos son iguales ($\mu_1 = \mu_2$)

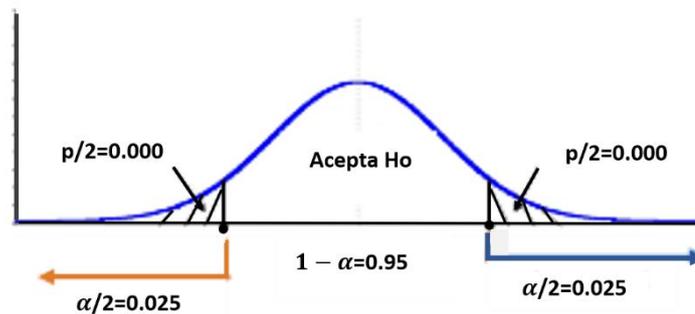
H1: Las medias de los dos tratamientos son distintas ($\mu_1 \neq \mu_2$)

El registro y procesamiento de los datos se realizó con el software SPSS en su versión 22; obteniendo los resultados siguientes:

PRUEBA DE MUESTRAS INDEPENDIENTES.

		Prueba t para la igualdad de medias								
		Prueba de Levene de calidad de varianzas			95% de intervalo de confianza de la diferencia					
		Sig.			Diferencia de medias		Diferencia de error estándar		Intervalo inferior superior	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Intervalo inferior	Intervalo superior
Pulpa Secada	Se asumen varianzas iguales	5.067	.033	35.35	26	.000	2.66804	0.1971	2.62752	2.70855
	No se asumen varianzas iguales			135.35	18398	.000	2.66804	0.1971	2.62669	2.70938

Distribución t de Student



Se toma la fila que corresponde a varianzas no iguales: Como el Valor p de la prueba: $p = 0.000 < \alpha = 0.05$, cae en zona de Rechazo se indica que las diferencias observadas entre las medias son significativas; es decir hay evidencias estadísticas al Nivel de significación $\alpha = 0.05$, de que la media $\mu_1 = 23.0453$ es mayor que $\mu_2 = 20.3772$; , es decir la diferencia de 2.668 a favor del Tratamiento 1, es significativa

De estos resultados se puede establecer:

- La Prueba de Levene para igualdad de varianzas resulta en 0.033; por lo que al ser menor que el valor de significancia (alfa 0.05) conlleva el no aceptar la hipótesis nula (H_0) de igualdad, lo que implica que no se asumen varianzas iguales entre los tratamientos.
- Al no asumir varianzas iguales la prueba de significancia bilateral resulta en 0.00; lo cual es menor que el 0.05 concedido al valor de alfa; por lo que no se acepta H_0 (igualdad de medias); y se concluye en la Hipótesis alternativa (H_1): diferencia de medias.
- Es decir, con un porcentaje del intervalo de confianza al 95%, y una significancia a nivel 0.05, el rendimiento promedio en libras es diferente al comparar el resultado de un proceso de secado frente al otro.
- El subproducto pulpa seca al sol sin estufa fue en promedio 2.66 libras mayor por cada bloque de 115 libras de café sujetas a este proceso con respecto a la misma cantidad sometida al procedimiento subproducto pulpa trillada sin estufa.

Discusión y conclusiones

Los resultados de esta investigación demuestran que es técnicamente factible producir harina a partir de la pulpa de café cosechado en El Salvador, a distintas alturas, y sin importar el método de despulpado; aunque en el método en seco se obtienen menores rendimientos en libras. Trabajos anteriores demostraron la utilidad de la pulpa en la fabricación de miel y una harina de similares características.

El despulpado ya sea en húmedo o en seco no requerirían inversiones adicionales a las que ya se tienen. Eliminar la humedad a través del secado evita el deterioro de la pulpa, manteniendo su calidad en anaquel como materia prima durante un tiempo más prolongado que si se deja húmeda pues tiende a fermentarse y descomponerse de manera acelerada. Ello ha sido comprobado por investigadores como Zactiti en 2004 y Ventura-Cruz en 2019.

Los esfuerzos por mantener la inocuidad y calidad de la pulpa podrían traducirse en alternativas para generar flujos económicos para los productores y coadyuvar a la seguridad alimentaria.

Prada y sus investigadores asociados, en 2019 abordaron la efectividad de los secadores solares con sistema de flujo de aire continuo aplicados al secado de café, que sin duda acelera el proceso. Aunque la forma tradicional también ha demostrado arrojar resultados favorables. Será un tema de tecnología disponible y condiciones de mercado las que inclinen la balanza en favor de alguna de las dos visiones.

La conciencia de producir de forma sostenible es necesario que se extienda a la creación de alternativas de consumo que contribuyan con los recursos naturales, y el medio ambiente. La investigación de Torres corrobora que el uso de la pulpa de café disminuye el impacto ambiental y resalta los beneficios nutricionales que contiene.

Como consecuencia del trabajo realizado se logró establecer la factibilidad de elaborar harina a partir de la pulpa del café; la cual es tradicionalmente tratada como un subproducto que se desecha, y que conlleva impactos ambientales, costos de transporte y disposición. Lograr aprovechar la pulpa de café implica una oportunidad para ampliar la cadena de producción, generar utilidades y alternativas alimenticias.

Sobre la cantidad de pulpa obtenida se encontró que, con una despulpadora manual, y posterior secado al sol se obtiene mayor rendimiento que el proceso en que primero se seca el café y luego se obtiene la pulpa por trillado. En el caso del presente estudio, por cada bloque de 115 libras se obtuvieron 2.66 libras más de pulpa secada al sol que la que se obtuvo con estufa y trillado. La diferencia en rendimiento es estadísticamente significativa.

De la aplicación de los métodos de despulpado se logró observar que el aspecto de la harina es independiente; es decir, aplicar uno u otro método no hace variar el aspecto y consistencia de la harina

Referencias

- Garza Lau, Rubén, Maldonado Torres, Ranferi, Álvarez Sánchez, María Edna, & Buendía Espinoza, Julio César. (2020). Aporte nutrimental de especies arbóreas fijadoras de nitrógeno en sistemas agroforestales con café. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(4), 801-814. Epub 13 de septiembre de 2021. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2465>
- Guevara-Sánchez, Maricely, Bernal del Águila, Carlos Ivan, Saavedra-Ramírez, Jorge, & Owaki-López, Johnny Jakson. (2019). Efecto de la altitud en la calidad del café (*Coffea arabica* L.): comparación entre secado mecánico y tradicional. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 505-510. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.07>
- Martínez-González, Mónica Elizabeth, Balois-Morales, Rosendo, Alia-Tejacal, Irán, Cortes-Cruz, Moises Alberto, Palomino-Hermosillo, Yolotzin Apatzingan, & López-Gúzman, Graciela Guadalupe. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(spe19), 4075-4087. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>
- Medina-Meléndez, José Alfredo, Ruiz-Nájera, Ramiro Eleazar, Gómez-Castañeda, Julio César, Sánchez-Yáñez, Juan Manuel, Gómez-Alfaro, Gabriela, & Pinto-Molina, Omar. (2016). Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT*, 10(2), 33-43. Recuperado en 04 de marzo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582016000100033&lng=es&tlng=es.
- Pérez-González, Jairo Roberto, Cárdenas-Cortés, Xiomy Carolina, Ocampo-Arias, Daniela, & Ceballos, Yony Fernando. (2022). Oportunidades de mejora para los procesos de recepción, fabricación y despacho de máquinas despulpadoras de café. *Ingeniería*, 27(3), e203. Epub November 11, 2022. <https://doi.org/10.14483/23448393.18314>
- Prad, Á., Vela, C. P., Bardález, G., & Saavedra, J. (2019). Efectividad de un Proceso de Secado de Café usando Secadores Solares con Sistema de Flujo de Aire Continuo Impulsado por Energía Fotovoltaica, en la Región San Martín, Perú. *Información tecnológica*, 30, 85-92.
- Ramírez Vélez. (2013). Proceso para la obtención de miel y/o harina de café a partir de la pulpa o cascara y el mucilago del grano de café (Patent N.o A23F 5/02 (2006.01) A23N 12/00 (2006.01)). <https://patents.google.com/patent/WO2013088203A1/es>.
- Serna-Jiménez, Johanna Andrea, Torres-Valenzuela, Laura Sofía, Martínez-Cortínez, Katherine, & Hernández-Sandoval, María Camila. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista ION*, 31(1), 37-42. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>
- SIFRE, Maria, PERAIRE, Manu, SIMÓ, Delfina, SEGURA, Amparo, SIMÓ, Pepita y TOSCA, Pepita. (2019). La harina. <http://bibliotecavirtualesenior.es/investigacion/la-harina/>.
- Torres-Valenzuela, Laura S., Martínez, Katherine G., Serna-Jimenez, Johanna A., & Hernández, María C.. (2019). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Físicoquímicas. *Información tecnológica*, 30(2), 189-200. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200189>
- Valdés-Velarde, Eduardo, Vázquez-Domínguez, Laura Patricia, Tinoco-Rueda, Juan Ángel, Sánchez-Hernández, Rufo, Salcedo-Pérez, Eduardo, & Lagunes-Fortiz, Erika. (2022). Servicio ecosistémico de carbono almacenado en cafetales bajo sombra en sistema

- agroforestal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(spe28), 287-297. Epub 13 de enero de 2023. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3283>
- Vargas-Tierras, Yadira Beatriz, Prado-Beltrán, Julia Karina, Nicolalde-Cruz, José Rogelio, Casanoves, Fernando, Virginio-Filho, Elias de Melo, & Viera-Arroyo, William Fernando. (2018). Characterization and role of Amazonian fruit crops in family farms in the provinces of Sucumbíos and Orellana (Ecuador). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(3), 501-515. https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num3_art:812
- Cervantes Beyra, Rafael, Castro-Lizazo, Iván, Mesa Pérez, María Aurora, Ocampo Ramírez, Arturo, Fernández Valdés, Daybelis, & Fernández Valdés, Dayvis. (2015). Efecto de la pulpa de *Coffea arabica* L. sobre la microflora de tres unidades de suelos. *Revista de Protección Vegetal*, 30(2), 115-122. Recuperado en 19 de marzo de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000200005&lng=es&tlng=es.