

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DE SECADO DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) Y
SU RELACIÓN CON LA CALIDAD EN TAZA**

POR:

RICARDO ALONSO MALDONADO GODOY

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2023

**ANÁLISIS DE LA CINÉTICA DE SECADO DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) Y
SU RELACIÓN CON LA CALIDAD EN TAZA**

POR:

RICARDO ALONSO MALDONADO GODOY

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES

Asesor principal

TESIS

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

CATACAMAS

OLACHO

DICIEMBRE, 2023

DEDICATORIA

Dedico este peldaño de mi vida con especial agradecimiento, amor y respeto:

A Dios todo poderoso, quien es el guía de mi destino y la fuerza que me sostiene en los momentos difíciles a través de sus designios, que en su divina providencia a guiado mis pasos para hacer realidad la meta anhelada.

A mis queridos padres, ustedes son la base de mi existencia, el ejemplo de amor y dedicación que Dios me ha dado, su sacrificio, sabiduría y amor incondicional han moldeado mi vida de una manera que nunca podré agradecer lo suficiente, cada día, sus oraciones y consejos me guían y su amor me da fuerzas para enfrentar los desafíos que la vida presenta. Agradezco a Dios por haberme bendecido con padres tan maravillosos como ustedes.

A mis amigas, Andrea Rivera, Yadira Rodríguez y Sagrario Medina, ustedes son el tesoro que Dios me ha dado en forma de amistad, su presencia en mi vida es un recordatorio constante del amor y la amistad que Dios nos ofrece, a través de las risas, las lágrimas y las aventuras compartidas agradezco a Dios por haber cruzado nuestros caminos y por permitirme compartir la vida con amigas tan especiales como ustedes.

AGRADECIMIENTO

En este momento tan especial, quiero tomar un momento para expresar mi profundo agradecimiento a Dios, a mis padres y a la familia Peñalva Cruz de la empresa APROCAL por su apoyo incondicional.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones que ha derramado sobre mi vida, su amor y guía han sido una fuente constante de fortaleza y esperanza en cada paso de mi destino.

A mis queridos padres, quiero expresar mi más profundo agradecimiento, su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido los pilares fundamentales en los que he construido mi vida, gracias por su constante esfuerzo, por creer en mí y por siempre estar ahí para mí, sin importar las circunstancias su amor es un regalo que valoro más que cualquier otra cosa en este mundo.

A la empresa APROCAL, quienes brindaron la oportunidad de abrir las puertas de su empresa para poder llevar a cabo este trabajo de investigación, aprecio profundamente la oportunidad de trabajar a su lado y aprender de todos ustedes, y también en especial a la catadora Morelia Mejía por sus enseñanzas y dedicación.

A mis asesores, M.Sc. Jhunion Marcia, M.Sc. Keisy Peralta y M.Sc. Carlos Amador, expresar mi agradecimiento por su apoyo y orientación durante todo el proceso de mi proyecto. Su experiencia, conocimientos y habilidades han sido fundamentales para el éxito de esta investigación, gracias a su asesoramiento he adquirido nuevas habilidades y conocimientos que me han permitido avanzar en mi carrera profesional.

ÍNDICE

	pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
III REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Historia del café	3
3.2 El café en Honduras	4
3.3 Composición química del café.....	4
3.4 Taxonomía del café.....	5
3.5 Factores que afectan la calidad del café.....	6
3.6 Estabilidad de compuestos del café ante el secado solar	6
3.7 Procesos del café en el beneficiado	7
3.8 Secado de café	8
3.9 Tipos de secados	8

3.9.1	Secado en domo.....	8
3.9.2	Secado en patio.....	9
3.9.3	Secado en gavetas.....	9
3.10	Cinética de secado	9
3.11	Humedad del grano	9
3.12	Temperatura de secado	10
3.13	Tiempo de secado del café al sol	10
3.14	Características organolépticas del café	11
3.15	Evaluación sensorial	11
3.16	Calidad de café en taza	11
IV	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
4.1	Ubicación y descripción del área de estudio.....	12
4.2	Materiales y equipo.....	12
4.3	Método	13
4.4	Diseño experimental	14
4.5	Metodología.....	15
4.5.1	Variables de respuesta	18
4.6	Análisis Estadístico.....	18
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5.1	Procesos de beneficiado de café en los diferentes métodos de secado	19
5.2	Curvas de secado	20
5.3	Evaluación sensorial del café para la determinación de la calidad en taza.....	26
5.4	Análisis de pH.....	26
5.5	Análisis sólidos solubles.....	27
5.6	Análisis sensorial	29

5.7	Sumatorio total del puntaje de los tratamientos para las dos variedades.	34
VI	CONCLUSIONES.....	36
VII	RECOMENDACIONES.....	37
VIII	BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS		42

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición química del café.	5
Tabla 2. Taxonomía del café	6
Tabla 3. Formato de puntaje de catación.	18
Tabla 4. Medias para los métodos de secado solar.....	24
Tabla 5. Temperatura, precipitación y horas de sol del mes de marzo en Intibucá.....	25
Tabla 6. Análisis sensorial variedad de café Catuai.	30
Tabla 7. Análisis sensorial variedad de café Catuai.	31
Tabla 8. Análisis sensorial variedad de café Catimor.....	32
Tabla 9. Análisis sensorial variedad de café Catimor.....	33
Tabla 10. Medias para las variedades de café.....	35

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Descripción de los materiales y equipos.	13
Cuadro 2. Diseño experimental.	14
Cuadro 3. Combinación de los tratamientos a investigar.	14

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Curva de secado beneficiado lavado variedad Catuai.....	20
Figura 2. Curva de secado beneficiado natural variedad Catuai.	21
Figura 3. Curva de secado beneficiado melado variedad Catuai.....	21
Figura 4. Curva de secado beneficiado lavado variedad Catimor.	22
Figura 5. Curva de secado beneficiado natural variedad Catimor.	23
Figura 6. Curva de secado beneficiado melado variedad Catimor.	23
Figura 7. pH variedad de café Catuai.	26
Figura 8. pH variedad de café Catimor.	27
Figura 9. Sólidos solubles variedad de café Catuai.	28
Figura 10. Sólidos solubles variedad de café Catimor.	29
Figura 11. Puntaje final variedad de café Catuai.....	34
Figura 12. Puntaje final variedad de café Catimor.	35

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Formato de puntaje de catación	42
Anexo 3. Selección de tratamientos	43
Anexo 2. Fincas de café	43
Anexo 5. Café natural.....	43
Anexo 6. Café lavado	43
Anexo 4. Despulpado	43
Anexo 7. Café melado	44
Anexo 8. Secado en domo.....	44
Anexo 12. Tostado	44
Anexo 10. Secado en gaveta	44
Anexo 2. Secado en patio	44
Anexo 11. Trillado	44
Anexo 14. Catación	45
Anexo 13. Molino	45
Anexo 16. Tueste.....	45
Anexo 15. Catación catadores	45
Anexo 18. Análisis de solidos totales.....	45
Anexo 17. Análisis de pH.....	45
Anexo 19. Catadores	46
Anexo 20. Familia APROCAL	46

MALDONADO GODOY, R. A. (2023). Análisis de la cinética de secado del grano de café (*coffea arabica*) y su relación con la calidad en taza. Tesis de grado Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, C.A.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue implementar la cinética del secado del grano de café para obtener una mejor calidad en taza. En este estudio se llevaron a cabo 18 tratamientos diferentes, utilizando dos variedades de café, Catuai y Catimor, estas variedades fueron sometidas a diversos procesos de beneficiado, que incluyeron el proceso natural, lavado y melado. Luego de ello, se aplicaron diferentes métodos de secado, secado solar en domo, en gaveta y en patio, una vez completados estos procesos las muestras se sometieron a una evaluación sensorial realizada por catadores especializados, utilizando los estándares de la Asociación Americana de Cafés Especiales. Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico en el programa SPSS. El secado solar en domo demostró ser el método más rápido. Destacando la calidad en taza, la muestra T11, correspondiente a la variedad Catimor y sometida al proceso de secado en domo con beneficiado natural, obtuvo la puntuación más alta, alcanzando 86 puntos, a contrario, las muestras de variedad Catuai no superaron un puntaje de 84 puntos, en los diferentes procesos de secado y beneficiado. En términos de calidad en taza, se identificó que la muestra T11, que correspondía a la variedad Catimor proceso de secado en domo, beneficiado natural, obtuvo la puntuación más alta con 86 puntos, esto subraya la importancia de la elección adecuada de los métodos de secado y beneficiado en la producción de café de alta calidad.

Palabras clave: Evaluación sensorial, métodos, calidad en taza.

I INTRODUCCIÓN

El café, esa bebida estimulante y aromática tan difundida por el mundo, encuentra su origen en las tierras de Etiopía (Figuerola, *et al*, 2015). El café es uno de los productos agrícolas de mayor consumo a nivel mundial, del cual dependen más de 75 millones de caficultores, pertenecientes, en su mayoría, a países en vía de desarrollo (Velasquez & Travez, 2019). El café tiene una participación de 20.7% en las exportaciones agrícolas, demostrando ser el principal producto de exportación de Honduras. La caficultura ha sido y es una de las actividades económicas con mayor relevancia en el aporte del PIB nacional del país (Romero, *et al.*, 2016).

El secado del café es un proceso de manejo postcosecha durante el cual, generalmente se preserva la calidad del café en lugar de mejorarla, los cafés lavados, naturales y de proceso honey se deben secar en alguna etapa del proceso, hay dos factores principales que contribuyen a la manera en la cual se seca el café: la temperatura y el flujo de aire, con el tiempo, estos reducen la humedad dentro del café, a lo largo del proceso de secado, es importante tener en cuenta los límites de temperatura para cada tipo de método de procesamiento (Café & Europea, 2020).

Con este estudio se pretende implementar la cinética del secado del grano de café para obtener una mejor calidad en taza, los factores influyentes en la investigación la temperatura, tiempo y humedad, en los diferentes tipos de secado y procesos, el cual, influyen en la evaluación de la calidad en taza tomando en cuenta las características organolépticas del café.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Implementar la cinética del secado del grano de café para obtener una mejor calidad en taza.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar los parámetros fisicoquímicos posterior al secado del café.

Estandarizar la curva de secado de los diferentes tratamientos de café de las variedades Catuai y Catimor.

Determinar la calidad en taza de las diferentes muestras de café a partir de una evaluación sensorial con catadores especializados.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Historia del café

El café pertenece a la familia *Rubiaceae*, la cuarta familia más grande de angiospermas. Es clasificada como una planta arbustiva, originaria de las regiones altas de África central, particularmente del Sureste de Etiopía y Norte de Kenia. Etiopía es considerada el lugar de origen del café (Enríquez, *et al*, 2020). Esta planta produce frutos, conocido como cereza, que son de color verde en estado inmaduro y rojo amarillento cuando madura (Aguilar, *et al.*, 2014). El café se cultiva en más de 80 países de Latinoamérica, África y Asia, y es uno de los productos agrícolas más valiosos del mundo ya que proporciona los medios de subsistencia para aproximadamente 25 millones de familias campesinas (Lagos Burbano, *et al.*, 2019).

Lejos de Sudamérica, la cuna del café la encontramos en África, concretamente en lo que hoy conocemos como Etiopía, de allí, el grano viajó a Europa y desde el Viejo Continente y de la mano de los muchos europeos que se lanzaron a la aventura americana, el café llegó al otro lado del Atlántico. Luis XIV envió unos granos para su cultivo en Martinica, y fue por allí por donde entró al continente americano. A causa de la revolución haitiana, muchos oriundos y emigrantes europeos escaparon a Brasil y llevaron consigo el café, lo cual convirtió a ese país, con el paso del tiempo, en el primer productor mundial (Figuerola, Perez, & Godines, 2015).

3.2 El café en Honduras

El café tiene una participación de 20.7% en las exportaciones agrícolas, demostrando ser el principal producto de exportación de Honduras. La caficultura ha sido y es una de las actividades económicas con mayor relevancia en el aporte del PIB nacional del país. Según los datos de los países en el comercio mundial del café el PIB de Honduras en el 2015 fue de 20.2 mil millones de dólares. Ahora bien, el BCH en su informe anual de Exportaciones FOB de Mercancías Generales 2000-2015 muestra que el café en Honduras genera 986.0 millones de dólares. El rubro cafetero actualmente aporta 3.4 % del PIB nacional (Romero, *et al*, 2016).

Este grano se produce en más del 80% de los departamentos que conforman el territorio, siendo El Paraíso, Copán, Comayagua, Lempira, Santa Bárbara, Ocotepeque, Intibucá los que más sobresalen representando el 75% de los productores, lo que significa que existe una cantidad importante, de aproximadamente 1.1 millones de empleos generados en este sector (Orellana, 2022).

Honduras es el principal productor y exportador de café en Centro América; ocupa el sexto lugar en términos de exportaciones mundiales. Diversas organizaciones cafetaleras han contribuido desde hace décadas al bienestar de la caficultura, sin embargo, es necesario reflexionar acerca de esos procesos de intervención, pues la caficultura se encuentra dentro de una estructura desigual en cuanto a la repartición de los beneficios. El cultivo del café en el país es tradicional, poco tecnificado y con escasa asistencia técnica y financiera; los productores se enfrentan a una serie de dificultades (Peña, 2022).

3.3 Composición química del café

Los granos de café contienen antioxidantes como cafeína, ácidos fenólicos (cafeico y clorogénico), polifenoles y alcaloides; el contenido de estos componentes varía entre especies

y lugar de origen y le dan al café la calidad de alimento funcional y nutraceutico. En el café, esos compuestos contribuyen en el aroma y sabor del producto final, siendo los principales determinantes del sabor del café, además de ser los precursores de los pigmentos característicos en la bebida (Trejo, *et al.*, 2015).

Un grano de café contiene normalmente un 34% de celulosa, un 30% de azúcares, un 11% de proteínas, de un 6 a un 13% de agua, y entre un 2 y un 15% de materia grasa. Otros componentes destacables son minerales, como el potasio, calcio, magnesio y fósforo, ácidos orgánicos (cafeilquínicos o clorogénicos) y alcaloides, como la cafeína (1-2.5%) y la trigonelina (Rojo & Pérez, 2015).

Tabla 1. Composición química del café.

Celulosa	34 %
Azúcar	30 %
Proteína	11 %
Agua	6-13 %
Materia grasa	2-15 %
Cafeína	1-2.5 %

Fuente: (Rojo & Pérez, 2015).

3.4 Taxonomía del café

Noscue (2014), define la taxonomía como ciencia que expone los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica; y esta se aplica, en especial, dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales y en este caso concreto del café.

Tabla 2. Taxonomía del café

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Orden	Gentianales
Familia	Rubiaceae
Género	Coffea
Especie	Coffea arábica

Fuente: (Noscue, 2014).

3.5 Factores que afectan la calidad del café

La producción de café de calidad requiere un compromiso continuo de monitoreo y seguimiento de los factores que influyen en ella, estos van desde el cultivo hasta tener el grano disponible para el análisis sensorial o la llamada prueba de taza, que es donde se manifiestan todos sus atributos o quedan en evidencia defectos que pudieron tener origen en alguna parte de las etapas, desde la producción, beneficio y almacenamiento del grano (Pabón & Osorio, 2019).

3.6 Estabilidad de compuestos del café ante el secado solar

La cantidad de carbohidratos, proteínas y aminoácidos puede variar significativamente si se realiza un inadecuado proceso de secado, donde alcanzar temperaturas superiores a 50°C en el grano genera disminución en la cantidad de estos compuestos. La calidad química, física y organoléptica del café puede ser alterada al realizar un inadecuado proceso del secado solar, donde variables ambientales como; humedad relativa, radiación solar, temperatura ambiente y velocidad del aire, afectan los mecanismos de transferencia de calor, masa y difusión de compuestos orgánicos desde el interior del grano de café hacia el ambiente (Largo Avila, 2020).

3.7 Procesos del café en el beneficiado

Silva (2018), define el beneficio de café como un proceso en el cual se logra la transformación de café en cereza a café pergamino seco mediante la separación de las partes del fruto y secado de los granos, con el fin de conservar su calidad física, organoléptica y sanitaria. Para realizarlo se remueven todas las envolturas que cubren los granos como son la pulpa, o epicarpio, y el mucílago, o mesocarpio, y posteriormente se secan los granos desde una humedad de aproximadamente 53% base húmeda hasta un rango entre el 10 y 12%.

Por otra parte, Lantán (2022). También hace mención del proceso honey o melado, este proceso está basado en el estudio de los métodos de beneficiado, el secado en el beneficiado del café se realiza evitando el lavado o correteo debido a que no se retira la totalidad de miel del café y es así como se pone a secar.

- a) **Lavado:** el resultado que se obtiene por la vía húmeda se le conoce como café lavado, y es en el cual se enfoca este apartado, el beneficiado húmedo es un proceso que consta de diferentes etapas, el proceso empieza desde la selección del grano maduro, el despulpado, remoción de mucílago, lavado hasta concluir con el secado de este y obtener el café pergamino (Portillo, 2021 a).
- b) **Natural:** el café natural se obtiene al secar la fruta del café sin hacer ningún cambio físico en el grano, ya que, no se le retira la pulpa ni el mucilago, simplemente se seca directamente. El hecho de utilizar el fruto completo ocasiona que el tiempo de secado se prolongue mucho más en comparación con un café con otro método de beneficiado. Se tarda aproximadamente de 15 a 20 días, es necesario que cada 2-3 horas se realice un movimiento de los granos con el fin de obtener uniformidad, una vez se llegue a la humedad deseada entre 8 -12% se prosigue al trillado de la cascara para obtener el grano oro (Portillo, 2021 b).

- c) **Melado:** una vez recolectado las muestras de café cerezo maduras, se despulpan, dejando la capa del mucílago en el grano. Esta capa de mucílago contiene una gran cantidad de sacarosa (azúcar) y ácidos los cuales son la clave para el procesamiento de un honey. No se realiza el proceso de fermentación por lo cual continúa el proceso de secado que es el más complejo y sensible porque se lleva a cabo en el tiempo de forma correcta (Gonzales, *et al.*, 2019).

3.8 Secado de café

El secado del café es una parte importante en el proceso de beneficio, se realiza para evitar la germinación de la semilla, reducir el contenido de humedad, inhibir el desarrollo de hongos, evitar que el grano sufra daños en su aspecto físico, composición química y para obtener un producto estable que conserve su calidad por amplios periodos de tiempo (Arismendy, 2015 a).

3.9 Tipos de secados

3.9.1 Secado en domo

Una secadora solar tipo domo, es una estructura que transforma la energía que proviene del sol. El calor, que, junto con el movimiento del aire, es capaz de evaporar la humedad del grano del café. La cantidad de agua que se puede evaporar, dependerá de la temperatura que alcance el aire, por medio de la transformación de energía que hace la secadora solar y de la velocidad a la que circule el viento (Cruz, 2010 a).

3.9.2 Secado en patio

El sistema más tradicional y conocido para secar café son los patios de cemento, aunque en algunas ocasiones también puede observarse el secado sobre nailon de polietileno (Cruz, 2010 b).

3.9.3 Secado en gavetas

El secado puede hacerse también en carros, que son cajones montados en una estructura de madera o hierro, con pisos de anjeo, madera o esterilla (Oviedo & Ospina, 2018).

3.10 Cinética de secado

La cinética de secado permite obtener las condiciones de secado, contenido de humedad de la muestra y temperatura del aire de secado, en las cuales aparecen la liberación de materia volátil e incluso la combustión (Gómez de la Cruz, 2016). El secado es un proceso de transferencia simultanea de calor y masa, que consiste básicamente en retirar por evaporación la humedad contenida en un producto hasta un contenido específico y transferirla al aire circundante, generalmente mediante convección forzada (Salcedo, *et al.*, 2016).

3.11 Humedad del grano

Para que el grano de café pueda ser almacenado, y posteriormente comercializado, se recomienda una humedad entre 10,5 a 12 %, por encima del 12,5% de humedad existe riesgo de deterioro microbiológico, daño físico y pérdida de calidad de la bebida, de manera que el principal factor que influye en la calidad del café almacenado es la humedad. El secado del café depende, entre otros factores, de las condiciones ambientales predominantes durante el proceso (Guevara, *et al.*, 2019).

3.12 Temperatura de secado

La temperatura tiene su mayor influencia en el secado mecánico, debido a que se pueden aplicar diferentes grados con resultados muy diversos; sin embargo, se ha identificado variables que afectan los tres procesos de secado. La temperatura no debe exceder los 40 grados centígrados de temperatura interna en los granos, en ninguno de los dos tipos de secado; esto debido a que más allá de estas temperaturas se generan daños en las membranas y consistencia física del grano, la cual se asocia con severos problemas de calidad (Berrocal & Venegas, 2019).

La temperatura del aire durante el secado del café es una de las variables críticas a controlar, ya que una disminución del potencial hídrico de las semillas de café durante el secado produce repuestas masivas de estrés que se asocian, en las etapas iniciales del secado, con procesos de germinación y conforme se va reduciendo el agua, en estrés de sequía en los tejidos del embrión y endospermo. A mayor temperatura la energía cinética de las moléculas de agua localizadas en la superficie del grano aumenta, y será suficiente para vencer las fuerzas intermoleculares de la fase líquida, y, en consecuencia, evaporarse (Prada, *et al.*, 2019).

3.13 Tiempo de secado del café al sol

Este tipo de secado consiste en dejar el café luego del lavado al sol durante un largo periodo de tiempo que es aproximado de 7 a 15 días según sean las condiciones climáticas, para secar al sol se utilizan diferentes metodologías (Cárdenas Díaz & Pardo Pinzón, 2014).

3.14 Características organolépticas del café

Las características organolépticas más comunes que definen la calidad del café son la fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia (Arismendy, 2015 b).

3.15 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial, o cata de café, es el procedimiento donde se evalúan las características organolépticas, fragancia, aroma y sabor, de la bebida preparada a partir de los granos tostados y molidos de dicho producto. Esta evaluación tiene por objetivo identificar y definir las características intrínsecas dadas por el origen, especie, variedad, ubicación geográfica, clima y suelo (Rivera Serna, 2017).

3.16 Calidad de café en taza

La calidad del café es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico-químicas propias del café hasta el momento de su transformación y consumo. Se define también como el óptimo estado de este en la prueba de taza, es el conjunto de cualidades sensoriales que tiene el café, esto depende de la bondad de la naturaleza, los métodos, procedimientos del cultivo, el proceso de beneficio, las condiciones de almacenaje, transporte y la preparación de la bebida (Vázquez Osorio, *et al.*, 2020).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación y descripción del área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Intibucá, departamento de Intibucá a 190 km de la capital, en la empresa APROCAL (Asociación de Productores de Café de lo Alto) en la col. Venecia, carretera principal salida a Siguatepeque, limita al Norte con el departamento de Comayagua, Lempira y Santa Barbara, al Sur con la Republica de El Salvador, al Este, con el departamento de Comayagua y La Paz, y al Oeste, con el departamento de Lempira. La zona se caracteriza por los bosques húmedos con altitudes aproximadas a los 1,600 msnm, con temperaturas promedios de 25 a 11 °C y una humedad relativa de 75 %.

4.2 Materiales y equipo

Para el desarrollo de la investigación se hizo uso de diferentes materiales y equipos los cuales se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los materiales y equipos.

Materia prima	Descripción	Cantidad
Variedades de café Catuai y café Catimor	1 kg de cada muestra provenientes de la empresa APROCAL.	54 kg
Materiales y equipo	Descripción	Cantidad
Secadores solares tipo domo, secador tipo gaveta, secado en patio.		1c/u
Balanza analítica	Tipo digital XB220A	1
Termómetro	1 a 100°C (Digital)	1
Medidor de humedad	Moisture Tester G600	1
Tostador de café	PaliniAlves	1
Molino de café	Urbanic Molinillo de Café Eléctrico 070s (110-220 V)	1
Cucharas de cata	Acero inoxidable	4
Tazas para catación	porcelana	20
Cronometro	Digital	1

Fuente propia

4.3 Método

Para el desarrollo de la investigación, se empleó el método descriptivo-cuantitativo en un orden transversal a escala de laboratorio, la investigación se desarrolló en un laboratorio experimental, implementando el método de cinética de secado, el cual se evaluaron los diferentes procesos de beneficiado natural, melado y lavado en diferentes métodos de secado,

como ser secado en domo, gaveta y patio, tomando en cuenta el tiempo, temperatura y humedad, para determinar la calidad en taza.

4.4 Diseño experimental

La investigación fue de tipo experimental, para la cual se utilizó el diseño trifactorial, $3 \times 3 \times 2$, tipos de secados (secado en domo, secado en patio y secado en gaveta) procesos de beneficiado (lavado, natural y melado) con dos variedades de café (café Catuai y café Catimor) con 2 repeticiones para cada tratamiento.

Cuadro 2. Diseño experimental.

Tratamientos	Variedad Catuai			Variedad Catimor		
	Secado en domo	Secado en patio	Secado en gaveta	Secado en domo	Secado en patio	Secado en gaveta
Lavado	T1	T4	T7	T10	T13	T16
Natural	T2	T5	T8	T11	T14	T17
Melado	T3	T6	T9	T12	T15	T18

Fuente propia

Cuadro 3. Combinación de los tratamientos a investigar.

Factores		Niveles
Tratamientos	T1	Variedad Catuai, Secador Domo, proceso de lavado
	T2	Variedad Catuai, Secador Domo, proceso natural
	T3	Variedad Catuai, Secador Domo, proceso de melado
	T4	Variedad Catuai, Secador Patio, Proceso lavado
	T5	Variedad Catuai, Secador Patio, Proceso natural
	T6	Variedad Catuai, Secador Patio, Proceso melado

	T7	Variedad Catuai, Secador Gaveta, proceso de lavado
	T8	Variedad Catuai, Secador Gaveta, proceso natural
	T9	Variedad Catuai, Secador Gaveta, proceso de melado
	T10	Variedad Catimor, Secador Domo, proceso de lavado
	T11	Variedad Catimor, Secador Domo, proceso natural
	T12	Variedad Catimor, Secador Domo, proceso de melado
	T13	Variedad Catimor, Secador Patio, Proceso lavado
	T14	Variedad Catimor, Secador Patio, Proceso natural
	T15	Variedad Catimor, Secador Patio, Proceso melado
	T16	Variedad Catimor, Secador Gaveta, proceso de lavado
	T17	Variedad Catimor, Secador Gaveta, proceso natural
	T18	Variedad Catimor, Secador Gaveta, proceso de melado

Fuente propia

4.5 Metodología

La metodología se desarrolló en dos etapas:

Etapas I. Procesos de beneficiado de café en los diferentes métodos de secado.

Se evaluaron cada uno de los procesos de beneficiado como ser lavado, natural y melado en los diferentes tipos de secados, secado en domo, secado en patio y secado en gaveta, realizando monitoreo de tiempo, temperatura y humedad. Para estos procesos se trabajó como materia prima dos variedades, café Catuai y café Catimor, para iniciar con la investigación se hizo la recolecta de los frutos maduros y se seleccionaron las mejores bayas de café. Luego se procedió a obtener las diferentes muestras para los tratamientos, cada muestra consto de 1 kg ya que es una investigación a nivel de laboratorio, las primeras 9 muestras pertenecen a la variedad de café Catuai y los 9 restantes pertenecen a la variedad de café Catimor, a cada tratamiento se le realizaron 3 réplicas teniendo en total 54 réplicas.

En los procesos que a continuación se describen se utilizó la metodología empleada por (Rivera Sanchez, 2019).

Natural: Este proceso inicio con la recolección del fruto de café maduro, seleccionando las mejores cerezas de café, se tomaron las muestras y se llevaron a los diferentes tipos de secados tomando en cuenta que a este proceso, el secado es el fruto como tal, no se le extrae nada de sus partes, no pasa por procesos de despulpado ni fermentación, pasa de manera natural a los tipos de secado, una vez estando en los diferentes secadores se realizaron movimientos para que haya un secado uniforme en el café, esto en un tiempo que comprenda entre 30 o 1 hora, se debe de monitorear el tiempo en llegar a una humedad entre 10% a 12% para posterior mente ser evaluada su calidad en taza.

Melado: Este proceso inicia con la recolección del fruto de café maduro, seleccionando las mejores cerezas de café, luego se llevó a la despulpadora, se conserva su mucilago, este proceso no conlleva el lavado, seguido de esto se tomaron las muestras y se llevaron a los diferentes tipos de secado, una vez estando en los diferentes secadores se llevó a cabo el monitoreo constante, para determinar el tiempo en que tardó en llegar a una humedad entre 10% a 12% para posterior mente ser evaluada su calidad en taza.

Lavado: Este proceso inicia con la recolección del fruto de café maduro, seleccionando las mejores carezas de café, luego se llevó a la despulpadora, seguido de esto se deja en reposo, luego se prosiguió con el lavado, eliminando todo el mucilago y dejando los mejores granos ya limpios, posterior a esto se tomaron las muestrar y se llevaron a los diferentes tipos de secado, una vez estando en los diferentes secadores se monitoreo el tiempo en que tardó en llegar a una humedad entre 10% a 12% para posterior mente ser evaluada su calidad en taza.

Etapla II. Evaluación sensorial del café para la determinación de su calidad en taza.

La catación es el método usado para conocer el aroma, el sabor y la sanidad del café. El análisis también se llama evaluación sensorial de la calidad del café y prueba en taza, por medio de esta técnica se pueden identificar los defectos presentes en la bebida de café (Puerta, 2013). En esta etapa se llevó a cabo la evaluación de las diferentes muestras de café que se describían en el desarrollo en la primera etapa, se realizó el análisis sensorial o catación para la selección de la calidad en taza, y así poder determinar qué proceso obtuvo la mejor puntuación en los diferentes atributos con mayor aceptación, a continuación, se describirán los atributos que se evaluaron al momento de la catación:

Fragancia/aroma: la fragancia es el olor que emanan el café tostado y molido sin que haya entrado en contacto con el agua. El aroma es el olor que libera el café una vez se agrega el agua hervida.

Sabor: se puede identificar una vez que el catador ha probado la bebida y se refiere a la impresión general de fragancia, aroma, acidez y cuerpo.

Acidez: es una característica deseable del café que se expresa en tonos cítricos como toronja, lima, mandarina, limón.

Cuerpo: es la expresión que se manifiesta en la densidad de la bebida debido a la presencia de aceites. Se pueden distinguir cuerpo cremoso, mantequilloso, liso, suave, delgado, medio.

Uniformidad: se refiere a la consistencia del sabor en las diferentes tazas probadas.

Taza limpia: se refiere a la ausencia de impresión negativa en las distintas tazas a catar.

La catación la realizaron dos catadores certificados, los cuales dieron la nota final para cada una de las muestras, para poder determinar la mejor calidad en taza en relación al mejor proceso de beneficiado y tipo de secado.

Tabla 3. Formato de puntaje de catación.

	Bueno	Muy bueno	Excelente	Extraordinario
Escala de puntuación	6.00	7.00	8.00	9.00
	6.25	7.25	8.25	9.25
	6.50	7.50	8.50	9.50
	6.75	7.75	8.75	9.75

Fuente: Formato de catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales 2023.

4.5.1 Variables de respuesta

Las variables de respuestas evaluadas en cada una de las muestras, para determinar la calidad en taza a través de la evaluación sensorial por medio de los catadores fueron, fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor y puntaje catador.

4.6 Análisis Estadístico

Se utilizó un análisis de varianza aplicando (Diseño Completamente al Azar) utilizando el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Se realizó un análisis de varianza con un arreglo trifactorial 3x3x2 utilizando tres tipos de proceso de beneficiado (lavado, melado y natural) tres métodos de secado solar (domo, gaveta y patio) con dos variedades de café (Catuai y Catimor), con un total de 18 unidades experimentales (Cuadro 3). Los resultados están expresados en promedio $\pm$ desviación estándar según la prueba de comparaciones múltiples Tukey B.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Procesos de beneficiado de café en los diferentes métodos de secado

Para Hosam *et al.*, (2023), después de la cosecha, los frutos de café se someten inmediatamente a uno de tres procesos: seco natural, húmedo o semiseco, elección y duración del método dependen de varios factores, incluida la disponibilidad de recursos, las condiciones climáticas y la calidad deseada de los productos finales. En esta investigación se implementó los diferentes procesos de beneficiados, en dos variedades de café, Catuai y Catimor, sometidos a diferentes métodos de secado solar como se detalla en el cuadro 3.

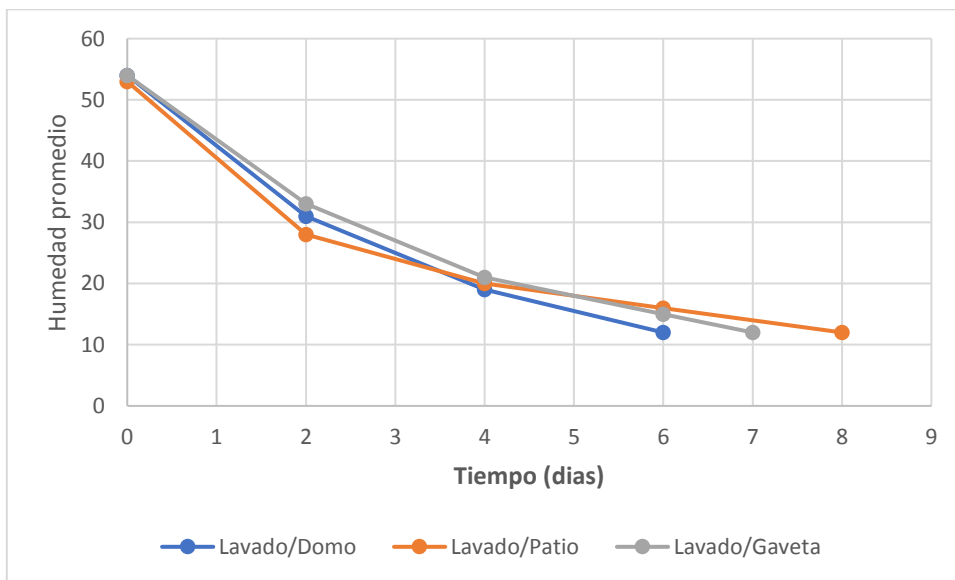
Las dos variedades de café fueron sometidas a los diferentes procesos de beneficiados, y métodos de secado, los tratamientos de café lavado fueron sometidos a un proceso de despulpado en una maquina despulpadora, y a una fermentación biológica natural por 16 horas para desintegrar el mucilago y al momento del lavado se desprendiera más rápido, mientras que, el beneficiado melado se sometió al proceso de despulpado sin someter a fermentación ya que este necesita el mucilago para poder ser un café de beneficiado melado.

El beneficiado natural no fue sometido a ningún proceso mecánico, ya que pasa directamente al método de secado sin remover la pulpa, los tratamientos se sometieron a los diferentes métodos de secado solar, tomando en cuenta un espesor de 4 cm, para que hubiera un secado homogéneo en todas las muestras de café.

5.2 Curvas de secado

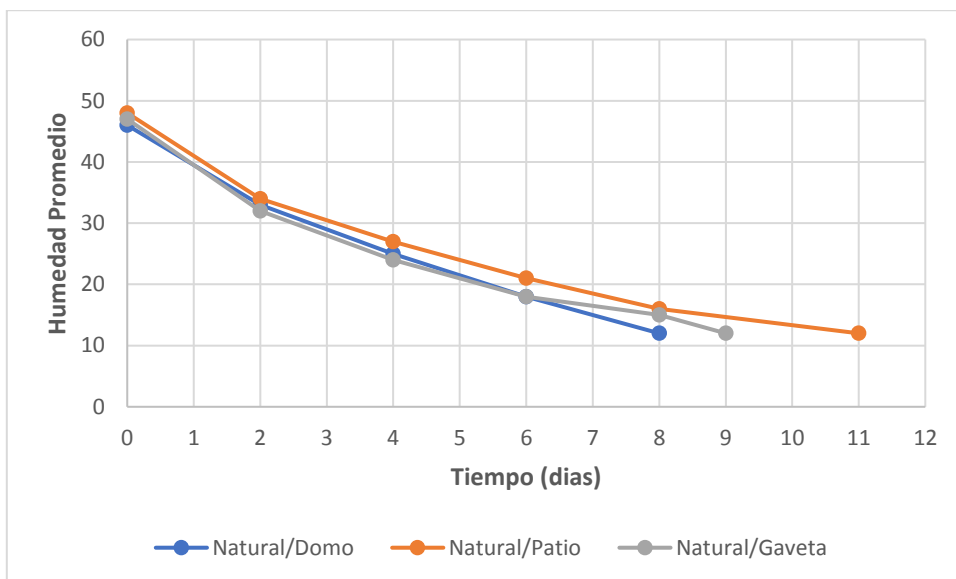
La estandarización de las curvas de secado se llevó a cabo para las dos variedades de café en los diferentes tratamientos, tomando en cuenta el porcentaje inicial de humedad, datos que fueron tomados mediante un tester de humedad y el tiempo en día, que tardaron en llegar al rango establecido de un 12 % de humedad, como se observa en las diferentes figuras de curvas de secado, se clasificaron por variedad de café según el proceso de beneficiado sometidas a los métodos de secado solar.

Figura 1. Curva de secado beneficiado lavado variedad Catuai.



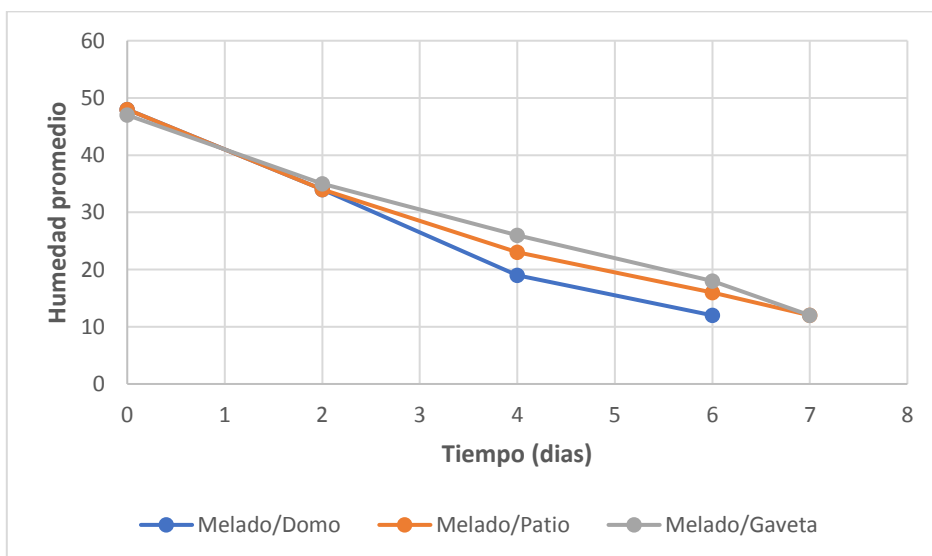
En la figura 1, se observa que el método de secado en domo tardo 6 días en alcanzar el rango de humedad aceptable de 12 %, siendo el método más rápido de secado, mientras que las muestras de secado en gaveta tardaron 7 días y el secado en patio 8 días requiriendo más tiempo en comparación con los secados antes mencionados.

Figura 2. Curva de secado beneficiado natural variedad Catuai.



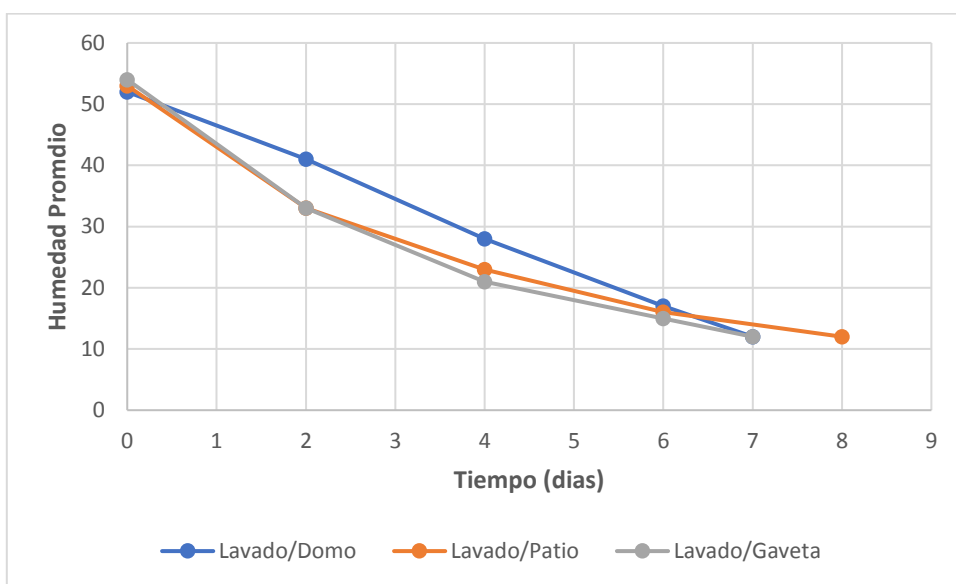
Para el beneficiado natural de la variedad Catuai el secado en domo requirió de menos tiempo en alcanzar el rango de humedad aceptable con 8 días, demostrando ser el método con menor tiempo en secado, seguido del método de secado en gaveta con 9 días y el método de secado en patio que necesito de 11 días como se muestra en la Figura 2.

Figura 3. Curva de secado beneficiado melado variedad Catuai.



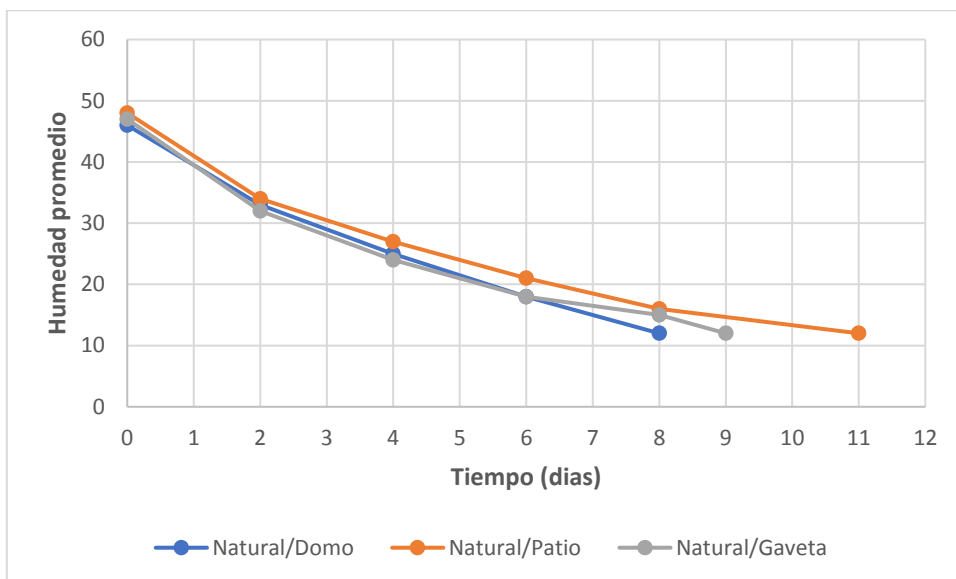
Como se muestra en la Figura 3, en la curva de secado para el proceso de beneficiado melado de la variedad Catuai, el método de secado en domo fue el que menor tiempo requirió para alcanzar el rango de humedad aceptable tardando 6 días, mientras que, las muestras sometidas en secado en gaveta y patio tardaron 7 días, demostrando para este proceso beneficiado un día de diferencia en comparación para el método de secado en domo con los otros dos métodos.

Figura 4. Curva de secado beneficiado lavado variedad Catimor.



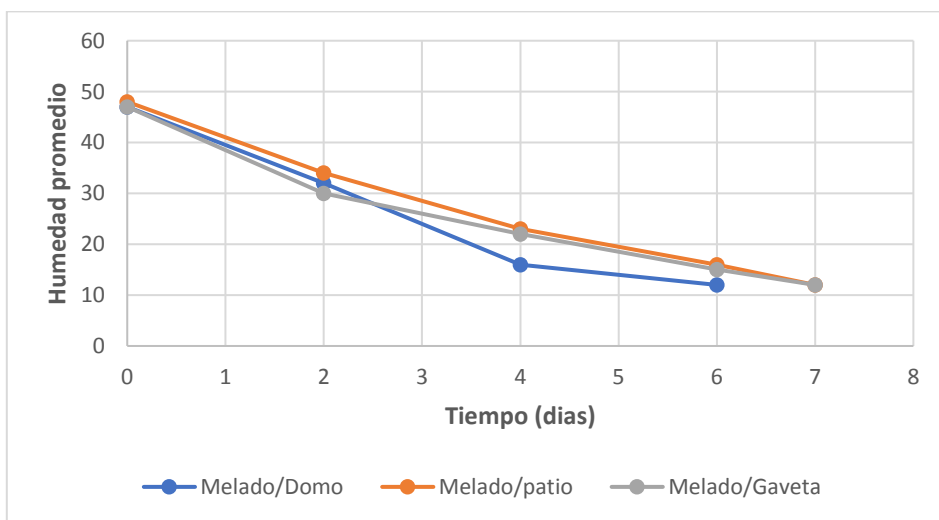
En la figura 4, se puede observar que el método de secado en domo y gaveta requirieron de 7 días, ambos métodos tardaron el mismo tiempo en alcanzar el rango de humedad aceptable, mientras que, el secado en patio tardo 8 días en alcanzar el 12 % de humedad.

Figura 5. Curva de secado beneficiado natural variedad Catimor.



Como se demuestra en la figura 5, el método de secado en domo tarda menor tiempo en alcanzar el rango aceptable de 12 % de humedad, seguido el secado en gaveta con 9 días, por último, el método de secado en patio necesitando 11 días para reducir el porcentaje de humedad hasta el 12 %.

Figura 6. Curva de secado beneficiado melado variedad Catimor.



El secado en domo demostró ser el método en requerir menor tiempo en días en reducir el porcentaje de humedad hasta alcanzar el 12 % de humedad como se demuestra en la figura 6, mientras que los métodos de secado en patio y gaveta necesitaron de 7 días, ambos métodos demostraron alcanzar el rango aceptable de 12 % en el mismo tiempo.

Se demostró que el método de secado en domo fue el método que requirió de menor tiempo en alcanzar el rango aceptable de un 12% de humedad, la humedad es uno de los factores que influyen en la calidad del grano, para Duque Dussan, *et al.*, (2023), mencionan que el café pergamino húmedo suele tener un contenido de humedad promedio de 53 a 55 % después del lavado, el secado suele ser el paso más desafiante ya que debe reducirse a 10 a 12 % para cumplir con el almacenamiento y requisitos de comercialización evitando el crecimiento de microorganismos, hongos o micotoxinas, preservando la calidad e inocuidad del grano.

Tabla 4. Medias para los métodos de secado solar.

Métodos de secado	Media
Domo	3.52 ^C
Patio	4.38 ^A
Gaveta	4.19 ^B

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Los valores medios en una misma columna seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes. ($p < 0.05$).

En la tabla 4, se muestra la media para los métodos de secado solar en domo, patio y gaveta, se observa que hubo diferencia estadísticamente significativa entre los métodos de secado solar, siendo el secado en domo con la media más baja en comparación con los demás métodos, lo que significa que este método de secado requiere de menor tiempo para alcanzar un porcentaje humedad aceptable en las variedades de café.

Tabla 5. Temperatura, precipitación y horas de sol del mes de marzo en Intibucá.

Fecha	Temperatura máx. (°C)	Temperatura min. (°C)	Precipitación (mm)	Horas de sol
12/03/23	26 °C	14 °C	0.0 mm	9.5
13/03/23	25 °C	15 °C	0.1 mm	8.9
14/03/23	25 °C	15 °C	0.1 mm	8.4
15/03/23	25 °C	15 °C	0.1 mm	8.7
16/03/23	25 °C	15 °C	0.2 mm	8.9
17/03/23	25 °C	15 °C	0.2 mm	9.1
18/03/23	26 °C	14 °C	0.1 mm	8.8
19/03/23	26 °C	14 °C	0.3 mm	9.3
20/03/23	26 °C	15 °C	0.4 mm	9.3
21/03/23	25 °C	15 °C	0.2 mm	8.8
22/03/23	25 °C	15 °C	0.3 mm	8.4

Fuente. Base de datos AccuWeather (2023).

En La Esperanza, las precipitaciones durante los veranos son significativamente superiores a las de los inviernos, la clasificación de Köppen y Geiger categoriza este clima como Cwb. La temperatura en este lugar es de aproximadamente 17.9 °C, según determina el análisis estadístico. En cuanto a la humedad relativa, el mes de marzo ha registrado la menor cantidad de humedad relativa con solo 63.87. Por término medio, la localidad de Intibucá registra el mayor número de horas de sol diarias durante abril, según lo expresado por la base de datos AccuWeather (2023).

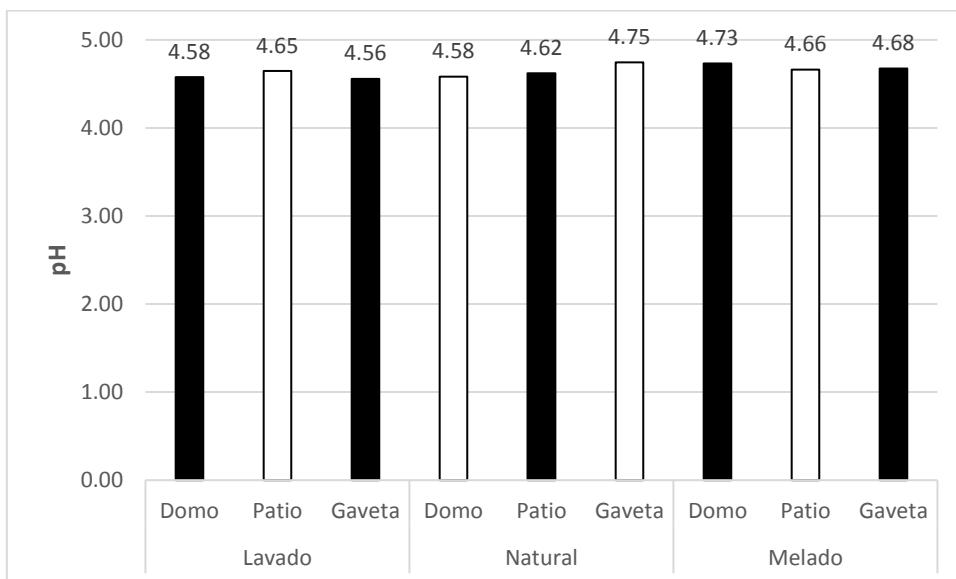
5.3 Evaluación sensorial del café para la determinación de la calidad en taza

Obtenidas las muestras de café de la primera etapa, se llevó a cabo el procedimiento de la evaluación sensorial, donde se perciben los atributos del café y los defectos que pudieron generarse en alguno de los procesos anteriores, se realizó un tueste medio con un tiempo de 7 a 8 min, utilizando un tostador de muestras PaliniAlves, para el molido se utilizó un Urbanic Molinillo de Café Eléctrico 070s (110-220 V), con un tamaño de partícula de 13 μm , en la simulación también se realizó análisis de pH y sólidos solubles utilizando la metodología de Lara (2016).

5.4 Análisis de pH

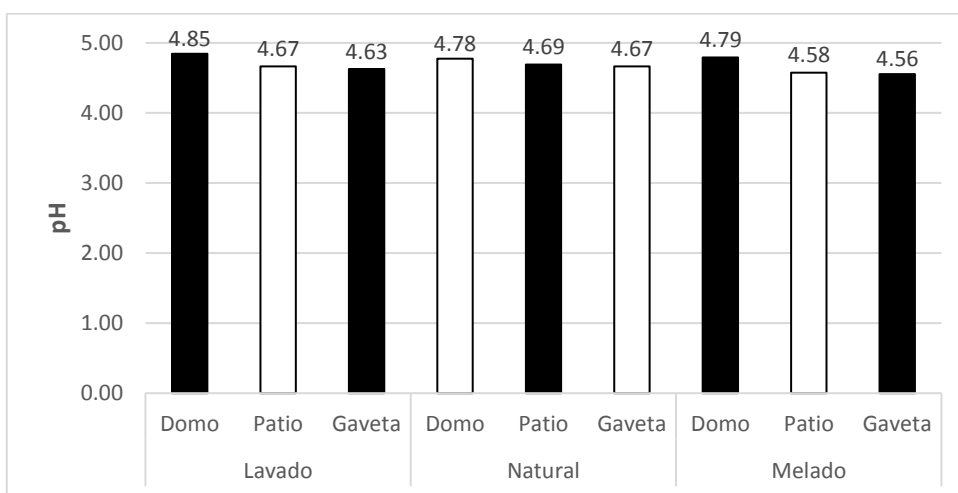
Se analizó el café tostado por tratamiento durante una simulación de evaluación sensorial, los datos fueron tomados cada 10 minutos durante 44 minutos, haciendo uso de un pHmetro, los resultados se muestran en las figuras 7 y 8, correspondientes a la clasificación de las dos variedades de café.

Figura 7. pH variedad de café Catuai.



La muestra de café T6 que corresponde a la variedad de café Catuai beneficiado natural método de secado en gaveta como se describe en el cuadro 3, y se muestra en la figura 7, obtuvo un pH de 4.75 se asemejo al pH promedio de 4.89 a los resultados obtenidos por Puertas (2013), mientras que las demás muestras se mantuvieron en un rango de 4.58 a 4.73 en esta variedad de café.

Figura 8. pH variedad de café Catimor.



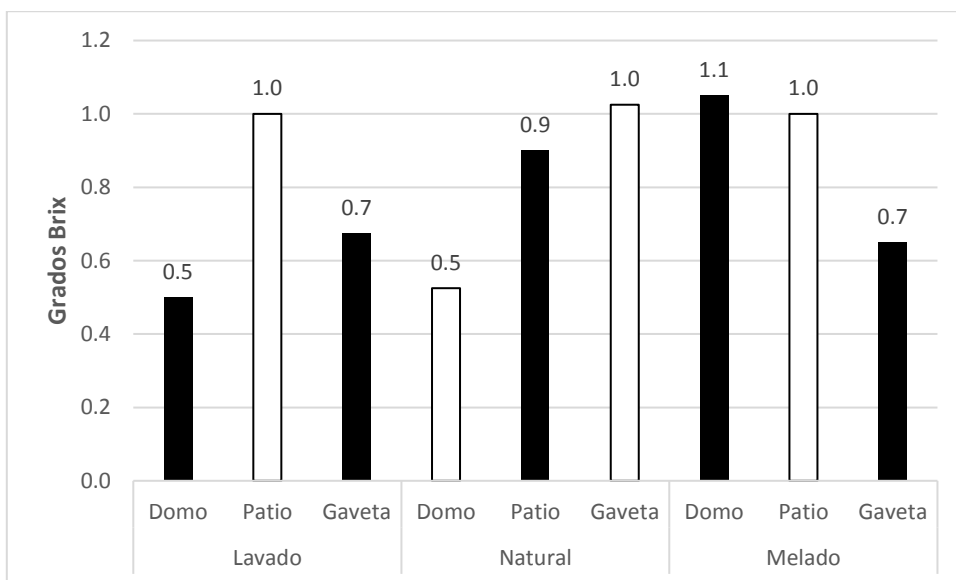
En la figura 8, podemos observar que la variedad de café Catimor obtuvo mejores resultados respecto al pH en comparación al pH de la variedad Catuai que se muestra en la figura 7, los resultados del pH de la variedad Catimor la mayoría se asemejan al pH promedio de 4.89 resultados obtenido por Puertas (2013), la muestra T10 alcanzo un pH promedio de 4.85 que corresponde al proceso de beneficiado lavado secado en domo, todas las muestras en conjunto presentaron una distribución uniforme manteniendo un rango de 4.63 a 4.85.

5.5 Análisis sólidos solubles

Se llevó a cabo durante una simulación de evaluación sensorial, se tomaron datos cada 10 minutos durante 44 minutos, haciendo uso de un refractómetro para la obtención de los

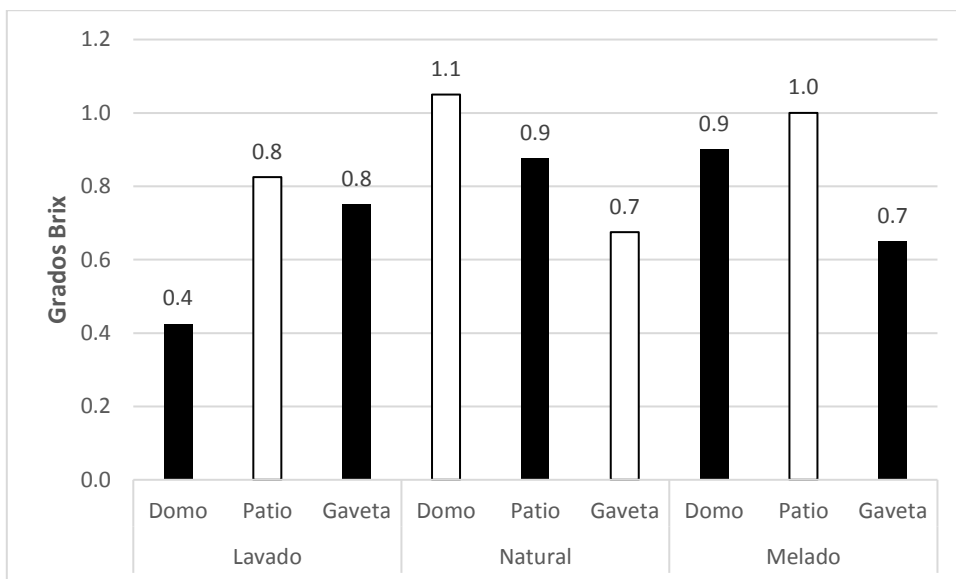
grados Brix, los resultados se muestran en las figuras 9 y 10 que corresponden a las dos variedades de café.

Figura 9. Sólidos solubles variedad de café Catuai.



En la figura 9, se muestran los sólidos solubles para la variedad de café Catuai donde se observa que la muestra T7 que corresponde al beneficiado melado secado en domo obtuvo 1.1 °Brix que se asemejan a los resultados obtenidos por puertas (2013), sin embargo, las demás muestras presentaron un puntaje inferior en un rango de 0.5 a 1 °Brix, un café con más de 1.35 ° Brix es considerada una bebida fuerte.

Figura 10. Sólidos solubles variedad de café Catimor.



En la figura 10, se muestran los sólidos solubles de la variedad de café Catimor, la muestra T11 presento el mayor puntaje con 1.1 °Brix, corresponde al beneficiado natural secado en domo, mientras que las demás muestras se mantienen en rangos de 0.4 a 1 °Brix, ambas variedades de café tuvieron similitud en los resultados de los grados brix.

5.6 Análisis sensorial

La tabla 4 y 5, se observan los resultados del análisis sensorial de las muestras de café para la variedad Catuai, mientras que la tabla 6 y 7, se observan los resultados del análisis sensorial de las muestras de café para la variedad Catimor.

Tabla 6. Análisis sensorial variedad de café Catuai.

Tratamiento	Sabor residual	Sabor	Fragancia/aroma	Acidez	Cuerpo
T1	7.29±0.29 ^{AB}	7.75±0.31 ^A	7.88±0.408 ^A	7.54±0.24 ^A	7.41±0.25 ^A
T2	7.08±0.20 ^B	7.33±0.31 ^A	7.58±0.58 ^A	7.50±0.44 ^A	7.58±0.37 ^A
T3	7.91±0.20 ^A	7.91±0.37 ^A	7.75±0.27 ^A	7.70±0.33 ^A	7.87±0.20 ^A
T4	7.41±0.49 ^{AB}	7.62±0.30 ^A	7.79±0.33 ^A	7.87±0.49 ^A	7.54±0.40 ^A
T5	7.41±0.37 ^{AB}	7.50±0.44 ^A	7.66±0.40 ^A	7.66±0.40 ^A	7.58±0.49 ^A
T6	7.41±0.37 ^{AB}	7.50±0.27 ^A	7.75±0.27 ^A	7.41±0.37 ^A	7.41±0.49 ^A
T7	7.55±0.46 ^{AB}	7.63±0.38 ^A	7.71±0.40 ^A	7.63±0.38 ^A	7.80±0.24 ^A
T8	7.50±0.44 ^{AB}	7.58±0.37 ^A	7.91±0.20 ^A	7.75±0.27 ^A	7.83±0.25 ^A
T9	7.50±0.44 ^{AB}	7.41±0.49 ^A	7.33±0.51 ^A	7.58±0.37 ^A	7.41±0.37 ^A

*Los resultados están expresados en media ± desviación. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) según la prueba de comparaciones múltiples Tukey B. Los tratamientos corresponden a los diferentes procesos de beneficiado y métodos de secado solar que se describen en el cuadro 3.

Tabla 7. Análisis sensorial variedad de café Catuai.

Tratamiento	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzor	Puntaje catador
T1	10±0.00 ^A	7.37±0.20 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.62±0.58 ^A
T2	10±0.00 ^A	7.50±0.44 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.87±0.86 ^A
T3	10±0.00 ^A	7.62±0.44 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	6.95±0.74 ^A
T4	10±0.00 ^A	7.70±0.45 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	6.91±0.73 ^A
T5	10±0.00 ^A	7.58±0.37 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.41±0.37 ^A
T6	10±0.00 ^A	7.33±0.40 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.16±0.68 ^A
T7	10±0.00 ^A	7.41±0.49 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.41±0.37 ^A
T8	10±0.00 ^A	7.83±0.25 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.50±0.44 ^A
T9	10±0.00 ^A	7.41±0.49 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.25±0.41 ^A

*Los resultados están expresados en media $\pm$ desviación. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) según la prueba de comparaciones múltiples Tukey B. Los tratamientos corresponden a los diferentes procesos de beneficiado y métodos de secado solar que se describen en el cuadro 3.

En la tabla 4 y 5, podemos observar los atributos sensoriales evaluados en la variedad de café Catuai, donde se denota una diferencia estadísticamente significativa en el atributo de sabor residual en las muestras T2 y T3, obteniendo un mayor puntaje la muestra T3, mientras que en los demás atributos no presentaron diferencias estadísticamente significativas incluyendo el puntaje catador, para Alexandre, *et al.*, (2022), los atributos fragancia/aroma y sabor puede sugerir que su eventual cambio se ve menos afectado por las diferencias de tostado y más afectado por la calidad del grano verde y las diferentes condiciones postcosecha.

Tabla 8. Análisis sensorial variedad de café Catimor.

Tratamiento	Fragancia/ aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo
T10	7.75±0.52 ^{AB}	7.25±0.41 ^A	7.58±0.58 ^A	7.58±0.37 ^A	7.58±0.37 ^A
T11	8.08±0.37 ^A	7.91±0.20 ^A	7.83±0.25 ^A	7.83±0.25 ^A	7.91±0.20 ^A
T12	7.79±0.33 ^A	7.87±0.30 ^A	7.41±0.37 ^A	7.41±0.37 ^A	7.66±0.40 ^A
T13	7.83±0.25 ^A	7.75±0.41 ^A	7.33±0.40 ^A	7.50±0.54 ^A	7.58±0.49 ^A
T14	7.37±0.37 ^{AB}	7.33±0.40 ^A	7.33±0.40 ^A	7.50±0.44 ^A	7.58±0.37 ^A
T15	7.00±0.54 ^B	7.41±0.37 ^A	7.33±0.40 ^A	7.50±0.44 ^A	7.58±0.49 ^A
T16	7.80±0.24 ^A	7.80±0.24 ^A	7.75±0.27 ^A	7.58±0.37 ^A	7.33±0.40 ^A
T17	7.50±0.44 ^{AB}	7.58±0.49 ^A	7.75±0.41 ^A	7.66±0.51 ^A	7.83±0.40 ^A
T18	8.04±0.40 ^A	7.91±0.20 ^A	7.83±0.25 ^A	7.91±0.20 ^A	7.91±0.20 ^A

*Los resultados están expresados en media ± desviación. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) según la prueba de comparaciones múltiples Tukey B. Los tratamientos corresponden a los diferentes procesos de beneficiado y métodos de secado solar que se describen en el cuadro 3.

Tabla 9. Análisis sensorial variedad de café Catimor.

Tratamiento	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzor	Puntaje catador
T10	10±0.00 ^A	7.83±0.51 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.70±0.24 ^{AB}
T11	10±0.00 ^A	7.83±0.25 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	8.16±0.75 ^A
T12	10±0.00 ^A	7.91±0.20 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.41±0.37 ^{AB}
T13	10±0.00 ^A	7.50±0.44 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.50±0.44 ^{AB}
T14	9.66±0.81 ^A	7.58±0.37 ^A	9.66±0.81 ^A	9.66±0.81 ^A	7.58±0.49 ^{AB}
T15	10±0.00 ^A	7.41±0.49 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.58±0.49 ^{AB}
T16	10±0.00 ^A	7.58±0.37 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.08±0.58 ^B
T17	10±0.00 ^A	7.75±0.41 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.41±0.49 ^{AB}
T18	10±0.00 ^A	7.83±0.25 ^A	10±0.00 ^A	10±0.00 ^A	7.66±0.40 ^{AB}

*Los resultados están expresados en media ± desviación. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) según la prueba de comparaciones múltiples Tukey B. Los tratamientos corresponden a los diferentes procesos de beneficiado y métodos de secado solar que se describen en el cuadro 3.

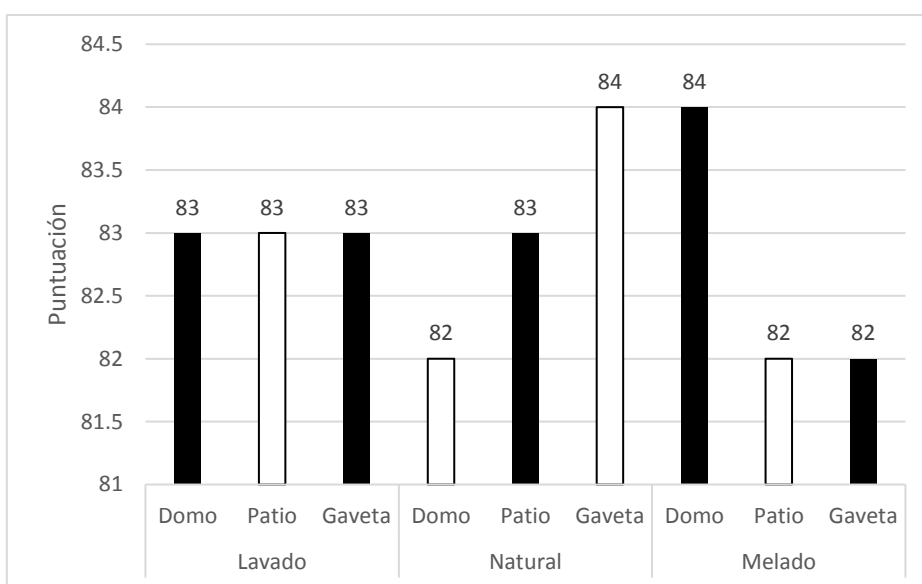
Los resultados del análisis sensorial en la variedad de café Catimor se muestran en la tabla 6 y 7, se observa que hubo diferencia estadísticamente significativa en el atributo fragancia/aroma en el tratamiento T15, en comparación con los tratamientos T11, T12, T13 y T18, presentaron un mayor puntaje para este atributo, mientras que para el puntaje catador hubo diferencia significativa entre el tratamiento T11 y T16, demostrando un mejor puntaje para el tratamiento T11, en los atributos restantes no hubo diferencia estadísticamente significativa.

Para Febrianto, *et al.*, (2023), el análisis caracteriza las preparaciones de café en función de varios parámetros de sabor, incluidos la fragancia, el sabor residual, la acidez, el cuerpo, el regusto, el dulzor, el equilibrio, la limpieza y la uniformidad en los granos de café con ciertos grados de tostado y preparación. Por lo tanto, siempre debemos tener en cuenta la influencia de todos los atributos que se obtienen en el análisis, ya que estos influyen directamente en la calidad en taza.

5.7 Sumatorio total del puntaje de los tratamientos para las dos variedades.

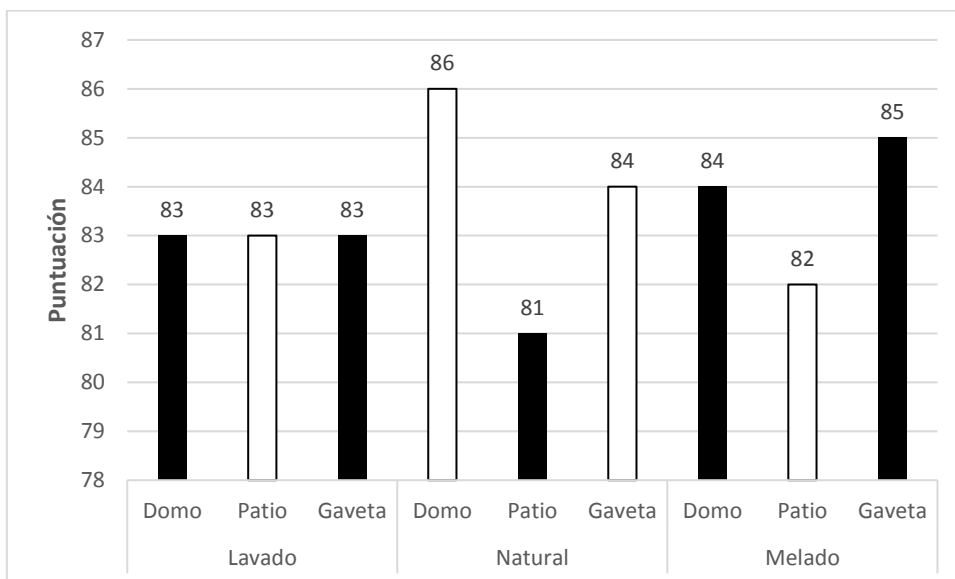
Como se muestra en la tabla 3, el formato de catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales, los catadores dieron el puntaje correspondiente a cada uno de los atributos detectados en las muestras de café para ambas variedades, permitiendo una valoración de puntaje final que se muestran en la figura 11 y 12, para poder determinar el mejor tratamiento.

Figura 11. Puntaje final variedad de café Catuai.



En la figura 11, podemos observar que las muestras de café T3 y T8 que corresponden a la variedad de café Catuai proceso de beneficiado natural, método de secado solar en gaveta y el proceso de beneficiado melado, método de secado en domo fueron las que obtuvieron el mayor puntaje con 84 puntos, mientras que los demás tratamientos se mantuvieron en un puntaje de 82 y 83 puntos.

Figura 12. Puntaje final variedad de café Catimor.



En la figura 12, se muestra que el tratamiento T11, correspondiente a la variedad Catimor proceso de beneficiado natural método de secado en domo, obtuvo un puntaje de 86 puntos, siendo el tratamiento mejor evaluado seguido el tratamiento T18 proceso de beneficiado melado secado en gaveta con 85 puntos, demostrando ser los tratamientos con mejor puntaje para ambas variedades.

Tabla 10. Medias para las variedades de café.

Variedad	Media
Catuai	82.89 ^B
Catimor	83.44 ^A

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

En la tabla 8, se muestra la media para las variedades de café Catuai y Catimor, se observa que hubo diferencia estadísticamente significativa entre las variedades, demostrando un mejor puntaje la variedad de café Catimor.

VI CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos posterior al secado del café han sido fundamental para determinar la calidad en taza, se logró verificar los resultados que se asemejan a lo expuesto por investigaciones que reportan otros autores como lo expresado en la *composición química en una taza de café por Puertas 2013*, donde los parámetros fisicoquímicos evaluados incluyeron el contenido de humedad, el pH y solidos totales, estos indicadores permiten determinar calidad de los granos, sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación fueron menores a los reportado por otras investigaciones.
2. La estandarización de las curvas de secado de café de las variedades Catuai y Catimor resultan importante para determinar la calidad del grano, al tener una curva de secado se garantiza una humedad en los rangos establecidos del 12 %, lo que a su vez ayuda a mantener las características organolépticas y sensoriales. Además, al estandarizar la curva de secado se puede mejorar la eficiencia y la productividad en el proceso de secado del café.
3. En términos de calidad en taza, se identificó que la muestra T11, que correspondía a la variedad Catimor proceso de secado en domo, beneficiado natural, obtuvo la puntuación más alta con 86 puntos, por otra parte, las muestras T3, correspondiente a la variedad Catuai proceso de secado en domo, beneficiado melado y la muestra T8, proceso de secado en gaveta, beneficiado natural obtuvieron una puntuación de 84 puntos, esto subraya la importancia de la elección adecuada de los métodos de secado y beneficiado en la producción de café de alta calidad.

VII RECOMENDACIONES

Es necesario la obtención de todos los datos en el proceso de secado de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar de estudio, para una mejor interpretación de resultados.

Es importante un estudio para estandarizar un método controlado de secado solar para obtener mejores resultados en la calidad del grano aplicando instrumentos de medición.

Se recomienda tomar en cuenta el desarrollo correcto de los procesos de postcosecha en café para que no se vean afectados los atributos sensoriales para determinar una mejor calidad en taza.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Rivera, N. H. A. (2014). *Papel amate de pulpa de café (Coffea arabica)(Residuo de beneficio húmedo)*.
- Alexandre A. Catão, N. d. (2022). Variables del tueste de café asociadas con perfiles orgánicos volátiles y evaluación sensorial mediante análisis multivariado. *Investigación alimentaria aplicada*.
- Arismendy, H. J. (2015). Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. *Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos*.
- Berrocal, C., & Venegas, N. (2019). La gestión de calidad en el proceso de secado del café de especialidad natural en Costa Rica. Casos de estudio: micro beneficios Coffea Diversa, Vista al Valle, Don Elí y El Pílon.
- Cárdenas Díaz, J., & Pardo Pinzón, J. (2014). Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera.
- Cruz, D. d. (2010). Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadoras solares tipo domo. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*.
- del Café, C. S., & Europea, U. (2020). *Guía práctica de caficultura*.
- Eduardo Duque Dussan, J. R. (2023). Diseño y evaluación de un secador solar híbrido para el procesamiento poscosecha de café pergamino. *Energía renovable*.
- Enríquez, J., Retes Cáliz, R., & Vásquez, R. (2020). *Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo*. Revista de ciencia y tecnología.

- Figuerola H, E., Perez S, F., & Godinez M, L. (2015). La producción y el consumo del café. https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf.
- Figuerola, E., Perez, F., & Godines, L. (2015). La producción y consumo de café .
- Gómez de la Cruz, F. (2016). Estudio y análisis de la cinética de secado de subproductos de almazara para su aplicación a secaderos rotativos.
- Gonzales Díaz, J., Gonzales Vásquez, R., Gutiérrez Pérez, F., & Rojas Coronado, J. (2019). Desarrollo de la oferta de cafés de especialidad (Honey) con alta valoración en taza para tostadores de Estados Unidos: plan de negocios para la empresa Peruvian Harvest Agronegocios SAC en joint venture con la CACFEVAM Ltda. en el valle de Alto Mayo (Reg).
- Guevara Sánchez, M., Bernal del Águila, C., Saavedra Ramírez, J., & Owaki López, J. (2019). Efecto de la altitud en la calidad del café (*Coffea arabica* L.): comparación entre secado mecánico y tradicional. *Scientia Agropecuaria*.
- Hosam Elhalis, J. C. (2023). Fermentación del café: Expedición del proceso tradicional al controlado y perspectivas para la industrialización. *Investigación alimentaria aplicada*.
- Lagos Burbano, T., Criollo Escobar, H., García Alzate, J., Muñoz Belalcarzar, J., López Gómez, J., Benavides Arteaga, D., & Dulce Delgado, J. (2019). El Cultivo del Café (*Coffea arabica* L.) en Nariño.
- Lantán, J. (2022). Propuesta de métodos de beneficiado para la producción de café Honey en finca San Isidro Chacayá . *Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Lara, C. P. (2016). Efecto del proceso de secado en las características físico-químicas y sensoriales de café especial (var. Pacamara). *Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana*.
- Largo Avila, E. (2020). Efecto del secado solar intermitente en la composición química del café. *Universidad Nacional de Colombia*.

- Noor Ariefandie Febrianto, F. Z. (2023). Procesamiento del grano de café: métodos emergentes y sus efectos sobre las propiedades químicas, biológicas y sensoriales. *Química de Alimentos*.
- Noscue, E. (2014). Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arabica*).
- Orellana, E. (2022). Efectos de la cadena de valor del café en el desarrollo socioeconómico de los pequeños cafetaleros de Corquín, departamento de Copán-Honduras. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*.
- Oviedo Claros, A., & Ospina Marín, T. (2018). Automatización y monitoreo remoto de un secador parabólico solar de café especial con aplicación móvil. *Doctoral dissertation, Universidad Surcolombiana*.
- Pabón, J., & Osorio, V. (2019). Factores e indicadores de la calidad física, sensorial y química del café. *Cenicafé*.
- Peña, J. (2022). La Caficultura y su contribución al proceso de desarrollo humano en el occidente de Honduras. *Universidad y Sociedad*.
- Portillo, D. (2021). Revisión de literatura sobre avances en beneficiado y secado de café en Honduras . *Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana*,.
- Prada, Á. V. (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*.
- Puerta, G. I. (2013). Los catadores de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Rivera Sanchez, S. (2019). Determinacion de la cinetica de secado de cafe (*coffea arabica* L.) con respecto a la calidad en taza en IHCAFE. *Tesis, Licenciada en Tecnologia Alimentaria, Universidad Nacional de Agricultura Catacamas, Olancho, Honduras*.
- Rivera Serna, J. (2017). Estudio de la influencia del método de Tostión en la calidad sensorial del café. Departamento de Agronomía.

- Rojo, E., & Pérez, E. (2015). Café I (G. Coffea).
- Romero, Z., José, R., Sibrian, N., & Francisco, J. (2016). Estudio de la estructura de mercado de la comercialización del café en Honduras.
- Romero, Z., José, R., Sibrian, N., & Francisco, J. (2016). *Estudio de la estructura de mercado de la comercialización del café en Honduras.*
- Salcedo Mendoza, J., Contreras Lozano, K., García López, A., & Fernandez Quintero, A. (2016). Modelado de la cinética de secado del afrecho de yuca (Manihot esculenta Crantz). *Revista Mexicana de Ingeniería Química.*
- Silva, J. (2018). Diagnóstico del estado físico y funcional de dos módulos ecomill para el beneficio húmedo de café en grupos asociativos del sur del departamento del huila. *Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.*
- Trejo, M., Pascual, S., Vargas, G., & Lazcano, E. (2015). Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.*
- Vázquez Osorio, Y., Vuelta Lorenzo, D., & Rizo Mustelier, M. (2020). Estudios sobre calidad del café (Coffea arabica) en la localidad de Filé, Municipio Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba. *Ciencia en su PC.*
- Velasquez, C., & Travez, M. (2019). Cafe especial una alternativa para el sector cafetero en Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de puntaje de catación



Formato de Catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales

Clasificación:

6.00 - Bueno	7.00 - Muy bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Nombre: _____

Fecha: _____ Mesa: _____ Sesión: _____

Muestra #	Nivel de Tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Puntaje Total
1		Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje Final
		Seco Calidad Espuma	Sabor Residual Intensidad	Nivel Pesado Ligero	Balance Dulzor	Defectos (sustraer) Ligero=2 # tazas Intensidad			
		Rechazo=4 X = 							
		Notas:							
2		Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje Final
		Seco Calidad Espuma	Sabor Residual Intensidad	Nivel Pesado Ligero	Balance Dulzor	Defectos (sustraer) Ligero=2 # tazas Intensidad			
		Rechazo=4 X = 							
		Notas:							
3		Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje: 	Puntaje Final
		Seco Calidad Espuma	Sabor Residual Intensidad	Nivel Pesado Ligero	Balance Dulzor	Defectos (sustraer) Ligero=2 # tazas Intensidad			
		Rechazo=4 X = 							
		Notas:							

Anexo 2. Fincas de café.



Anexo 3. Selección de tratamientos.



Anexo 4. Despulpado.



Anexo 5. Café natural.



Anexo 6. Café lavado.



Anexo 7. Café melado.



Anexo 8. Secado en domo.



Anexo 2. Secado en patio.



Anexo 10. Secado en gaveta.



Anexo 11. Trillado.



Anexo 12. Tostado.



Anexo 13. Molino.



Anexo 14. Catación.



Anexo 15. Catación catadores.



Anexo 16. Tueste.



Anexo 17. Análisis de pH.



Anexo 18. Análisis de solidos totales.



Anexo 19. Catadores.



Anexo 20. Familia APROCAL.

