UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Propuesta tecnológica para el mejoramiento del proceso de beneficiado de café arábigo, producido en la parroquia Madre Tierra"

AUTOR(ES):

Danny Brayan Tanguila Andi

Jeyson Hernando Calpa Burgos

DOCENTE - TUTOR:

Ing. Josselyn Paulina Pico Poma, MSc

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	4.0 / 5	Deficiente corrección de la redacción
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18.0 / 20	Deficiente corrección de la redacción
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13.0 / 15	Deficiente corrección de la redacción
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	20.0 / 25	Deficiente corrección de la redacción
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	
VALORACIÓN TOTAL	90	NOVENTA

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JUAN ELIAS GONZALEZ RIVERA

JUAN ELIAS GONZÁLEZ RIVERA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 11 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Si cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Si cumple
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Si cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Si cumple
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	14.5 / 15	Hay algunas faltas todavía.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	24.5 / 25	3.5 Macrolocalización: Error al poner Figura 4 donde corresponde Figura 5
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Si cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Si cumple
VALORACIÓN TOTAL	99	NOVENTA Y NUEVE

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	99

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MONICA PAULINA ECHEVERRIA GUEVARA

MÓNICA PAULINA ECHEVERRÍA GUEVARA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 08 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

Firmado electrónicamente por:
JOSSELYN PAULINA PICO POMA

Document Information

Analyzed document	TIC- TANGUILA_CALPA-2023.docx (D173573711)
Submitted	9/8/2023 6:58:00 AM
Submitted by	
Submitter email	agi2017127@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	jp.picop.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / CALPA-TANGUILA 20.docx**
Document CALPA-TANGUILA 20.docx (D172872196)
Submitted by: agi2017127@uea.edu.ec
Receiver: amperez.uea@analysis.urkund.com

2

Entire Document

“
Propuesta tecnológica para el mejoramiento del proceso de beneficiado de café arábigo, producido en la parroquia Madre Tierra”
“
Technological proposal for the improvement of the processing of Arábica coffee, produced in the parish of Madre Tierra”

Jeyson Hernando Calpa Burgos 11 jh.calpab@
uea.edu.ec
Danny Brayan Tanguila Andi 21
agi2017127@uea.edu.ec
Josselyn Paulina Pico Poma 31 jp.picop@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial. (1)

Resumen El café
es uno de los productos agrícolas más importantes
en Ecuador. Sin embargo, deficiencias en los procesos de producción e industrialización impactan negativamente su competitividad y rentabilidad. El presente artículo tuvo como objetivo proponer una tecnología para el mejoramiento del proceso de beneficiado de café Arábica producido en la parroquia Madre Tierra en Pastaza, Ecuador, desde un enfoque de intensificación de procesos. La metodología consistió en una investigación documental y descriptiva para estudiar el proceso actual e identificar oportunidades de mejora a través de la integración de etapas. Se realizó un análisis del proceso tradicional de beneficio húmedo del café y se planteó un esquema tecnológico secuencial intensificado agrupando operaciones unitarias. Se estimó una capacidad de 300 kg/mes considerando datos de producción de la finca Rancho Cafetero y se calcularon balances de masa y costos de inversión y operación. Los resultados mostraron que el proceso intensificado reduciría los costos de adquisición de equipos en $1 900 y los costos variables totales en $602, comparado con el proceso tradicional.
El proceso intensificado permite mejorar la calidad del café en Madre Tierra, con menor inversión que el tradicional. Además, es más rentable, con mayor retorno sobre inversión (21,50% vs 15,50%) y menor periodo de amortización (2,90 vs 3,60 años).
Palabras Clave: café Catimor, integración de etapas, intensificación procesos.

"Propuesta tecnológica para el mejoramiento del proceso de beneficiado de café arábigo, producido en la parroquia Madre Tierra"

"Technological proposal for the improvement of the processing of Arábica coffee, produced in the parish of Madre Tierra"

Jeyson Hernando Calpa Burgos 1[1]
jh.calpab@uea.edu.ec

Danny Brayan Tanguila Andi 2[1]
agi2017127@uea.edu.ec

Josselyn Paulina Pico Poma 3[1]
jp.picop@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial. (1)

Resumen

El café es uno de los productos agrícolas más importantes en Ecuador. Sin embargo, deficiencias en los procesos de producción e industrialización impactan negativamente su competitividad y rentabilidad. El presente artículo tuvo como objetivo proponer una tecnología para el mejoramiento del proceso de beneficiado de café Arábica producido en la parroquia Madre Tierra en Pastaza, Ecuador, desde un enfoque de intensificación de procesos. La metodología consistió en una investigación documental y descriptiva para estudiar el proceso actual e identificar oportunidades de mejora a través de la integración de etapas. Se realizó un análisis del proceso tradicional de beneficio húmedo del café y se planteó un esquema tecnológico secuencial intensificado agrupando operaciones unitarias. Se estimó una capacidad de 300 kg/mes considerando datos de producción de la finca Rancho Cafetero y se calcularon balances de masa y costos de inversión y operación. Los resultados mostraron que el proceso intensificado reduciría los costos de adquisición de equipos en $1 900 y los costos variables totales en $602, comparado con el proceso tradicional. El proceso intensificado permite mejorar la calidad del café en Madre Tierra, con menor inversión que el tradicional. Además, es más rentable, con mayor retorno sobre inversión (21,50% vs 15,50%) y menor periodo de amortización (2,90 vs 3,60 años).

Palabras Clave*:* café Catimor, integración de etapas, intensificación procesos.

Abstract

Coffee is one of the most important agricultural products in Ecuador. However, deficiencies in production and industrialization processes have a negative impact on their competitiveness and profitability. The objective of this article was to propose a technology

for the improvement of the beneficiation process of Arábica coffee produced in the Madre Tierra parish in Pastaza, Ecuador, from a process intensification approach. The methodology consisted of a documentary and descriptive investigation to study the current process and identify opportunities for improvement through the integration of stages. An analysis of the traditional coffee wet milling process was carried out and an intensified sequential technological scheme was proposed, grouping unitary operations. A capacity of 300 kg/month was estimated considering production data from the Rancho Cafetero farm and mass balances and investment and operation costs were calculated. The results showed that the intensified process would reduce equipment acquisition costs by $1,900 and total variable costs by $602, compared to the traditional process. The intensified process allows to improve the quality of coffee in Madre Tierra, with less investment than the traditional one. In addition, it is more profitable, with a higher return on investment (21,50% vs 15,50%) and a shorter amortization period (2,90 vs 3,60 years).
***Keywords**:* Catimor coffee, integration of stages, intensification processes.

1 INTRODUCCIÓN

El café es una de las materias primas más populares en el mundo porque a partir de esta se obtiene el café una de las bebidas más consumida a nivel mundial. Según la Organización Internacional del Café, el consumo global de café en 2021 alcanzó los 167,2 millones de sacos de 60 kg, con un incremento del 4,1% respecto al año anterior. Los mayores consumidores a nivel mundial son Estados Unidos, Alemania, Italia, Japón y Francia. Según (Vargas Cajamarca et al., 2021), la demanda nacional de café en Ecuador durante el 2019 totalizó 2.200.000 sacos de 60 kg. De esta demanda total, 1.200.000 sacos (54,54%) se destinaron al procesamiento en la industria cafetera dentro de Ecuador. Mientras tanto, 800.000 sacos (36,36%) fueron destinados a los exportadores. Los 200.000 sacos restantes (9,09%) fueron para consumo doméstico dentro del país. El mayor consumidor de café en Ecuador es la ciudad de Quito, seguida de Guayaquil y Cuenca (Chiguano & Játiva, 2012).

La producción de café en Ecuador se vio fuertemente golpeada por la pandemia de COVID-19 durante el 2020. La pandemia ha provocado una reducción de la demanda de café, una escasez de mano de obra y una interrupción de las cadenas de suministro. Las estadísticas del Ministerio de Agricultura señalan que el país produjo alrededor de 5,6 millones de sacos de 60 kg de café durante ese año, lo que representó una caída del 7% respecto a los 6 millones de sacos cosechados en 2019 (Bastidas Quintana et al., 2022). En

la provincia de Pastaza la situación fue similar, registrando una disminución del 6% en la producción con respecto al año previo a la pandemia (SIPA, 2023). Las restricciones de movilidad y cierre de fronteras impactaron negativamente en el abastecimiento de insumos y en la logística de comercialización del grano.

En Ecuador se produce tanto café robusto (*Coffea canephora*) y Arábica (*Coffea Arábica*). Siendo la especie *Caturra* del *Coffea Arábica L* la más producida en la Sierra y Costa con rendimiento 0.38 t/ha (Santistevan Méndez et al., 2014). Mientras en la región Amazónica se produce más la especie *Conilon* del *Coffea Canephora* con un rendimiento de 0.67 t/ha (Vaca et al., 2018). El café Catimor (*C. Arábica x C. Canephora*), conocido también como el varietal de los pobres, es un híbrido del *Timor* y el *Caturra*. Esta variedad de café es la más sembrada actualmente por los productores de la parroquia Madre Tierra en Pastaza, adaptándose bien a altitudes medias entre 800 y 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Julca-Otiniano et al., 2018). Una importante característica de esta variedad es una mayor tolerancia a plagas y enfermedades prevalentes en la zona. Las condiciones de luminosidad, precipitaciones y temperatura de Madre Tierra resultan propicias para el cultivo de café Catimor .

La calidad en el café está estrechamente relacionada con el proceso productivo, siendo la temperatura un factor clave que puede afectar las cualidades del grano. El secado inadecuado del café con temperaturas muy altas puede ocasionar daños en el pergamino, generando granos con defectos y alterando el sabor y aroma final de la bebida (Campos Trigoso et al., 2021). Por lo tanto, es fundamental que los productores monitoreen y controlen adecuadamente estos parámetros durante el beneficio para obtener café de alta calidad, el cual tiene mejores precios en el mercado.

Se ha evidenciado que la falta de estandarización y deficiencias en los procesos de producción e industrialización conllevan diversos problemas que impactan negativamente en la competitividad y rentabilidad. Entre ellos se encuentran la heterogeneidad en la calidad del grano, bajos rendimientos, mayores costos operativos, dificultades en la trazabilidad y déficit en el cumplimiento de requisitos demandados por nichos de mercado especializados (Espinosa, 2021). La implementación de buenas prácticas agrícolas y de beneficio, así como la estandarización de los procesos resultan fundamentales para mejorar la calidad y obtener

certificaciones que agreguen valor al café producido en la zona (Campos Trigoso et al., 2021).

La importancia y la necesidad de la industrialización de la producción de café radica en su potencial para aumentar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad. La incorporación de tecnología y maquinaria adecuada en el proceso de beneficiado y procesamiento del café puede optimizar la producción y reducir costos. Asimismo, la integración de procesos permite utilizar un mismo equipo para varias etapas del proceso originando la agilización en la producción y minimizar la pérdida de recursos (Chaves Ardila, 2009). La integración de equipos multifuncionales para diferentes etapas del beneficio como despulpado, fermentado, lavado y secado, bajo condiciones controladas, es indispensable para la estandarización. Esto posibilita la trazabilidad del proceso y la obtención de un producto uniforme y de excelencia cumpliendo con requerimientos de mercados especializados que pagan mejores precios por un café de calidad superior y constante. Por último, La integración de procesos puede ayudar a reducir los costos de producción, mejorar la calidad del café y aumentar su valor agregado.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue proponer una tecnología para el mejoramiento del proceso de beneficiado de café arábigo, producido en la parroquia Madre Tierra desde un enfoque de intensificación de procesos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Bases de datos empleados

El primer paso para realizar el presente artículo consistió en realizar búsquedas en bases de datos reconocidas como *Web of Science*, *SciELO*, *ScienceDirect* y *Scopus* en relación con el tema de estudio. Estas plataformas brindan acceso a una gran cantidad de artículos científicos, investigaciones y publicaciones en una variedad de áreas. Al utilizar estas bases de datos, se garantiza información actualizada y revisada por expertos, lo que es fundamental para respaldar el presente trabajo.

2.2 Tipo o diseño de investigación

Se ha aplicado una investigación documental. A través de una búsqueda bibliográfica exhaustiva entre **artículos** científicos e información oficial de entidades vinculadas con la producción de café Arábica y a la vez una investigación descriptiva con

datos cuantificables obtenidos de la finca el "Rancho Cafetero" con el objetivo de mejorar el procesamiento del café tradicional Arábica, y a la vez lograr la optimización de los procesos tecnológicos.

2.3 Investigación documental

Según Tancara (1993), la investigación documental es una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia, y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico, en segunda instancia. De este modo, no debe entenderse ni agotarse la investigación documental como la simple búsqueda de documentos relativos a un tema.

2.4 Investigación descriptiva

Según Tamayo (2001), la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente.

2.5 Materia Prima

El café Catimor se cultiva en el Rancho Cafetero, esta especie vegetal es un cruce natural entre el café Arábica y Robusta, originando un cultivo de mayor resistencia a plagas como la roya. Además, es una variedad de porte bajo, alto rendimiento, buena calidad de taza y corto periodo vegetativo. Estas cualidades han hecho que el área cultivada de café Catimor crezca rápidamente, especialmente en zonas como Manabí, Los Ríos y El Oro (Julca-Otiniano et al., 2018). A pesar de algunas críticas sobre su calidad, este café ha sido clave para la caficultura ecuatoriana, permitiendo incrementar la productividad y mantener la competitividad frente a otros países productores.

2.6 Pasos secuenciales para el mejoramiento de la producción de café

La intensificación de la producción del café del Rancho Cafetero se realizó mediante el procedimiento secuencial propuesto por Pérez-Martínez et al. (2012). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada, por ejemplo Casco-Méndez et al. (2022), empleo el proceso en la obtención de bioetanol carburante mediante hidrólisis enzimática del bagazo de caña en Pastaza. Mientras Cerda et al. (2020), utilizo las etapas del diseño del proceso en el estudio

de viabilidad de la producción de miel de caña, diseño de procesos, aceptabilidad y análisis económico. Los pasos secuenciales de la metodología se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Procedimiento secuencial utilizado.

Paso	Etapa	Descripción
1	Producto	Identificar mediante estudios de mercado el producto demandado, cantidad, calidad y operaciones unitarias requeridas.
2	Selección de la tecnología	Seleccionar una primera tecnología asociada al producto demandado, considerando viabilidad técnica, económica y ambiental. Además, identificar otras tecnologías conocidas.
3	Definición del esquema tecnológico	Definir el esquema tecnológico con un diagrama de flujo que muestre la topología del proceso. Especificar condiciones de operación y propiedades de las corrientes.
4	Estimación de la capacidad	Estimar capacidad de la planta inicial basada en demanda de mercado y disponibilidad de materias primas. Determinar incertidumbre financiera.
5	Macrolocalización	Seleccionar la ubicación que produzca mayor beneficio a menor costo social, considerando factores cuantificables y subjetivos.
6	Balances de masa y energía	Realizar los balances de masa y energía para determinar flujos y composición de corrientes.
7	Diseño y costo de equipos	Determinar los parámetros de diseño, capacidad y costo de adquisición de equipos.
8	Estimación del Costo de Inversión y Producción	Analizar los indicadores económicos mediante el costo de inversión y producción.
9	Factibilidad económica	Determinar la factibilidad económica de la tecnología a través del retorno de la inversión, periodo de amortización, periodo de rentabilidad neta y tasa de rendimiento del flujo de efectivo.

Fuente: Adaptado de Pérez-Martínez et al. (2012).

2.7 Recolección de datos de producción

Durante el período comprendido entre agosto de 2022 y julio de 2023, en la finca Rancho Cafetero ubicada en La Parroquia Madre Tierra, en la provincia de Pastaza, cantón Mera, se llevó a cabo el proceso de recolección de café Catimor de 8340 plantas distribuidas en dos hectáreas. El proceso de recolección se planificó cuidadosamente, teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona. Se monitoreó el clima para determinar los momentos óptimos de inicio y finalización de la recolección, considerando la temperatura, la humedad y las precipitaciones.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Producto

De acuerdo Vargas Cajamarca et al. (2021), en 2019 a nivel nacional se registró una necesidad de 2 200 000 sacos de 60 kg de café. Aproximadamente el 54,54% de este total, equivalente a 1 200 000 sacos, se utilizó en actividades de procesamiento industrial. Mientras que el 36,36%, correspondiente a 800 000 sacos, se destinó a la exportación. Por otro lado, el 9,09%, es decir 200 000 sacos, se reservaron para el consumo interno. Según Vargas Cajamarca et al. (2021), la producción de café se encuentra en segundo lugar tan solo superado por el máximo producto agrícola el banano, es decir, el café presenta una gran demanda. La calidad del café se relaciona con compuestos como alcaloides de metilxantina, flavonoides, ácidos orgánicos, pigmentos y elementos nutricionales dichas sustancias se producen en las etapas de tostado y fermentación (Tse, 2005).

3.2 Selección de tecnología

Según Castillo Landínez et al. (2019), el proceso de beneficio húmedo inicia con la cosecha manual de los granos de café maduros rojos de los arbustos (Figura 1A). Luego estos granos se despulpan para separar la cáscara exterior del grano. Los granos despulpados se dejan fermentar en tanques durante 12-48 horas para eliminar la baba mucilaginosa que los cubre. Posteriormente se lavan bien con agua para remover todo residuo de mucílago. Los granos lavados se secan al sol o con secadores mecánicos hasta reducir la humedad al 11-12%. El secado puede tomar entre 8 a 15 días. Una vez secos los granos, llamados café pergamino, se almacenan hasta el momento de ser trillados para quitar la cáscara seca exterior y obtener el grano verde. Estos granos verdes se clasifican por tamaño y densidad antes de ser finalmente tostados para desarrollar su sabor. Luego se muelen y empacan, completando así el proceso de beneficio húmedo para producir un café de alta calidad.

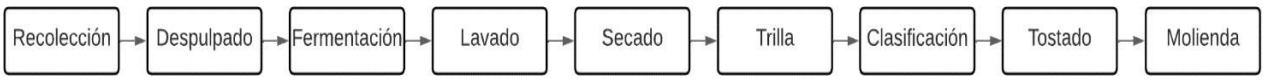


Figura 1. Esquema de producción de café con beneficio en húmedo.

Fuente: (Castillo Landínez et al., 2019).

Según Puerta-Quintero (2007), El beneficio seco es un método alternativo para procesar el café. Luego de cosechar manualmente los granos maduros rojos de los arbustos, estos se extienden al sol en capas delgadas para que se sequen con todo y su cáscara exterior intacta (Figura 1B). Este secado puede durar entre 15 a 30 días, requiriendo voltear constantemente los granos para un secado parejo. Una vez que la humedad de la cereza de café llega a niveles entre el 11% y 12%, se retiran y almacenan los granos secos en silos. Después se procede al trillado para retirar la cáscara seca y obtener el grano verde. Luego se realiza la clasificación de los granos verdes y finalmente se tuesta, muele y empaca. La principal diferencia de este beneficio seco es que se omite el despulpado, fermentación y lavado, secando toda la cereza intacta. Esto resulta en un café con sabores y aromas más fuertes.



Figura 2. Esquema de producción de café con beneficio en seco.

Fuente: (Puerta-Quintero, 2007).

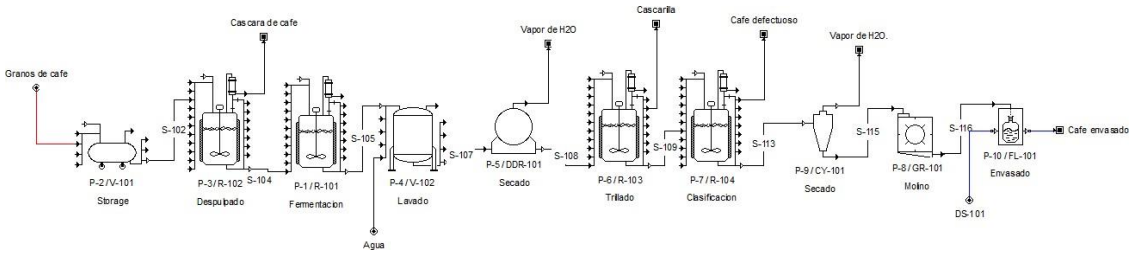
3.3 Definición del esquema tecnológico

Proceso productivo del café Rancho Cafetero

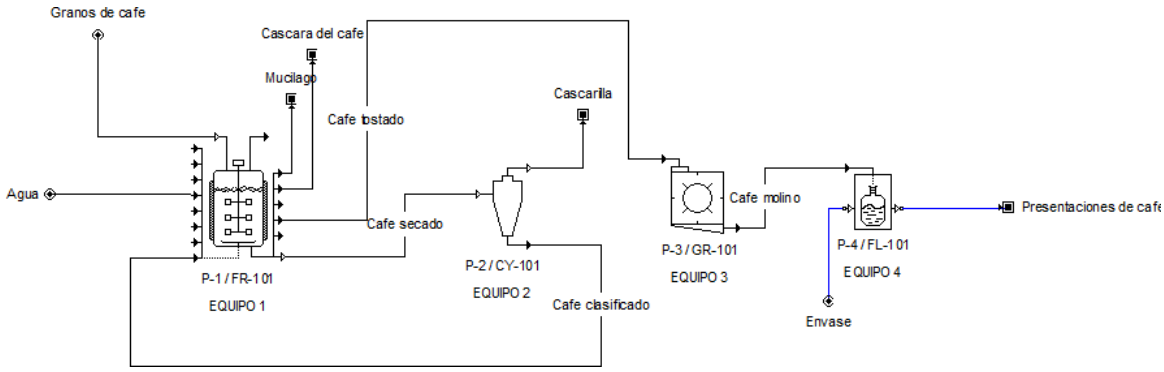
El proceso tecnológico de producción de café en la parroquia Madre Tierra se describe en la figura 2A. Comienza con la recepción de granos recién cosechados, donde se verifica su calidad y contenido de humedad. Los granos con un 10% - 12% de humedad son ideales (Pérez-Soto et al., 2011). Luego, se realiza el despulpado mecánico para separar la pulpa externa. La fermentación sigue en tanques durante 12-72 horas a temperatura controlada (24°C - 30°C) (Acosta, 2021). Después de la fermentación, los granos se lavan para eliminar residuos. Se secan gradualmente en una marquesina a 30°C - 35°C y 50% - 60% de humedad (Binmahfuth, 2017). El trillado separa los granos secos de la capa externa. La clasificación sigue según tamaño y calidad. La etapa de tueste se lleva a cabo a 180°C - 250°C, variando según el tipo y el perfil de tostado. Los granos tostados se muelen según el método de preparación. Finalmente, el café molido se empaca en diversos envases para su distribución, siguiendo estándares de empaque para mantener la frescura.

Integración de etapas en la producción de café propuesto

La integración de procesos o etapas es un enfoque que busca optimizar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad del producto final al combinar o sincronizar diferentes etapas o actividades dentro de un proceso de producción. En lugar de llevar a cabo cada etapa de forma aislada, la integración busca conectarlas de manera sinérgica para obtener beneficios adicionales (Figura 2B). A partir de esquema tecnológico analizado y esquema de producción en el Rancho Cafetero se propone integrar las siguientes etapas de manera secuencial, Equipo 1. Despulpado, fermentación, lavado, secado y tostado; Equipo 2 trillado y clasificación; Equipo 3 molido; y Equipo 4 envasado.



A



B

Figura 3. Producción agroindustrial del café A y esquema tecnológico secuencial propuesto para la producción de café B.

Fuente: Elaborado por los autores.

El proceso de producción de café propuesto se divide en cuatro equipos distintos, cada uno con tareas específicas. El Equipo 1 se encarga de múltiples etapas: después de verificar la calidad, los granos ingresan al despulpado, donde se separa la pulpa externa en un tambor rotatorio, y luego continúan hacia una fermentación durante 36 horas a 28°C. Tras la

fermentación, se realiza un lavado minucioso y los granos avanzan hacia el secado gradual en el mismo equipo, manteniendo una humedad relativa constante del 55%. El Equipo 2 realiza el trillado para eliminar la cascarilla y la clasificación por tamaño y densidad, optimizando el proceso y reduciendo la necesidad de maquinaria adicional. El café clasificado regresa al Equipo 1 para el tostado a 180°C - 250°C. El Equipo 3 realiza el molido de los granos tostados en un molino de rebaba, afectando la intensidad y sabor. Finalmente, el Equipo 4 se encarga del envasado, manteniéndolo independiente para preservar la frescura, utilizando máquinas automáticas. Aunque la integración de etapas optimiza la producción, su adaptación depende de la escala y recursos disponibles, con un enfoque meticuloso en mantener la calidad del café resultante. Cada paso es planificado y probado cuidadosamente para garantizar la conservación de las características distintivas del café final.

3.4 Estimación de capacidad

El estimar la capacidad de producción en la industria del café es de suma importancia debido a su impacto en múltiples aspectos del proceso productivo y de negocio. Además, la estimación de la capacidad de producción es esencial para la toma de decisiones estratégicas a largo plazo. Los datos sobre la capacidad de producción ayudan a identificar oportunidades de crecimiento, evaluar la necesidad de invertir en nuevas instalaciones o tecnologías, y mejorar la eficiencia operativa (Cerda et al., 2020). La estimación de la capacidad de producción en la industria del café es esencial para tomar decisiones informadas sobre la adquisición de equipos. Conociendo la capacidad requerida, se pueden seleccionar los equipos adecuados, calcular el presupuesto necesario y evaluar opciones de financiamiento. Según Pérez-Martínez et al. (2013), la estimación ayuda a estimar los costos operativos asociados, incluyendo mantenimiento, reparaciones y mano de obra. De esta manera, se asegura una gestión eficiente de los recursos y la capacidad de satisfacer la demanda del mercado de manera rentable y con altos estándares de calidad.

Los datos de producción de café en cereza de tipo Arábica producidos en la finca "Rancho cafetero" durante agosto 2022 a julio 2023. A lo largo del año, la producción de café en cereza fluctuó, mostrando diferentes niveles de cosecha en cada mes. Los meses de mayo, junio y julio fueron los de mayor producción (Figura 3), con 818,18 kg, 1 436,36 kg y 909,09 kg, respectivamente. Estos tres meses representan los picos más altos de producción. El mes de abril también mostró una producción considerable con 215,35 kg, lo que sugiere un patrón

de crecimiento gradual en la producción antes de alcanzar el máximo en junio. Los meses de agosto a enero tuvieron producciones más moderadas, oscilando entre 97,94 kg y 131,44 kg. La producción en febrero y marzo mostró un aumento significativo en comparación con los meses anteriores, con 139,56 kg y 150,72 kg, respectivamente. En promedio en la finca "Rancho cafetero" se obtiene 447,10 kg de café, es decir, una productividad por debajo de lo mínimo ya que según López-García et al. (2016), por cada hectárea se obtiene como mínimo 500,00 kg y máximo 2 500,00 kg. Entre los factores que afectan la productividad están la variedad del café, ciertas variedades de café pueden tener un rendimiento más alto que otras debido a su resistencia a enfermedades, adaptabilidad al clima y capacidad de producir más frutos. Otros elementos que afectan el rendimiento son las condiciones climáticas, prácticas agrícolas, edad del cultivo, suelo, nutrición, mano de obra, tecnología y ciclo de cosecha (Reyes González et al., 2016). A través del análisis de la producción se estima una capacidad de 300 kg de café.

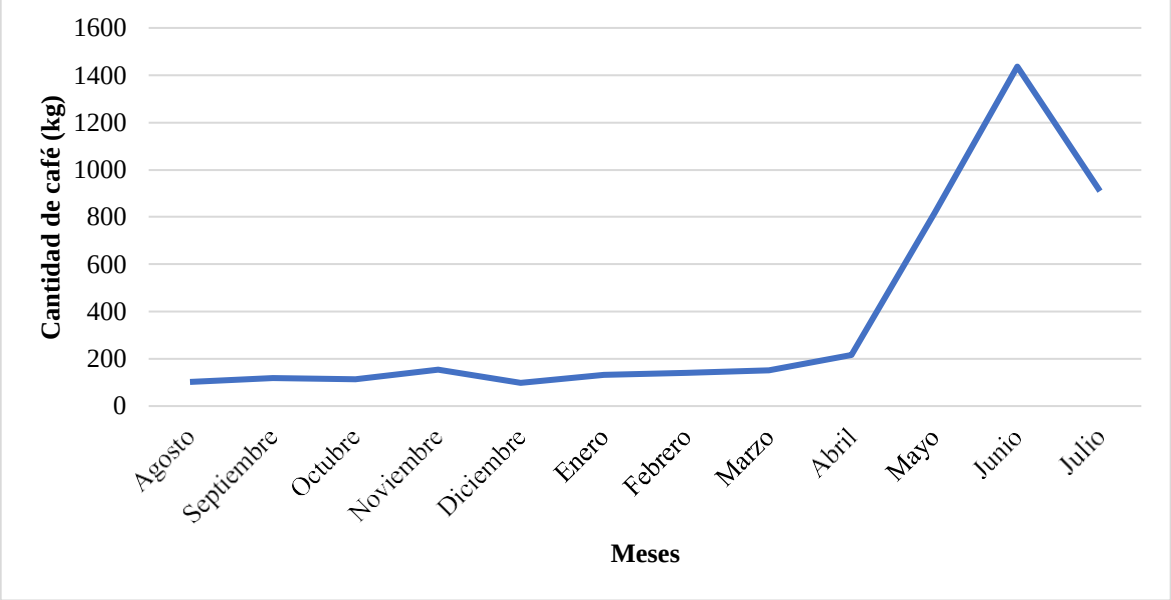


Figura 4. Producción de café en cereza.

Fuente: Elaborado por los autores.

3.5 Macrolocalización

La Parroquia Madre Tierra se encuentra ubicada al Suroeste de la Provincia de Pastaza en el cantón Mera se encuentra la finca el "Rancho cafetero" (Figura 4) donde se produce una media de 300 kg mensuales de café gracias a la ubicación geográfica de la finca y a su altitud se ha logrado mejores resultados ya que para la producción del café Arábica la altitud más favorable se encuentra actualmente entre 600 y 1900 msnm ya que este crece mejor a mayores altitudes y se cultiva a menudo en zonas montañosas.



Figura 5. Ubicación del Rancho cafetero.

Fuente: Adaptado de (Google Maps, 2023)

3.6 Balances de masa y energía

Los balances de masa son fundamentales en la producción de café, ya que proporcionan información esencial para controlar el flujo de materiales, optimizar el proceso, garantizar la calidad del producto final y cumplir con estándares y normativas (Cerda-Mejía et al., 2021). Además, juegan un papel clave en la gestión ambiental y la sostenibilidad al permitir una evaluación más precisa del uso de recursos y la reducción de desperdicios.

En anteriores epígrafes se fijó una capacidad de trabajo 300 kg debido a que este volumen está por debajo de promedio de producción en el Rancho Cafetero, por lo tanto, de esta manera se garantiza una capacidad constante de café. La Tabla 2 describe detalladamente las etapas del proceso productivo del café incluyendo recepción de 300 kg de cerezas, despulpado durante 2 horas con una despulpadora obteniendo 159 kg de café baba y 47% de pérdida, fermentación por 24 horas con pérdida de 1% del peso, lavado durante 1 hora con pérdida de 3% del peso, secado entre 20-30 días con 29% de pérdida, trillado por 1 hora con

2% de pérdida, clasificación durante 1 hora con 2% de pérdida, tostado durante 2 horas con 16% de pérdida y finalmente molienda por 3 horas con 2% de pérdida del peso, reportando tiempos, equipos, rendimientos y pérdidas. Comparativamente, con Pramulya et al. (2019) presentan similitud en etapas principales como despulpado, lavado, secado y trillado. Sobre rendimientos, la tabla reporta 16.64% de café oro final a partir de cerezas, menor que los valores de 18.4% y 21% indicados en López Blanco (2021) respectivamente, atribuible a diferencias en variedades, cultivo y procesamiento.

Tabla 2. Balance de masa en la producción de café.

N°	Cantidad	Ingresa	Proceso	Tiempo	Equipo	Salida	Perdida	Cantidad
1	300,00 kg	Café en cereza	Despulpado	2 h	Despulpadora de dos chorros	Café despulpado	47%	159,00 kg
2	159,00 kg	Café despulpado	Fermentación	24 h	Tanque de fermentación	Café fermentado	1%	157,41 kg
3	157,41 kg	Café fermentado	Lavado	1 h	Tanques de lavado	café pergamino	3%	152,69 kg
4	152,69 kg	café pergamino	Secado	20-30 días	Marquesina	café pergamino	29%	108,41 kg
5	108,41 kg	café pergamino	Trillado	1h	Trilladora	Café verde u oro	2%	106,24 kg
6	106,24 kg	Café verde u oro	Clasificación	1 h	Seleccionadora	Café verde u oro	2%	104,12 kg
7	104,12 kg	Café verde u oro	Tostado	2 h	Tostador	Café tostado	16%	87,46 kg
8	87,46 kg	Café tostado	Molido	3 h	Molino	Café granulado	2%	85,71 kg
9	85,71 kg	Café granulado	Envasado	1 h	Envasadora	Bolsita de café 250g	0 %. Unidades 250 g	342,83 unidades de 250 g

Fuente: Elaborado por los autores.

3.7 Diseño y costo de adquisición de equipos

Costo de adquisición del proceso del Rancho el Cafetero

En la Tabla 3 se muestran el proceso de tecnológico del Rancho el Cafetero y es esquema propuesto, en ambos procesos los equipos comunes son el de despulpado, fermentación, lavado, clasificación, molino y envasado, con los mismos parámetros de diseño y costos en cada caso. El proceso tradicional incluye una marquesina, un equipo de trillado y uno de

tostado independiente. El proceso intensificado sustituye la marquesina y el trillado por un único equipo de secado-tostado. El costo total de adquisición de equipos es de $ 11 980,00 para el proceso tradicional y $ 10 080,00 para el intensificado. Por tanto, el proceso tecnológico intensificado permite simplificar la línea de producción a través de la integración de algunos equipos, reduciendo los costos de inversión inicial en $ 1 900. Respecto a la fermentación se proponen un equipo de acero inoxidable fermentación, Kleinwächter et al. (2015), menciona que la fermentación en este material permite un mayor control del proceso de fermentación en un ambiente higiénico, a diferencia de la fermentación en pilas o sacos. Mientras, según Febrianto and Zhu (2023), El uso de una clasificadora optimiza este proceso en términos de eficiencia y calibre de clasificación.

Tabla 3. Dimensión y costo de adquisición de los equipos del proceso tecnológico.

Proceso tradicional			Proceso intensificado		
Equipo	Parámetro de diseño	Costo de adquisición ($)	Equipo	Parámetro de diseño	Costo de adquisición ($)
Despulpado	350,00 kg	630,00	Despulpado	350,00 kg	630,00
Fermentación	1,20 m^3	400,00	Fermentación	1,20 m^3	400,00
Lavado	1,20 m^3	400,00	Lavado	1,20m^3	400,00
Marquesina	10,00m x 6,00m	1 900,00	Secador tostador	10,00m x 6m	-
Trillado	40,00 kg	1 500,00	Trilladora	40,00 kg	1 500,00
Clasificación	20,00 kg	50,00	Clasificación	20,00 kg	50,00
Tostado	30,00 kg	5 000,00	Secador tostador	30,00 kg	5 000,00
Molino	40,00 kg	1 800,00	Molino	40,00 kg	1 800,00
Envasado	5,00 kg	700,00	Envasado	5,00 kg	700,00
Total		11 980,00			10 080,00

Fuente: Elaborado por los autores.

3.8 Estimación del Costo de Inversión y Producción

En la Tabla 4 se desglosan los costos de inversión en equipos, instalaciones, construcciones, terrenos, servicios, ingeniería, contingencias y capital de trabajo, rubro por rubro, expresados en dólares. En equipos, el proceso intensificado requiere una inversión en los equipos menor de $ 1 198,00 versus $ 1 008,00 para el tradicional. Respecto al total del capital de inversión se requiere $ 52 316,66 frente a $ 44 019,36 del tradicional, es decir, el proceso intensificado es más económico. Lo mismo aplica para costos de instalación de equipos, instrumentaciones y controles, tuberías, edificios, mejoramiento de terrenos e instalaciones de servicios. Adicionalmente, en costos indirectos como ingeniería, supervisión, gastos de construcción, legales, utilidad del contratista y contingencias, el proceso intensificado también conlleva desembolsos inferiores. Finalmente, en las inversiones totales de capital fijo y capital de trabajo, el análisis muestra ahorros significativos con el proceso intensificado.

Tabla 4. Costo de inversión de los dos procesos estudiados.

Componentes del Costo de Inversión	Proceso tradicional ($)	Proceso intensificado ($)
Costos Directos		
Equipo comprado	1 198,00	1 008,00
Subtotal: equipo entregado	5 930,10	4 989,60
Instalación de equipos comprados	2 372,04	1 995,84
Instrumentaciones y controles (instalados)	2 108,48	1 774,08
Tubería (instalada)	1 317,80	1 108,80
Edificios (incluidos los servicios)	3 294,50	2 772,00
Mejoramiento del terreno	1 976,70	1 663,20
Instalaciones de servicios (instaladas)	5 271,20	4 435,20
Costos directos totales	35.448,82	29 826,72
Costos Indirectos		
Ingeniería y supervisión	4 348,74	3 659,04
Gastos de construcción	5 139,42	4 324,32

Gastos legales	527,12	443,52
Trifa del contratista	2 240,26	1 884,96
Contingencia	4 612,30	3 880,80
Costos indirectos totales	16 867,84	14 192,64
Inversión de capital fijo, (FCI)	52 316,66	44 019,36
Capital de trabajo (WC)	9 224,20	7 761,60
Total, de capital de inversión	61 541,26	51 780,96

Fuente: Elaborado por los autores.

La Tabla 5 compara los costos de producción entre los procesos tradicional e intensificado del café. Ambos comparten igual costo de materias primas ($ 4 320,00) y mano de obra de explotación ($ 4 800,00). La supervisión operativa cuesta $ 720,00 en ambos. Los servicios públicos suman $ 2 006,165 en ambos casos. Sin embargo, en mantenimiento y reparaciones, el proceso intensificado gasta menos ($ 2 713,00 vs. $ 3 224,38). Similarmente, los suministros de explotación son menores en el proceso intensificado ($ 406,95 vs. $ 483,65). Gastos de laboratorio son iguales ($ 720,00). En cánones, el intensificado paga menos ($ 262,54 vs. $ 276,46). Los costos de catalizadores y disolventes son $0 en ambos. En resumen, los costos variables totales son más bajos en el intensificado ($ 15 948,66) que en el tradicional ($ 16 550,66). Esta tendencia se repite en costos fijos ($ 1 356,50 vs. $ 1 612,19) y gastos generales de planta ($ 4 939,80 vs. $ 5 246,62) para el proceso intensificado. En conclusión, el proceso intensificado de producción de café tiene costos totales inferiores al tradicional según la tabla comparativa.

Tabla 5. Costo de producción de los dos procesos estudiados.

Componentes del Costo de Producción	Proceso tradicional ($)	Proceso intensificado ($)
Materias primas	4 320,00	4 320,00
Mano de obra de explotación	4 800,00	4 800,00
Supervisión operativa	720,00	720,00
Servicios públicos	2 006,16	2 006,16
Mantenimiento y reparaciones	3 224,38	2 713,00
Suministros de explotación	483,65	406,95
Gastos de laboratorio	720,00	720,00
Cánones (si no son a tanto alzado)	254,78	240,25
Catalizadores y disolventes	0,00	0,00
Costos variables	**14 522,534**	**13 920,52**
Impuestos (propiedad)	1 074,79	904,33
Financiación (intereses)	0,00	0.00
Seguros	537,39	452,16
Alquiler	0,00	0,00
Depreciación	-	-
Costos fijos	1 612,19	1 356,50
Gastos generales de planta, general	5 246,62	4 939,80
Gastos generales de planta	5 246,62	4 939,80
Coste de fabricación	21 381,35	20 216,82
Administración	1 748,87	1 646,60
Distribución y venta	1 270,89	1 201,28
Investigación y desarrollo	1 016,71	961,03
Gastos generales	**4 036,48**	**3 808,91**
Costo total de productos sin depreciación	25 417,83	24 025,74

Fuente: Elaborado por los autores.

3.9 Factibilidad económica

La tabla 6 compara dos procesos tecnológicos para la producción de café: uno tradicional y otro intensificado. Se analizan cuatro indicadores económicos: retorno de la inversión, periodo de amortización, periodo de rentabilidad neta y tasa de rendimiento del flujo de efectivo. En cuanto al retorno de la inversión, el proceso intensificado tiene una media de 69.5 % frente al 64.1 % del tradicional. Esto indica que el proceso intensificado es ligeramente más rentable. El periodo de amortización también es más corto para el intensificado de 1.1 años comparado con 1.2 del tradicional. Por tanto, el proceso intensificado recupera antes la inversión inicial.

Respecto al periodo de rentabilidad neta, el intensificado vuelve a ser mejor, con 37 308,24 años frente a los 39 452,01 del tradicional. Sin embargo, la tasa de rendimiento del flujo de efectivo es mayor en el proceso tradicional, 15.2% frente a 12.9%. Esto podría deberse a que el proceso tradicional genera más flujo de caja a largo plazo, aunque tarda más en recuperar la inversión inicial.

Tabla 6. Indicadores económicos de los dos procesos tecnológicos estudiados.

Indicadores Dinámicos económicos	Proceso tradicional	Proceso intensificado
Retorno de la inversión, media (%/año)	15,50	21,50
Periodo de amortización (año)	3,60	2,90
Periodo de rentabilidad neta (año)	331,93	3486,81
Tasa de rendimiento del flujo de efectivo desconectado (%/año)	12,90	12,90

Fuente: Elaborado por los autores.

4 CONCLUSIONES

El proceso intensificado utilizando equipos multifuncionales bajo condiciones controladas permite proponer una tecnología para el mejoramiento del beneficiado del café arábica en la parroquia Madre Tierra estandarizando la calidad del café. Siendo la integración de etapas menor con un $ 52 316,66 frente a $ 44 019,36 del tradicional respecto al total del capital de inversión. Además, se identificó al proceso tecnológico intensificado como más eficiente económicamente que el proceso tradicional, generando una mayor rentabilidad de la inversión 15,50 % vs 21,50 %, un menor periodo de amortización 3,60 años vs 2,90 años.

5 REFERENCIAS.

Acosta, I. (2021). Propuesta gastronómica del café colombiano y sus subproductos para la creación de recetas innovadoras en menús de cocina de autor. *[Tesis en opcion a Ingenieria en la Universidad Externado de Colombia]*, 24. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29428.27525

Bastidas Quintana, M., Delgado Figueroa, S., Cueva Estrada, J., & Sumba Nacipucha, N. (2022). Impacto de la pandemia del covid-19 en el sector exportador no petrolero del Ecuador. *Revista angolana de ciências*, *4*(1), 23-37. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=704173394003

Binmahfuth, A. (2017). Coffee Processing. *[Tesis de Agroindustrial Engineering en la University of Manchester]*. https://www.academia.edu/35776246/Coffee_Processing

Campos Trigoso, J.-A., Murga Valderrama, N. L., Rituay Trujillo, P.-A., & García Rosero, L. M. (2021). Sostenibilidad del café: revisión sistemática de la literatura. *Revista Venezolana de Gerencia*, *26*(95), 943-961. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29069613028

Casco-Méndez, G. M., Diéguez-Santana, K., Sarduy-Pereira, L., Vinocunga-Pillajo, R. D., Pomavilla-Guaminga, S. I., & Pérez-Martínez, A. (2022). Diseño del proceso de obtención de bioetanol carburante mediante hidrólisis enzimática del bagazo de caña en Pastaza. *Centro Azúcar*, *49*, 35-46. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200035&nrm=iso

Castillo Landínez, S. P., Caicedo Rodríguez, P. E., & Sánchez Gómez, D. F. (2019). Diseño e implementación de un software para la trazabilidad del proceso de beneficio del café. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *20*, 523-536. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20num3art:1588

Cerda-Mejía, V., Pérez-Martínez, A., Guardado-Yordi, E., Cerda-Mejia, G., Diéguez-Santana, K., Benítez-Cortés, I., & González-Suárez, E. (2021). Simulation Strategy to Reduce Quality Uncertainty in the Sugar Cane Honey Process Design. *Ingeniería e Investigación*, *41*, *N.1*, 1-11. https://doi.org/10.15446/ing.investig.v41n1.81484

Cerda, V., González, E., Millán, H., Ramos, J., & Pérez, A. (2020). Estudio de viabilidad de la producción de miel de caña, diseño de procesos, aceptabilidad y análisis económico. *Tecnología Química*, *Vol. 40*, *No. 3*, 517-533. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852020000300517

Chango, M. A., & García, J. O. (2021). Análisis de la competitividad de las exportaciones de café de Ecuador versus Colombia y Brasil hacia el mercado de USA. *X-Pendientes economicos*, *5(12)*, pp 12-27. http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/392/3922449005

Chaves Ardila, L. G. (2009). El café tostado y molido: caracterización de la industria torrefactora nacional. *Umbral Científico*(14), 98-106. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415059009

Chiguano, F., & Játiva, R. (2012). Plantaciones clonales de café robusta en sistemas agroforestales para la Amazonía Ecuatoriana. *INIAP - Estación Experimental Central Amazónica*, *1*, 32-63. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3898/1/iniapeecagt.pdf

Espinosa, E. (2021). Coffee Annual. *Global Agricultura Information Network*, pp. 2-11. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?file

Name=Coffee%20Annual_Quito_Ecuador_05-15-2021.pdf

Febrianto, N. A., & Zhu, F. (2023). Coffee bean processing: Emerging methods and their effects on chemical, biological and sensory properties. *Food Chemistry*, *412*, 135-149. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135489

Gibson, M., & Newsham, P., Chapter 18 - Tea and Coffee, Academic Press, 2018. p. 353-372.https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811816-0.00018-X

Google Maps. Google Maps. 2023 [cited 2023/15]; [Online] Available: https://www.google.com/maps.

Julca-Otiniano, A., Alarcón-Águila, G., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., & Castro-Cepero, V. (2018). Comportamiento de tres cultivares de café (Catimor , Colombia y Costa Rica 95) en el Valle de el Perené, Junín, Perú. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, *34*, 205-215. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902018000300205&nrm=iso

Kleinwächter, M., Bytof, G., & Selmar, D., Chapter 9 - Coffee Beans and Processing, San Diego, Academic Press, 2015. p. 73-81.https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00009-7

López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., & Cruz-Castillo, G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (Coffea Arábica L.) en Veracruz, México. *Revista fitotecnia mexicana*, *39(3)*, 297-304. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000300297&lng=es&tlng=es

López Blanco, C. (2021). Caracterización física y factores de conversión de café especial en la finca Agrotakesi, municipio de Yanacachi - La Paz, Bolivia: Carlos López Blanco. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *8*(3), 88-98. https://doi.org/10.53287/akpb7547uc31d

Pérez-Martínez, A., Benítez-Cortés, I., Oquendo-Ferrer, H., Julián-Ricardo, M. C., & Galindo-Llanes, P. (2013). Integración del diseño del sistema de control automático al diseño total de una planta para obtención de alimento animal a partir de residuos de la industria azucarera. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, *47*, *Núm. 2*, 42-51. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223128548007

Pérez-Martínez, A., Cervantes-Mendieta, E., Julián-Ricardo, M., González-Suárez, E., Gómez-Atanay, A., Oquendo-Ferrer, H., Galindo-Llanes, P., & Ramos-Sánchez, L. (2012). Procedimiento para enfrentar tareas de diseño de procesos de la industria azucarera y sus derivados. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *11*(2), 333-349. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382012000200012&script=sci_arttext

Pérez-Soto, F., Godínez-Montoya, L., & Figueroa-Hernández, E., La producción y el consumo del café, 2011. p. pp. 1-184http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/64936

Pramulya, R., Bantacut, T., Noor, E., & Yani, M. (2019). Material flow analysis for energy potential in coffee production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *399*(1), 1-9. https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012011

Puerta-Quintero, G. (2007). Beneficie correctamente su cafe y conserve la calidad de la bebida. *Cenicafe*, *2*, 2-8. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/561/1/avt0276.pdf

Reyes González, F., Escamilla Prado, E., Pérez Portilla, E., Almaguer Vargas, G., Curiel Rodríguez, A., & Hernández Gómez, J. A. (2016). Evaluación de productividad, calidad física y sensorial del grano del café (Coffea Arábica L.), en cafetos injertados en el CRUO, Huatusco, Veracruz. *Revista de Geografía Agrícola*(56), 45-53. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75749287006

Sahu, S. G., Chakraborty, N., & Sarkar, P. (2014). Coal–biomass co-combustion: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *39*, 575-586. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.106

Sánchez-Ramírez, J., Anaya-Sosa, I., Vizcarra-Mendoza, M. G., Gutiérrez-López, G., & Santiago-Pineda, T. (2007). Estudio de la hidrodinámica del café tostado (Coffea Arábica L.) en lecho fluidizado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *6*(2), 185-192. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62060207

Santistevan Méndez, M., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., & Tuesta Hidalgo, O. (2014). Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, *13*(2), 187-192. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34132815013

SIPA. Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador. 2023 [cited 2023/28]; [Online] Available: http://sipa.agricultura.gob.ec/.

Tamayo, M. T. y., Proceso de Investigación Científica, Mexico, 2001. p.

Tancara, C. (1993). La investigacion documentaL. *Temas Sociales no.17*, 91-106.

Tse, S. Y., Food and nutritional analysis | Coffee, Cocoa, and Tea*, Oxford, Elsevier, 2005. p. 279-285.https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12 369397-7/00182-5

Vaca, L. A. P., Velázquez, I. R. A., & Ponce, W. P. P. (2018). The coffee agroforestry system. Its importance for the agro-alimentary and nutritional security in Eiguimiicuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, Vol. 6, pp. 116-129. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2018C00119

Vargas Cajamarca, M. J., Quezada Campoverde, J. M., García Batista, R. M., & Carvajal Romero, H. (2021). Análisis de mercado para el procesamiento y comercialización de café tostado y molido. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, , 4(2)*, 99-106. https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/382/402

ANEXOS

MARCO TEÓRICO

Tecnologías en la Industria del Café

La industria del café ha abrazado la tecnología en todas las etapas del proceso, desde el cultivo hasta el consumo. Las tecnologías han revolucionado la forma en que se monitorea el crecimiento de los cultivos mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y satélites, permitiendo a los productores tomar decisiones basadas en datos precisos sobre el clima y el suelo. Además, en la producción, se han implementado tecnologías avanzadas de cosecha y procesamiento, mejorando la eficiencia y la calidad del producto (Chango & García, 2021).

Intensificación de Procesos en la Producción de Café

La intensificación de procesos se ha vuelto esencial en la producción de café debido a la creciente demanda, la competencia y la sostenibilidad. Implica la optimización de prácticas agrícolas y de manejo para maximizar la producción y la eficiencia, minimizando el uso de recursos y reduciendo los impactos ambientales. La agroforestería, el uso de prácticas de conservación del suelo y la implementación de técnicas de riego eficientes son ejemplos de enfoques intensificados en la producción de café (Santistevan Méndez et al., 2014).

Diseño de Procesos en la Industria Cafetera

El diseño de procesos en la industria del café abarca desde la selección de variedades de café adecuadas hasta la preparación de bebidas en taza. En la producción, implica la planificación y la optimización de las operaciones de cosecha y procesamiento para garantizar la calidad y la eficiencia. Además, en el tostado y la preparación de bebidas, el diseño de procesos se refiere a la creación de perfiles de sabor únicos y a la selección de métodos de extracción que resalten las características de los granos (López Blanco, 2021).

La anatomía de la cereza del café

La bebida de café que todos conocemos y amamos en realidad está hecha de las semillas tostadas del fruto de un árbol de Coffea llamado cereza de café. Si bien puede llamarse frijol, en realidad es una semilla. Como se puede ver en la figura 6, la piel exterior de la cereza se llama exocarpio, que cubre una fina capa de pulpa llamada mesocarpio. Debajo de esto, hay una capa de pectina de textura pegajosa/viscosa tipo mucílago. Cubriendo las semillas hay

tejidos parecidos al papel llamados endocarpio o más frecuentemente denominado pergamino. Dentro de esto hay otra membrana (la epidermis) o piel plateada dentro de la cual finalmente se descubre el frijol (o el endospermo). Se encuentran dos semillas dentro de cada cereza de café, sin embargo, en aproximadamente el 5% del café del mundo, solo hay un grano en el interior: estos se conocen como peaberries y, a veces, se aíslan para la venta por separado (Gibson & Newsham, 2018).

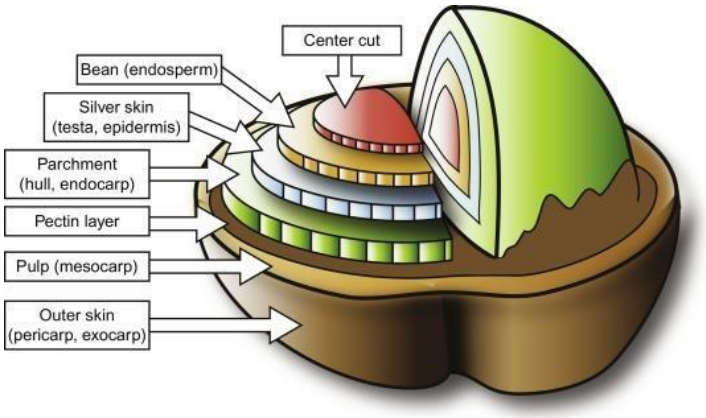


Figura 6. La anatomía de la cereza de café (grano).

Fuente: (Gibson & Newsham, 2018).

Calidad de Café

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 la calidad del café se define como el óptimo estado de este en la prueba de taza, en sí, la calidad del café es el conjunto de cualidades sensoriales que tiene el café. La calidad depende de la bondad de la naturaleza (suelo, clima, altitud etc.) los métodos y procedimientos del cultivo, el proceso de beneficio, las condiciones de almacenaje y transporte, la preparación de la bebida.

Las características sensoriales y la percepción sensorial ocurren en combinación con los receptores del gusto y del olfato, cada muestra de café tostado en infusión, presenta características que deben ser reconocidas, descritas y catalogadas, en una evaluación sensorial es obligatoria la descripción, la evaluación y el análisis de las siguientes características: acidez, aroma, cuerpo, sabor, dulzura, resabio, balance, impresión global y defectos.

Distribución

El café pertenece a la gran familia de las *Rubiaceas*, compuesta por 500 géneros y más de 6.000 especies, la mayoría de origen tropical y con amplia distribución geográfica. A esta familia pertenecen no solamente el café (género *Coffea*) sino también árboles frutales como el borojó (*Borojoa patinoi*), *Ixora* sp. y plantas medicinales como la ipecacuana (*Psichoria ipecacuanha*), o la *Cinchona* spp., de la cual se extrae la quinina

Variedades de café

La taxonomía del café pertenece al género *coffea* con alrededor de 100 especies no obstante son tres de estas son las más mencionadas como cultivaras comercialmente, destacándose las dos primeras según su origen son: *Coffea Arábica, Coffea Robusta* (Alvarado Soto & Rojas Cubero, 2007).

Control de operaciones de beneficiado, tueste y molido

El control de operaciones de beneficiado en la industria del café es un proceso esencial que se lleva a cabo para garantizar la calidad y uniformidad de los granos de café que se obtienen durante el proceso de beneficio. En el proceso de tueste, el control de operaciones se vuelve aún más crítico, ya que el tostado es el paso que determina en gran medida el sabor, aroma y color del café. Durante el tueste, se aplican altas temperaturas a los granos de café para lograr la reacción de Maillard, que es responsable de los sabores y aromas característicos (López Blanco, 2021). Un tostado demasiado corto puede resultar en granos insípidos, mientras que un tostado demasiado largo puede dar lugar a sabores quemados o amargos. Por lo tanto, el control preciso de la temperatura y el tiempo de tueste son cruciales para obtener el perfil de sabor deseado.

En la etapa de molido, el control de operaciones es esencial para obtener la granulometría adecuada del café. La molienda influye directamente en el proceso de extracción durante la preparación del café. Un molido demasiado fino puede provocar un café sobre extraído y amargo, mientras que un molido demasiado grueso puede dar lugar a un café insípido y débil. Por lo tanto, el molido debe ajustarse de acuerdo con el método de preparación utilizado, como expreso, café de filtro o prensa francesa, para obtener la mejor extracción y sabor del café (Chaves Ardila, 2009).

Beneficiado por vía húmeda

El beneficiado por vía húmeda es uno de los métodos de procesamiento utilizados en la industria del café para obtener los granos de café verde a partir de los frutos del cafeto. El beneficiado por vía húmeda es conocido por producir cafés más limpios y con mayor acidez debido a la eliminación efectiva del mucílago y la reducción de posibles fermentaciones indeseadas (Sánchez-Ramírez et al., 2007). Sin embargo, este método requiere una mayor inversión en infraestructura y un suministro constante de agua, lo que puede hacerlo menos viable en regiones donde los recursos hídricos son escasos. A pesar de esto, el beneficiado por vía húmeda sigue siendo una opción popular en muchas regiones cafetaleras donde se busca lograr cafés de alta calidad y perfiles de sabor distintivos (Sahu et al., 2014).