



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## TESIS DE GRADO

Estandarización en el proceso de fermentación controlada para mejorar la calidad del café convencional (*Coffea Arábica*) propuesta para la tasa de la excelencia en la finca InterAgro S.A. en el año 2024

Gómez; R, Herrera; C.

### Asesor/Tutor

Msc. María Elena Ramírez Chavarría

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELI

*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí  
CUR - ESTELI**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

**Estandarización en el proceso de fermentación controlada  
para mejorar la calidad del café convencional (*Coffea  
Arábica*) propuesta para la tasa de la excelencia en la finca  
InterAgro S.A. en el año 2024**

Tesis para optar al grado de  
Ingeniero Agroindustrial

**Autor/es**

Rosa María Gómez Canales  
Cristofer Alexander Herrera López

**Asesor/es**

Msc. María Elena Ramírez Chavarría.

Diciembre, 2024.





## **Dedicatoria**

Dedicamos esta investigación primeramente a Dios, por darnos la fuerza y la sabiduría para recorrer este camino. A nuestros padres, quienes con su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido nuestra mayor fuente de inspiración. Gracias por creer en todo momento y enseñarnos el valor del esfuerzo y la perseverancia. A nuestra familia por ser un gran apoyo en todo este camino y siempre darnos palabras de aliento. A nuestra amada hija, Por ser la luz que ilumina nuestras vidas y nuestra mayor inspiración. Su sonrisa y amor nos dieron la fuerza para superar cada desafío y alcanzar este sueño. Esta dedicación es para ti, como muestra de que, con esfuerzo, perseverancia y amor, todo es posible.

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradecemos a Dios por habernos dado la salud y la sabiduría en todo momento, por habernos permitido llegar hasta este momento tan importante para nuestra formación como profesionales, para llegar a ser ingenieros agroindustriales. También agradecemos a nuestros padres por ser nuestro pilar, por creer en nosotros, sus incansables motivaciones y siempre haciendo lo posible para nuestros estudios, por esas veces que ni nosotros mismos creíamos que podíamos su amor incondicional, apoyo constante y palabras de aliento nos han impulsado a superar cada desafío y a alcanzar este importante logro. Agradecemos a todos los docentes que también han sido nuestros compañeros en este camino, por la ayuda y tiempo que siempre nos brindaron, principalmente a nuestra tutora Msc. María Elena Ramírez Chavarría por haber sido nuestra guía en este proceso tan complejo, por sus valiosas aportaciones. Su compromiso con nuestra formación académica ha sido una inspiración, y este logro no hubiera sido posible sin su acompañamiento.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TECNOLOGICAS Y SALUD

“2024: Universidad Gratuita y de Calidad para seguir en Victorias”

Estelí, 26 de noviembre del 2024

## CONSTANCIA

Por este medio estoy manifestando que la investigación: **Estandarización en el proceso de fermentación controlada para mejorar la calidad del café convencional (*Coffea Arábica*) propuesta para la tasa de la excelencia en la finca InterAgro S.A. en el año 2024**, cumple con los requisitos académicos de la clase de Seminario de Graduación, para optar al título de Ingeniero Agroindustrial.

Los autores de este trabajo son las/os estudiantes: Rosa María Gómez Canales con número de carné 20-50873-9 y Cristófer Alexander Herrera López con número de carné 19-50971-8; fue realizado en el II semestre del año 2024, en el marco de la asignatura de Seminario de Graduación, cumpliendo con los objetivos generales y específicos establecidos, que consta en el artículo 9 de la normativa, y que contempla un total de 60 horas permanentes y 240 horas de trabajo independiente.

Considero que este estudio será de mucha utilidad para los productores y alta gerencia de la Finca InterAgro S.A..

Atentamente,

MSc. María Elena Ramírez Chavarría  
Número ORCID: 0000-0002-1496-2302  
CUR-Estelí, UNAN-Managua

Cc/Archivo

*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENEL, Tel 27137734, Ext 7430  
Cod. Postal 49 – Estelí, Nicaragua  
dcts.curcestele@unan.edu.ni | www.curestele.unan.edu.ni

## Resumen

La presente investigación cuyo objetivo describir el proceso de fermentación controlada del café en la finca InterAgro S.A., desde la recepción del grano en cereza hasta la obtención del grano pergamino como también identificar las características organolépticas resultantes de este proceso y establecer el tiempo estándar óptimo de fermentación controlada para mejorar la calidad de la taza de café. Se emplearon métodos cualitativos y cuantitativos, se realizaron observaciones directas de la finca para documentar las prácticas utilizadas en cada etapa del proceso, se aplicaron técnicas de análisis sensorial y pruebas físico-químicas para evaluar las características organolépticas del café. Los datos obtenidos fueron procesados mediante herramientas estadísticas para establecer correlaciones entre las condiciones de fermentación (temperatura, pH, tiempo) y la calidad de la taza obtenida. Los resultados mostraron que la fermentación controlada influye significativamente en las propiedades organolépticas del café, destacándose sabores y aromas más complejos, con una acidez y dulzura balanceadas. Asimismo, se determinó que un tiempo estándar de fermentación de 56 horas con un rango de temperatura de 20°C a 25°C resulta en las mejores cualidades para una taza de excelencia. En conclusión, esta investigación es de alta relevancia y pertinencia para el sector cafetalero, ya que proporciona un protocolo detallado de fermentación controlada que puede ser replicado y adaptado en contextos similares. Además, el éxito alcanzado en los objetivos propuestos demuestra el impacto positivo de la estandarización en los procesos postcosecha en la finca InterAgro S.A. y su potencial para incrementar el valor del producto en mercados especializados.

**Palabras claves:** fermentación, procesos, estandarización, calidad

## **Abstract**

This research describe the controlled coffee fermentation process at the InterAgro S.A. farm, from the reception of the cherry bean to the obtaining of the parchment bean, as well as to identify the organoleptic characteristics resulting from this process and establish the optimal standard time—controlled fermentation to improve the quality of the cup of coffee. Qualitative and quantitative methods were used. Direct observations of the farm were made to document the practices used at each stage of the process, sensory analysis techniques and physical-chemical tests were applied to evaluate the organoleptic characteristics of the coffee. The data obtained were processed using statistical tools to establish correlations between the fermentation conditions (temperature, pH, time) and the quality of the cup obtained. The results showed that controlled fermentation significantly influences the organoleptic properties of coffee, highlighting more complex flavors and aromas, with balanced acidity and sweetness. Likewise, it was determined that a standard fermentation time of 56 hours whit a temperature range of 20°C to 25°C results in the best qualities for a cup of excellence. In conclusion, this research is of high relevance and pertinence for the coffee sector, since it provides a detailed controlled fermentation protocol that can be replicated and adapted in similar contexts, contributing to the improvement of the quality of the coffee produced. Furthermore, the success achieved in the proposed objectives demonstrates the positive impact of standardization in post-harvest processes on the InterAgro S.A. farm. and its potential to increase the value of the product in specialized markets.

**Keywords:** fermentation, processes, standardization, quality

# Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	2
3. Planteamiento del problema.....	4
3.1 Caracterización del problema.....	4
3.2. Delimitación del problema.....	5
3.3. Formulación del problema.....	5
3.3.1. Sistematización del problema.....	5
4. Justificación.....	6
5. Objetivos.....	7
5.2. Objetivo General.....	7
5.3. Objetivos Específicos.....	7
6. Fundamentación Teórica.....	8
6.1. Generalidades del café.....	8
6.2. Producción de café en Nicaragua.....	9
6.3. Descripción del manejo postcosecha del café.....	9
6.4. Fermentación del Café.....	9
6.4.1. Tipos de Fermentación.....	10
6.5. Microbiología y Bioquímica de la Fermentación.....	10
6.5.1. Bacterias del ácido láctico (BAL).....	10
6.5.2. Actividades fisicoquímicas durante el proceso de fermentación.....	11
6.5.4. Bacterias lácticas homofermentadores.....	12

6.5.5. Bacterias lácticas hetero fermentadoras .....	12
6.5.6. Fermentación alcohólica y las levaduras.....	12
6.5.7. Fermentaciones Controladas en el café .....	13
6.6. Metabolismo Microbiano.....	13
6.7. Estandarización de Procesos .....	14
6.8. Taza de la excelencia .....	14
7. Supuesto de la investigación.....	16
8. Operacionalización de variables .....	17
9. Diseño metodológico .....	20
9.1. Tipo de investigación.....	20
9.2. Área de estudio .....	20
9.3. Población y muestra.....	21
9.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos.....	21
9.5. Técnicas e instrumentos.....	21
9.6. Etapas de la investigación.....	22
9.6.1. Plan de análisis de datos .....	22
10. Análisis y discusión de resultados .....	24
10.1. Descripción del proceso de la fermentación controlada del café.....	24
10.1.1. Flujograma de proceso de la fermentación controlada de café.....	25
10.1.2. Preparación del cultivo microbiano .....	26
10.1.3. Preparación del inóculo .....	26
10.1.4. Conservación de los cultivos .....	27
10.1.5. Escalamiento del inóculo .....	27

10.1.6 Sincronización con el procesamiento.....	27
10.1.7 Beneficios del cultivo anticipado .....	27
10.1.8. Recepción de la materia prima procedente de los productores .....	30
10.1.9. Selección, lavado y transporte.....	31
10.1.10. Recepción del café y pesado en Finca InterAgro.....	31
10.1.11. Alimentación de café en biorreactores.....	31
10.1.12. Fermentación .....	31
10.1.13. Lavado .....	32
10.1.14. Despulpado mecánico.....	32
10.1.15. Secado.....	33
10.1.16. Reposo y almacenamiento. ....	34
10.2. Identificación las características organolépticas del Café para la fermentación controlada. ....	34
10.2.1. Selección de muestras de café.....	35
10.2.2. Actividades físico químicas en la fermentación controlada de café.....	36
10.2.3. Actividades físicas.....	36
10.2.4. Actividades químicas.....	36
10.2.5. Control de variables.....	37
10.2.6. Cata preliminar después de la fermentación.....	37
10.2.7. Impacto de la fermentación controlada en los perfiles organolépticos .....	39
10.2.8. Estudios de laboratorio complementarios .....	39
10.2.9. Tostado y cata final .....	42

10.3. Establecimiento de tiempo estándar en la fermentación controlada para mejorar los factores de calidad del café propuesto a participar en la tasa de la excelencia. ....	44
10.3.1. Pruebas preliminares de fermentación .....	44
10.3.2. Establecimiento de condiciones de fermentación .....	46
10.3.3. Evaluación sensorial de cada lote .....	46
10.3.4. Determinación del tiempo estándar .....	46
10.3.5. Ajustes según el perfil deseado .....	48
10.3.6. Repetición y validación del proceso.....	48
10.3.7. Preparación para la Tasa de la Excelencia.....	48
10.3.8. Documentación del proceso .....	48
10.3.9. Certamen 2024 de tasa de la excelencia en Nicaragua.....	49
11. Conclusiones.....	50
12. Recomendaciones.....	52
13. Referencias y bibliografía .....	53
14. Anexos .....	55

## Índice de Figuras

Figura 1 Diagrama de proceso.....	25
Figura 2 Identificación y Conteo promedio del cultivo de microorganismos en el aislamiento .....	28
Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de preparación del cultivo. ....	29
Figura 4 Selección del café.....	30
Figura 5 Cosecha del café .....	30
Figura 6 Lavado del Café en pila con agua desinfectada.....	32
Figura 7 Despulpado del café .....	33
Figura 8 Secado de café en camas africanas .....	33
Figura 9 Bacterias Lácticas identificadas en el Microscopio.....	35
Figura 10 Visualización de muestras de Fermentación en Microscopio .....	35
Figura 11 Identificación de Microorganismos en Microscopio .....	40
Figura 12 Tinción de Gram para la identificación de Bacterias en el Microscopio .....	40
Figura 13 Medición de pH muestra vespertina.....	42
Figura 14 Café fermentado Tostado medio oscuro .....	43
Figura 15 Café Fermentado Tostado Medio.....	44
Figura 16 Control de pH de inicio a fin de la fermentación en finca InterAgro S.A.....	45
Figura 17 Control de conteo de microorganismos de inicio a fin de la fermentación en finca InterAgro S.A. ....	45

## Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	17
Tabla 2 Catación de café 1 .....	38
Tabla 3 Catación de café 2 .....	39
Tabla 4 Tabla Control de conteo de microorganismos inicio y fin de la fermentación.....	41
Tabla 5 Determinación de tiempo estándar en la preparación del cultivo.....	47
Tabla 6 Determinación de tiempo estándar en el proceso de fermentación del café.....	47

## **1. Introducción.**

La fermentación controlada del café ha emergido como un elemento fundamental en la búsqueda de la excelencia en la industria cafetalera. Este proceso, que involucra la manipulación cuidadosa de las condiciones de fermentación durante la etapa post cosecha, ha revolucionado la manera en que se perciben y se disfrutan los perfiles de sabor en una taza de café. A lo largo de los años, la fermentación ha sido reconocida como un paso crucial en el proceso de transformación del fruto del café en un producto de alta calidad, pero su control preciso y deliberado ha sido el punto de inflexión que ha permitido a los productores y tostadores explorar un espectro más amplio de sabores y aromas.

La fermentación es un proceso natural que ocurre cuando los azúcares presentes en el fruto del café interactúan con microorganismos, descomponiéndose y liberando una serie de compuestos que contribuyen a los perfiles de sabor del café. Tradicionalmente, este proceso ocurría de manera espontánea, influenciado por factores como la temperatura ambiente, la altitud y la humedad. Sin embargo, la fermentación controlada introduce una nueva dimensión al permitir a los productores ejercer un mayor control sobre estos factores, lo que a su vez influye en los sabores finales del café.

Uno de los aspectos más destacados de la fermentación controlada es su capacidad para potenciar y resaltar las características inherentes de los granos de café. Al ajustar variables como la duración de la fermentación, la temperatura y la presión, los productores pueden influir en la complejidad y la intensidad de los sabores, creando perfiles únicos que reflejan la diversidad de los cafetaleros.

Además de mejorar la calidad sensorial del café, la fermentación controlada también puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad y la rentabilidad de las fincas cafetaleras. Al producir café de alta calidad con perfiles de sabor distintivos, los productores pueden acceder a mercados Premium y obtener precios más altos por sus cosechas. Esto no solo incentiva la adopción de prácticas de cultivo y procesamiento más sostenibles, sino que también contribuye al desarrollo económico de las comunidades cafetaleras.

## **2. Antecedentes.**

En el año 2014, Lucía Solís, realizó una aplicación de técnicas de fermentación controlada en la industria del café, trabajando así con productores de Costa Rica, teniendo como objetivo introducir el uso específico de levaduras y bacterias en el proceso de fermentación de café permitiendo a los productores un mayor control sobre el perfil del sabor final del mismo. Teniendo como resultado la consistencia en la calidad y la inoculación controlada en la fermentación del café; concluyendo que este tipo de proceso tiene un potencial significativo para transformar la producción de café, mejorando la calidad, consistencia y sostenibilidad del producto, además los productores de café pueden alcanzar nuevos niveles de excelencia y competitividad en el mercado global (Solís, 2020).

Benjamín Paz productor de café (2023), realizó una implementación de prácticas innovadoras para el procesamiento en la fermentación controlada del café en la finca Santa Bárbara, Honduras entre el año 2000, la implementación de estas prácticas innovadoras se caracteriza por una metodología centrada en la experimentación, la colaboración y el aprendizaje continuo, los resultados han sido notables y han tenido un impacto significativo en la calidad y la reputación de los cafés producidos. Con el desarrollo de esta práctica agrícola se menciona que la fermentación controlada junto con la sostenibilidad y potencial de su país conllevaron al reconocimiento del valor de la experimentación como productor de café de Calidad (Paz, 2023)

Da Silva, Paulino (2004), realizó un estudio de protocolo de estandarización en proceso de la fermentación controlada del café en una institución de Brasil llamada Embraoa Café, este estudio tenía como objetivo, mejorar la calidad y la consistencia de café a través de la implementación de prácticas más controladas y reproducibles durante el proceso de fermentación. Desarrolló experimentos para investigar variables que afectan la fermentación del café como la duración de fermentación, la temperatura, el PH y la composición microbiológicas, teniendo como resultados que este proceso ayudaba a minimizar defectos en el café, como sabores agrios o fermentados no deseados, mejorando así la calidad del producto final (Silva L. P., 2004).

Hendon, Christopher (2015), realizó un estudio, sobre comprensión y optimización en el proceso de fermentación controlada de café, para la Universidad de Bath en el Reino Unido cuyo objetivo fue identificar y entender los factores químicos y físicos que afectan la extracción y el sabor del café. Su investigación buscaba aplicar principios científicos para optimizar la fermentación del café, mejorando la consistencia y la calidad del producto final. El autor combinó la experimentación empírica, análisis teórico y colaboración interdisciplinaria. Esta investigación ha proporcionado una comprensión más profunda de los factores que afectan la calidad de la fermentación del café y ha ofrecido herramientas prácticas para optimizar su preparación, mejorando así la experiencia del consumidor y estableciendo nuevos estándares en la industria del café (Hendon, 2015).

### **3. Planteamiento del problema.**

#### **3.1 Caracterización del problema**

Finca InterAgro S.A, es una empresa productora de múltiples cultivos tales como flores, helechos, fresas, tomates, chiltomas. entre ellos el café. La empresa con el pasar de los años ha tenido un crecimiento numeroso a nivel de personal y por ende también su producción.

El propósito principal de la empresa es dentro del crecimiento y la expansión en el mercado a través de la fermentación controlada del café para una participación óptima en la tasa de la excelencia, dado que, teniendo un buen resultado en este certamen, el grano de café producido de la Finca obtendrá un nuevo valor en el mercado, convirtiéndose así en un café exclusivo para su consumo.

Debido a los factores que están afectando en el proceso de la fermentación controlada de café el propietario de la finca InterAgro S.A. está optando en mejorar los planes de control para que su fermentación controlada se lleve a cabo en el lugar donde se cosecha su materia prima, ya que un factor influyente en éste es el traslado de un ambiente a otro del café en uva, lo que provoca que los microorganismos al ser son expuestos a altas temperaturas aceleran la actividad microbiana; lo que puede llevar a una fermentación muy acelerada y producirse o tener el riesgo de obtener una sobre fermentación.

Por otra parte, la participación en la tasa de excelencia tiene muchos beneficios como reconocimiento y prestigio para las fincas participantes. Los productores ganadores reciben un reconocimiento que puede aumentar su reputación y prestigio en la industria del café, permitiéndoles el acceso a mercados Premium. Los cafés ganadores son presentados a compradores internacionales, abriendo oportunidades para exportaciones y ventas de precios Premium, así mismo una retro alimentación valiosa. Por esta razón es que existe el interés de participar en la tasa de excelencia con un café con la calidad que le confiere una fermentación en un medio controlado.

Para lograr los atributos de calidad del café se requiere que en todo el proceso de beneficio húmedo se cuente con un manual de procedimientos estandarizados para la producción de café especial y la fermentación controlada de café, la falta de esta herramienta de control

perjudica la uniformidad y la optimización de las operaciones lo que dará como resultado un producto con inconformidades e inconsistencias. Establecer procedimientos estandarizados y capacitar adecuadamente al personal son pasos esenciales para asegurar una fermentación exitosa y producir café de alta calidad.

### **3.2. Delimitación del problema**

El inadecuado control de los factores lactofermentativos en el proceso de fermentación controlada del café convencional (*Coffe Arábica*) desarrollado en Finca InterAgro S.A., afecta la calidad final del grano, lo que provoca una problemática para la empresa para participar en el certamen de la tasa de la excelencia.

### **3.3. Formulación del problema**

¿En qué medida la estandarización en el proceso de fermentación controlada mejora la calidad en el café producido en la finca InterAgro S.A.?

#### **3.3.1. Sistematización del problema**

¿Cuáles son las etapas de la fermentación controlada del café desde la selección del grano en cereza hasta la obtención del grano pergamino en finca InterAgro S.A.?

¿Cuáles son las características organolépticas para la fermentación controlada del café?

¿Cuál es el tiempo estándar para en la fermentación controlada para mejorar los factores de calidad de café propuesto para la tasa de la excelencia?

## **4. Justificación.**

La fermentación controlada del café es una práctica fundamental para la estandarización del proceso en la industria del café. No solo permite mantener y mejorar la calidad del producto final, sino que también optimiza los recursos, reduce defectos y agrega valor al producto, haciendo que los productores sean más competitivos en el mercado global de cafés especiales.

La finca InterAgro S.A. se ha comprometido a alcanzar la mejor puntuación en “La Tasa de la Excelencia” con la calidad de su café, un objetivo que requiere una mejora continua y significativa en todos los aspectos de la producción. Uno de los factores más críticos que influye en la calidad final del café es el proceso de fermentación. Este proceso, aunque tradicionalmente manejado de manera variable, puede beneficiarse enormemente de la estandarización y el control preciso de sus parámetros.

La estandarización del proceso de fermentación controlada es una estrategia esencial para que la finca InterAgro S.A. alcance la mejor puntuación en “La Tasa de la Excelencia” con su calidad del café en 2024. Los beneficios incluyen una calidad consistente, mejora de los atributos sensoriales, mayor eficiencia operativa, seguridad y trazabilidad del producto, ventaja competitiva, facilitación de la innovación y cumplimiento de normativas. Estos factores combinados asegurarán que la finca InterAgro S.A. no solo mejore la calidad de su café, sino que también fortalezca su posición en el mercado de café de especialidad.

Al estandarizar variables como la selección de microorganismos, la temperatura, el tiempo y el pH durante la fermentación, los productores pueden optimizar los perfiles destacando atributos específicos del café como la acidez, el cuerpo y aroma.

También, el lograr estandarizar la fermentación favorece a través de beneficios económicos y de sostenibilidad técnica. Un proceso bien controlado puede reducir el tiempo de fermentación y los residuos, mejorando la eficiencia general de la producción.

## **5. Objetivos**

### **5.2. Objetivo General**

☐ Analizar los factores del proceso de la fermentación controlada del café para mejorar la calidad requerida en la tasa de la excelencia a través de la estandarización del proceso en finca InterAgro S.A. en el año 2024.

### **5.3. Objetivos Específicos**

☐ Describir las etapas del proceso de la fermentación controlada del café, desde la recepción del grano en cereza hasta la obtención del grano pergamino en Finca InterAgro S.A.

☐ Identificar las características organolépticas del Café para la fermentación controlada.

☐ Establecer el tiempo estándar en la fermentación controlada para mejorar los factores de calidad del café propuesto a participar en la tasa de la excelencia.

## 6. Fundamentación Teórica

### 6.1. Generalidades del café

El café es una bebida estimulante elaborada a partir de los granos tostados de la planta de café, originaria de África. Es una de las bebidas más consumidas globalmente y se caracteriza por sus variedades arábica y robusta. El café tiene un impacto significativo en la economía, la cultura y la salud, con métodos de preparación y consumo diversos que varían en todo el mundo.

El fruto de café maduro, denominado café cereza está compuesto por la pulpa, formada por el exocarpio (epidermis) y parte del mesocarpio: el color de la epidermis varía de verde (clorofila) a amarillo y rojo (antocianinas) y depende de la variedad de café y del grado de maduración del fruto. Envuelto por la epidermis se encuentra el mucílago o mesocarpio, constituido por una capa gruesa de tejido esponjoso de aproximadamente 0.5mm de espesor, rico en azúcares y pectinas y que rodea los dos granos enfrentados por su cara plana. Los granos o almendras se encuentran revestidos por una doble membrana: la primera llamada comúnmente pergamino (endocarpio), de color amarillo pálido y de consistencia dura y frágil: la segunda, llamada película plateada (tegumento seminal) más fina que la anterior y adherida al grano (albumen). En la base del grano y sobre su cara interna se encuentra el embrión o germen.

Según la Norma de Calidades de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia en la página 68, Café es todo aquel grano de café almendra. verde o crudo cubierto por el endocarpio (pergamino). el cual se encuentra seco de trilla. El pergamino tipo Federación debe estar fresco y presentar las características correspondientes, esto es, contenido de humedad entre el 10% y el 12% (base húmeda): grano pelado hasta un 2% en peso con base en pergamino: guayaba y media cara hasta un 3% en peso, con base en pergamino: pasilla hasta un 5,5% en peso, con base en almendra: libre de olores extraños o de cualquier tipo de contaminación: libre de todo insecto vivo o muerto; color del pergamino uniforme; admite materia extraña y/o impurezas hasta un 0,5% en peso y la prueba de taza debe tener sabor y aroma característicos, libre de sabores defectuosos como fermento, producto químico, moho, reposo. Pasilla es todo grano de café defectuoso, como: grano

negro, cardenillo. vinagre, cristalizado, decolorado, mordido o cortado, picado por insectos, deformado

## **6.2. Producción de café en Nicaragua**

La producción de café en Nicaragua es una actividad agrícola clave, concentrada principalmente en las regiones montañosas del norte, como Matagalpa, Jinotega y Nueva Segovia. El país se especializa en variedades de café arábica de alta calidad, cultivadas en altitudes elevadas que favorecen un sabor distintivo y complejo. El café nicaragüense es apreciado en el mercado internacional y constituye una importante fuente de ingresos y empleo para la población rural. (Un Cafecito, 2024)

## **6.3. Descripción del manejo postcosecha del café**

El manejo postcosecha del café incluye varios procesos clave para asegurar la calidad del grano. Estos pasos comprenden la recolección manual o mecánica de las cerezas maduras, el despulpado para remover la cáscara, la fermentación y lavado para eliminar la mucilaginoso, el secado al sol o en secadores mecánicos hasta alcanzar la humedad ideal, y el almacenamiento en condiciones controladas. Posteriormente, los granos son clasificados, tostados y molidos según el uso final. Este manejo cuidadoso es esencial para preservar el sabor y la calidad del café.

## **6.4. Fermentación del Café**

La fermentación del café es un proceso biológico en el que los microorganismos, como levaduras y bacterias, descomponen los azúcares presentes en la pulpa del café, afectando el perfil de sabor final del grano.

Etapas del Proceso: Incluye la remoción de mucílago, la fermentación propiamente dicha y el lavado. Cada etapa puede influir significativamente en las características organolépticas del café. (Gómez Posada, 2024)

Tal como lo menciona (Huch & Franz, 2014; Silva et al., 2008) citado por (González Montero, 2022) la población microbiana durante la fermentación de los granos de café

proviene de distintas fuentes: la cáscara, manos del recolector, contenedores/ sacas para transportar los frutos, remanentes de mucílago seco en los tanques de fermentación, insectos, entre otras, y su desarrollo depende de varios factores. entre ellos, la variedad de la planta y la humedad del grano, la competencia de los sustratos, la capacidad enzimática de las especies colonizadoras, su actividad antimicrobiana y factores ambientales (humedad, temperatura y microbiota del suelo).

#### **6.4.1. Tipos de Fermentación**

**Fermentación Aerobia:** Se realiza en presencia de oxígeno, favoreciendo el crecimiento de ciertos microorganismos que afectan el sabor.

**Fermentación Anaerobia:** Se realiza en ausencia de oxígeno, lo que puede producir sabores más complejos y distintivos. (Gómez Posada, 2024)

### **6.5. Microbiología y Bioquímica de la Fermentación**

La microbiología y bioquímica de la fermentación examinan los procesos metabólicos realizados por microorganismos en ausencia de oxígeno, donde se transforman compuestos orgánicos en otros más simples, generando energía.

#### **6.5.1. Bacterias del ácido láctico (BAL)**

Son bacterias Gram positivas, no esporuladas y microaerófilos que producen ácido láctico como producto mayoritario de la fermentación de carbohidratos. Se diferencian en dos grupos según los productos resultantes de la fermentación de la glucosa de la leche, homofermentativas y heteros fermentativas. Las homofermentativas transforman las hexosas en ácido láctico por la ruta de Embden Meyerhoff y las heteros fermentativas producen una mezcla de ácido láctico, etanol y CO<sub>2</sub> por una vía lateral de hexosa monofosfato (García, 2020).

Las bacterias lácticas (BL) comprenden muchos géneros: Streptococcus (Enterococcus, Lactococcus), Pedicoccus, Leuconostoc y Lactobacillus. Entre ellos, el género con mayor

número de especies es Lactobacillus. Basándose en la secuencia de RNA ribosomal 16s clasifica los géneros Lactobacillus, Pedicoccus y Leuconostoc (Garcia, 2020).

Las bacterias lácticas pueden ser cocos o bacilos, los cuales se diferencian a simple vista por su forma y por su capacidad de tolerar el pH. Los cocos son bacterias con forma esférica y pueden presentarse enlazados, formando cadenas o racimos, o vivir solos, además pueden iniciar su desarrollo en medios básicos o neutros. Y los bacilos, con forma de barra o vara, no pueden crecer en medios con pH mayor a 6. Su capacidad de tolerar el pH las hace resistentes a las condiciones en las que se desarrolla la fermentación láctica y su capacidad para producir ácido láctico a partir de la leche les permite eliminar la competencia de otros microorganismos

La mayoría son mesófilas, toleran temperaturas entre 30 y 40°C, pero también hay unas pocas psicrófilas (toleran temperaturas bajas entre 15 a 20°C) y termófilas (soportan temperaturas superiores a 45°C) (Garcia, 2020).

La producción de ácido láctico solo se puede entender si conocemos el metabolismo de la lactosa en las bacterias lácticas. Se trata de un ácido incoloro y prácticamente insípido pero indispensable para la conservación de productos fermentados, porque al bajar el pH permite crear un microambiente desfavorable para las bacterias patogénicas. El metabolismo es diferente, según las bacterias lácticas sean clasificadas como homofermentativas o heteros fermentativas (Garcia, 2020)

### **6.5.2. Actividades fisicoquímicas durante el proceso de fermentación.**

Durante la fermentación controlada del café, ocurren varias actividades físicas y químicas clave que afectan los compuestos del grano, influenciando finalmente su sabor y calidad.

Una de las pruebas realizadas durante la fermentación para identificar las actividades fisicoquímicas comienza realizando una tinción de Gram, para ser llevadas al microscopio y identificar la actividad de los Microorganismos.

### **6.5.3. Actividades físicas**

**Intercambio de gases:** Los granos de café en fermentación liberan dióxido de carbono y otros gases producidos por microorganismos. Estos gases generan presión dentro del contenedor y contribuyen a la dinámica de fermentación.

**Liberación de calor:** A medida que los microorganismos procesan los azúcares y otros compuestos, producen calor. Es importante monitorear la temperatura para evitar sobre fermentación y garantizar un perfil de sabor óptimo.

**Movimiento y mezcla:** En algunos métodos en la fermentación controlada, se agitan los granos para asegurar una distribución uniforme de los microorganismos y mantener condiciones de oxígeno o anaerobias según lo requerido.

### **6.5.4. Bacterias lácticas homofermentadores**

La mayoría son bacterias mesófilas homofermentadores, toleran temperaturas entre 20°C y 45°C y suelen pertenecer al género *Lactococcus*. También podemos encontrar otras termófilas, toleran temperaturas por encima de 45°C, por ejemplo, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subesp. bulgaricus* y *Lactobacillus helveticus*. Estas bacterias homofermentadoras, fermentan la lactosa de la leche produciendo únicamente ácido láctico (García, 2020).

### **6.5.5. Bacterias lácticas hetero fermentadoras**

Las bacterias lácticas hetero fermentadoras, metabolizan la lactosa y producen una molécula de ácido láctico, una de etanol y una de CO<sub>2</sub> y además en condiciones de aerobiosis producen ácido acético. La producción de cada uno de estos componentes viene determinada por la energía, el estado redox del microorganismo y por la ausencia de aldolasa (García, 2020).

### **6.5.6. Fermentación alcohólica y las levaduras**

La fermentación alcohólica es una biorreacción que permite degradar azúcares en alcohol y dióxido de carbono.

Las principales responsables de esta transformación son las levaduras. La *Saccharomyces cerevisiae*, es la especie de levadura usada con más frecuencia. Por supuesto que existen estudios para producir alcohol con otros hongos y bacterias, como la *Zymomonas mobilis*, pero la explotación a nivel industrial es mínima (Vasquez, 2007).

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad. Las levaduras han sido utilizadas, desde la antigüedad, en la elaboración de cervezas, pan y vino, pero los fundamentos científicos de su cultivo y uso en grandes cantidades fueron descubiertos por el microbiólogo francés Louis Pasteur en el siglo XIX (10 y 11) (Machin, 2016).

La mayoría de las levaduras toleran un rango de pH entre 3 y 10, pero les resulta favorable un medio ligeramente ácido con un pH entre 4,5 a 6,5 (Machin, 2016).

#### **6.5.7. Fermentaciones Controladas en el café**

Por siglos, la humanidad ha usado el proceso de fermentación para dar sabor, aroma, modificar la textura y conservar la calidad de los alimentos y bebidas. La fermentación también influye en la calidad del café. Mediante la tecnología de la fermentación controlada del café se pueden producir bebidas con aromas y sabores especiales, dulces, cítricos, frutales y tostados, que agregan valor y consistencia a la calidad del producto (Quintero, 2015).

En la tecnología de la fermentación del café se requiere realizar controles de la temperatura, la calidad del agua, la calidad y sanidad del café y el tiempo del proceso de fermentación. Igualmente, para conservar los sabores especiales obtenidos con la fermentación controlada del café, es necesario realizar buenas prácticas de lavado, secado, almacenamiento y tostación (Quintero, 2015).

### **6.6. Metabolismo Microbiano**

**Producción de Metabolitos:** Los microorganismos producen diversos metabolitos como ácidos, alcoholes y ésteres, que influyen en el perfil sensorial del café.

(Harrington, 1991): Afectado por la concentración de sólidos disueltos y compuestos coloidales.

**Aromas y Sabores:** Resultan de la compleja interacción de metabolitos producidos durante la fermentación. (Coffee Quality Institute, 2021)

## **6.7. Estandarización de Procesos**

La estandarización de procesos consiste en definir y documentar la forma más eficiente y uniforme de realizar una tarea o actividad dentro de una organización. Su objetivo es garantizar consistencia, calidad y eficiencia, reduciendo errores y variaciones en los resultados. Al estandarizar, se promueven mejores prácticas y se facilita la capacitación, auditoría y mejora continua. Esto es clave para optimizar recursos y mejorar la satisfacción del cliente. (Harrington, 1991)

## **6.8. Taza de la excelencia**

La Taza de la Excelencia es una competencia internacional que tiene como objetivo encontrar y premiar los mejores cafés producidos en un país, en este caso Nicaragua. El concurso, que comenzó en Nicaragua en 2002, es un evento clave para promover el café nicaragüense en los mercados internacionales.

1. Promoción de la calidad: Se brinda excelencia en el cultivo y procesamiento del café, incentivando a los productores a innovar y mejorar su trabajo.

2. Marketing global: el café de la tienda se subasta en una plataforma en línea donde compradores de todo el mundo pueden ofertar por lotes de café. Esto permite a los productores de café ganar dinero por su producción.

3. Perspectiva internacional: Al participar en la Copa Premier, los productores nicaragüenses tendrán acceso a mercados internacionales que impulsen el café especial y promuevan el desarrollo económico de las regiones cafetaleras.

4. Conocimiento del Productor: Se identifican los nombres de los productores y sus fincas, creando una relación directa entre el consumidor y el productor de café, y brindando una oportunidad a largo plazo para construir relaciones comerciales.

Este evento es un incentivo para el desarrollo sostenible de pequeños y grandes productores que puedan demostrar la fortaleza única de sus fincas y métodos de procesamiento de café.

## **7. Supuesto de la investigación**

Con la adecuada estandarización en el proceso de fermentación controlada de café, en la finca InterAgro S.A. se logró establecer una línea de fermentación efectiva para obtener la calidad del café, mejorando la puntuación mediante la catación y se obtuvieron los resultados deseados en la participación de la tasa de la excelencia.

## 8. Operacionalización de variables

Tabla 1  
Operacionalización de variables

Objetivos específicos	Variable conceptual	Subvariable, dimensiones o categorías	Variable operativa o indicador	Tipo de variable estadística	Categorías estadísticas	Instrumento de recolección de datos
<p><b>Describir las etapas del proceso de la fermentación controlada del café, desde la recepción grano en cereza hasta la obtención del grano pergamino en Finca InterAgro S.A.</b></p>	<p>Las etapas del proceso de la fermentación controlada que incluye la remoción de mucílago, la fermentación propiamente dicha y el lavado. Cada etapa puede influir significativamente en las características organolépticas del café. (Gómez Posada, 2024)</p>	<p>Descripción del proceso de la fermentación controlada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recepción del grano</li> <li>● Remoción del mucílago</li> <li>● Lavado</li> <li>● Selección del grano</li> <li>● Preparación del bio-reactor</li> <li>● Adición de microorganismos</li> <li>● Fermentación</li> <li>● Detención del proceso de fermentado</li> <li>● Lavado (opcional)</li> </ul>	<p>Cualitativa y Cuantitativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rango de Acidez: 4 - 5</li> <li>● Escala de Color: 1 - 3</li> <li>● Escala de Sabor en catación: 0-100</li> <li>● Rango de Temperatura: 22-25°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Phchímetro digital HANNA con rango de medición acidez de 1 a 14</li> <li>● Ficha de catación de fermentación (color y sabor)</li> <li>● Termotato de capacidad de 95°C Max</li> </ul>

<p><b>Identificar las características organolépticas del Café después del proceso de fermentación controlada.</b></p>	<p>Las características organolépticas del café.</p> <p>Las características organolépticas son las propiedades sensoriales de un producto que pueden ser percibidas a través de los sentidos humanos, como el sabor, aroma, textura, color, y apariencia. Estas características son clave para evaluar la calidad y la aceptación de un producto alimenticio o bebida, como el café, vino, o alimentos en general.</p>	<p>Parámetros de la tasa de la excelencia (CONATRA DEC, 2023)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Color, oscila entre dorado y marrón oscuro (tasa de la excelencia)</li> <li>● Aroma</li> <li>● Sabor</li> <li>● Cuerpo</li> </ul>	<p>Evaluación de color</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Granos tostados</li> <li>● Infusión (Evaluación de Manera Visual)</li> </ul> <p>Fragancia</p> <p>Evaluación del Aroma</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Aroma en seco</li> <li>● Aroma en húmedo (Crusting)</li> </ul> <p>Evaluación del sabor</p> <p>i.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sorbido (Slurping)</li> <li>● Retrogustos</li> </ul> <p>Evaluación del cuerpo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sensación en boca</li> <li>● Viscosidad</li> </ul>	<p>Cualitativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Escala de Color: de 15 50</li> <li>● Escala de Aroma</li> <li>● Escala de Sabor en catación: 0-100</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Escala agron</li> </ul>
<p><b>Establecer el tiempo estándar en la fermentación controlada</b></p>	<p>Tiempo estándar en la fermentación controlada</p>	<p>Tiempo estándar en la fermentación controlada para mejorar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tiempo de fermentación (Horas)</li> <li>● Temperatura durante la fermentación(°C)</li> </ul>	<p>Cualitativa y cuantitativa</p>	<p>Rango de pH (Acides) de 4-5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Phchímetro digital HANNA con rango de medición acidez de 1 a 14</li> <li>● Ficha de catación de</li> </ul>

<p><b>para mejorar los factores de calidad del café propuesto a participar en la tasa de la excelencia.</b></p>	<p>para mejorar la calidad del café.</p>	<p>la calidad del café.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad relativa durante la fermentación.</li> <li>• Nivel de pH durante la fermentación.</li> <li>• Perfil sensorial del café.</li> <li>• Tasa de actividad microbiana durante la fermentación.</li> </ul>			<p>fermentación (color y sabor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro y control de tiempo de inicio</li> <li>• Supervisión durante la Fermentación</li> </ul> <p>Toma de Muestras del Bio – reactor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro y control del tiempo final de la fermentación</li> </ul>
---	--	-----------------------------	--	--	--	--

## **9. Diseño metodológico**

### **9.1. Tipo de investigación**

Tipo Según su enfoque filosófico el tipo de investigación a la que corresponde es Cualitativa y cuantitativa (Cualicuantí). Cualitativa ya que se harán intervenciones a través de la recolección de datos de manera ordenada. Cuantitativa ya que esta investigación tratara de dar solución al proceso productivo en la fermentación controlada de café.

Según la fuente, Arias González, José (2022) menciona que el tipo de investigación al que corresponde este estudio es investigación de campo, a razón que todas las variables de investigación se tomaron desde la finca InterAgro S.A. Por lo que el objetivo de esta investigación fue levantar información de forma ordenada y relacionada con el tema de interés.

Según su finalidad este estudio corresponde al tipo de investigación aplicada, ya que esta trato de dar solución a la problemática que estaba presentando finca InterAgro S.A.

El alcance de este estudio según (Sampieri, 2014) corresponde al tipo Descriptivo y correlacional debido a que se realizaron observaciones, recolección de datos y se describirán los factores sensoriales utilizados para la fermentación controlada del café en finca InterAgro S.A., con el propósito de conocer cómo se comportaron las variables en este alcance y entender la relación que existió entre esta investigación.

### **9.2. Área de estudio**

- Área de conocimiento

Según CINE (2013) pertenece al área campo amplio 08 Agricultura, silvicultura, pesca y veterinaria campo específico 081 Agricultura. De acuerdo con las líneas de investigación aprobadas por la UNAN-Managua 2021, el estudio pertenece a 7. Ciencias Agropecuarias Sub área: Ingeniería Línea ICAG-1: Sistema de Producción Agropecuaria. Sub-Línea CAG-1.1: Sistema de Producción Agrícola.

## **Área geográfica**

La investigación se realizó Finca InterAgro S.A, ubicada de la gasolinera Uno antigua Star mart 750 metros al norte frente a la tabacalera AJ Fernández en el barrio Las Lajitas carretera a Mirafior de la ciudad de Estelí.

### **9.3. Población y muestra**

La población y muestra a seleccionar para esta investigación es la Finca InterAgro S.A.

### **9.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recopilación de datos**

Métodos

Se utilizó método observacional, para identificar las variables que afectan durante el proceso de fermentación de café.

Se realizó monitoreo de temperatura, para asegurar que resulte un café de alta calidad con las características sensoriales deseadas.

Se tomo medición del PH durante la fermentación de café para controlar la actividad microbiana y prevenir defectos en el producto final.

### **9.5. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas de investigación que se aplicaron en este estudio fueron:

- Entrevista:

La entrevista es una técnica de investigación cualitativa que consiste en un diálogo entre dos o más personas, en el que una de ellas (el entrevistador) formula preguntas con el fin de obtener información de la otra parte (el entrevistado) sobre un tema específico. Este método es utilizado tanto en investigaciones sociales, psicológicas, como en el ámbito periodístico y laboral.

Según Hernández Sampieri, una entrevista es “una técnica de recolección de datos mediante la cual un entrevistador plantea preguntas a un entrevistado para obtener

información relevante acerca de un tema específico La entrevista estuvo dirigida a los productores de café y se aplicará para obtener información detallada, sobre la fermentación del café permitiendo así comprender mejor los factores que influyen en el proceso de fermentación y mejorar la calidad. (Sampieri, 2014)

- Cuestionario cerrado

Para la recolección de la información de la entrevista, se aplicó un cuestionario de 10 preguntas cerradas las que están enfocadas en conocer la disposición de los productores en optar por la tecnología de la fermentación controlada del café en sus fincas.

- Observación

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso de investigación; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Para la aplicación de la técnica de la observación, se acompañó con el instrumento de Guía de observación, las que a continuación se detalla los principales alcances con estos instrumentos.

## **9.6. Etapas de la investigación**

### **9.6.1. Plan de análisis de datos**

Para lograr los objetivos específicos establecidos, se requiere un enfoque estructurado y sistemático.

El primer paso será diagnosticar la situación actual de la empresa InterAgro S.A. Recolectando información que compone la fermentación controlada del café, y así mismo establecer un tiempo estándar de la fermentación controlada para mejorar los factores de calidad del café, a través de un manual de procedimientos para la producción de este café especial para la tasa de la excelencia en la finca InterAgro S.A.

Para establecer un tiempo estándar en la fermentación controlada del café, se monitorean variables como temperatura, pH y actividad microbiana, ajustando el proceso según el tipo de grano y las condiciones ambientales. Esto asegura una descomposición uniforme de la mucilaginosa sin afectar negativamente los sabores y aromas deseados, logrando así una calidad consistente en el producto final.

Para elaborar un manual de procedimientos para la línea de producción de café especial para la Tasa de la Excelencia mediante fermentación controlada, se deben incluir los siguientes pasos:

1. Selección de Cosecha: Recolección manual de cerezas maduras.
2. Desulpado: Remover la cáscara de las cerezas.
3. Fermentación Controlada: Monitoreo de temperatura, pH y tiempo, con registros detallados.
4. Lavado y Secado: Eliminación de mucilaginosa y secado controlado al sol o en secadores.
5. Clasificación y Almacenamiento: Clasificación de granos según tamaño y calidad, almacenamiento en condiciones óptimas.
6. Tostado y Molienda: Tostado específico para resaltar perfiles de sabor, molienda según requerimientos.
7. Control de Calidad: Catas y pruebas constantes para asegurar estándares de excelencia.

## **10. Análisis y discusión de resultados**

A continuación, se describen los principales resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos específicos.

### **10.1. Descripción del proceso de la fermentación controlada del café.**

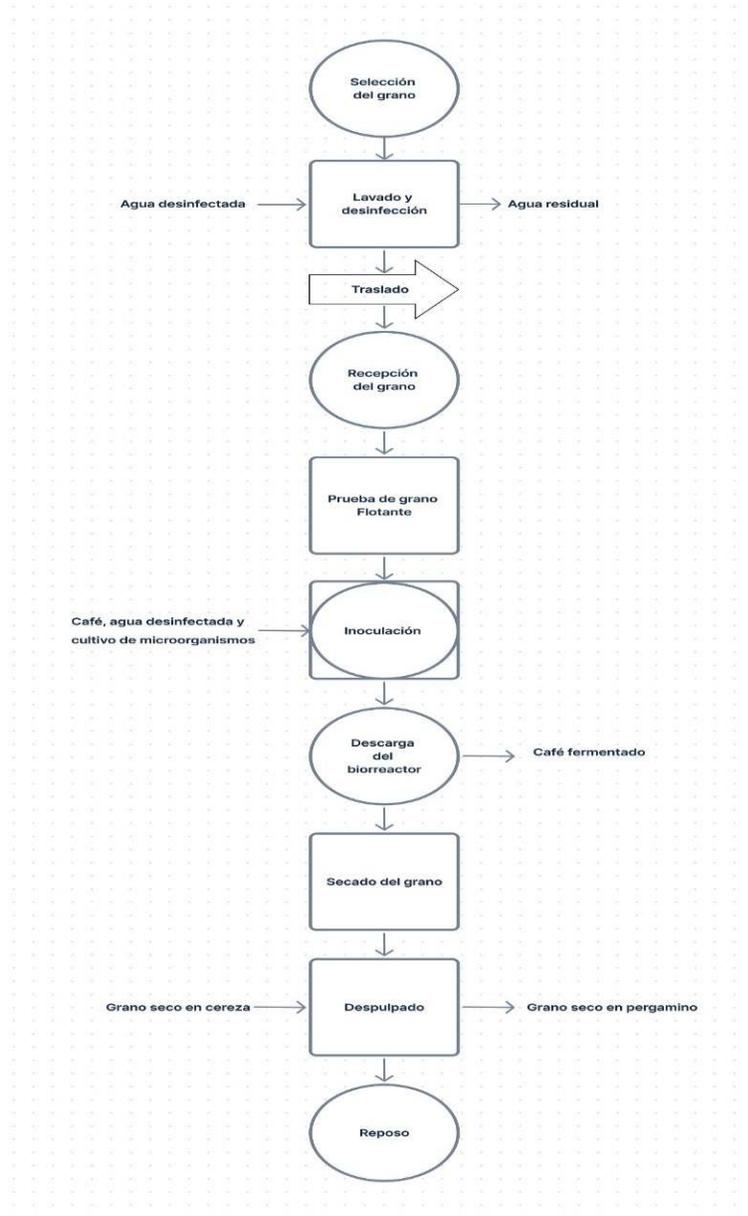
Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, el que cita: Describir las etapas del proceso de la fermentación controlada del café, desde la recepción grano en cereza hasta la obtención del grano pergamino en Finca InterAgro S.A.; se describe lo siguiente.

La fermentación controlada del café es un proceso clave para resaltar las características sensoriales de los granos de café. En una finca como InterAgro S.A., que trabaja con café convencional de la variedad arábica, este proceso implica varios pasos detallados para asegurar la calidad del café.

### 10.1.1. Flujograma de proceso de la fermentación controlada de café

Figura 1

Diagrama de proceso



### **10.1.2. Preparación del cultivo microbiano**

Para comenzar la fermentación controlada de café primero realizamos un cultivo de microorganismos (líquido o mosto) con el primer graniteo del cualquier lote de la cosecha la concentración se realizó en biodigestores, por ejemplo 30 litros de mosto, para esto se requieren 50 Kg de café, se procedió a lavarlo usando agua potable sin desinfectarlo por completo para no perder los microorganismos que provienen del grano.

Posteriormente se introduce al biodigestor y se agregan 30 litros de agua desinfectada con peróxido de hidrógeno 50 Kg de café y una concentración del 3 a 5% de Cloruro de Sodio o bien conocido como sal, con el propósito de evitar que se reproduzcan hongos como los del género *aspergillus* debido que pueden interferir de manera negativa en el proceso de la fermentación y afectar para la calidad del café.

Luego se deja en reposo durante 7 días en temperatura ambiente y 7 días en un clima frío entre 15° a 20° C.

Ya que el crecimiento microbiano en levaduras, bacterias lácticas etc tienen tasa de crecimiento a temperaturas moderadas, 20-35°C. Al entrar el proceso de refrigeración normalmente entre 4-10°C reduce la velocidad en las reacciones metabólicas de los microorganismos.

En la siguiente figura se muestran las etapas, paso a paso para la preparación del cultivo.

### **10.1.3. Preparación del inóculo**

El inóculo se prepara cultivando los microorganismos en medios específicos que favorecen su crecimiento. Este cultivo inicial se realiza en condiciones controladas de temperatura, pH y oxígeno. Al asegurar que los microorganismos estén saludables y activos, se mejora su efectividad durante la fermentación del café.

#### **10.1.4. Conservación de los cultivos**

Una vez cultivados, los microorganismos pueden almacenarse para usarse cuando sea necesario. Para almacenamiento a corto plazo, se refrigeran a 4-8 °C. Para periodos más largos, se usan técnicas como la criopreservación a -80 °C o la liofilización, lo que asegura su estabilidad y viabilidad durante meses o incluso años.

#### **10.1.5. Escalamiento del inóculo**

Antes de iniciar la fermentación, se realiza un proceso de reactivación y escalamiento del inóculo. Esto implica reactivar los microorganismos en un medio fresco y asegurarse de que estén en su fase de crecimiento más activa. Este paso garantiza una fermentación eficiente y reduce el riesgo de contaminación.

#### **10.1.6 Sincronización con el procesamiento.**

Para evitar retrasos en la fermentación, el inóculo debe estar listo antes de procesar los granos de café. Esto permite iniciar la fermentación inmediatamente después del despulpado o lavado, asegurando un proceso continuo y eficiente, sin interrupciones que puedan afectar la calidad del café.

#### **10.1.7 Beneficios del cultivo anticipado**

Preparar cultivos anticipados aporta múltiples beneficios, como garantizar la eficiencia del proceso, reducir riesgos de contaminación y asegurar la reproducibilidad de perfiles sensoriales entre lotes. Esto permite a los productores ofrecer cafés de alta calidad de manera consistente.

Figura 2

Identificación y Conteo promedio del cultivo de microorganismos en el aislamiento

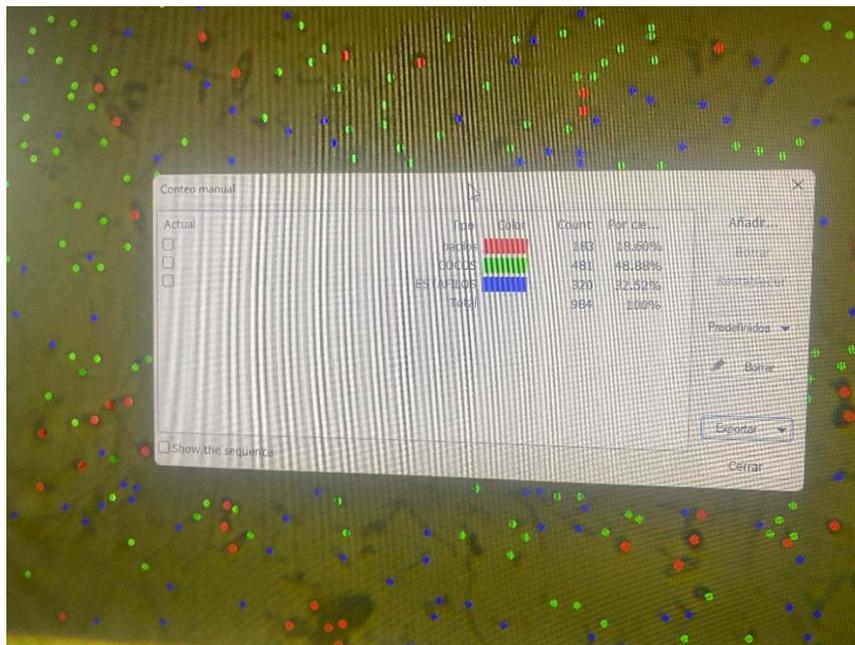
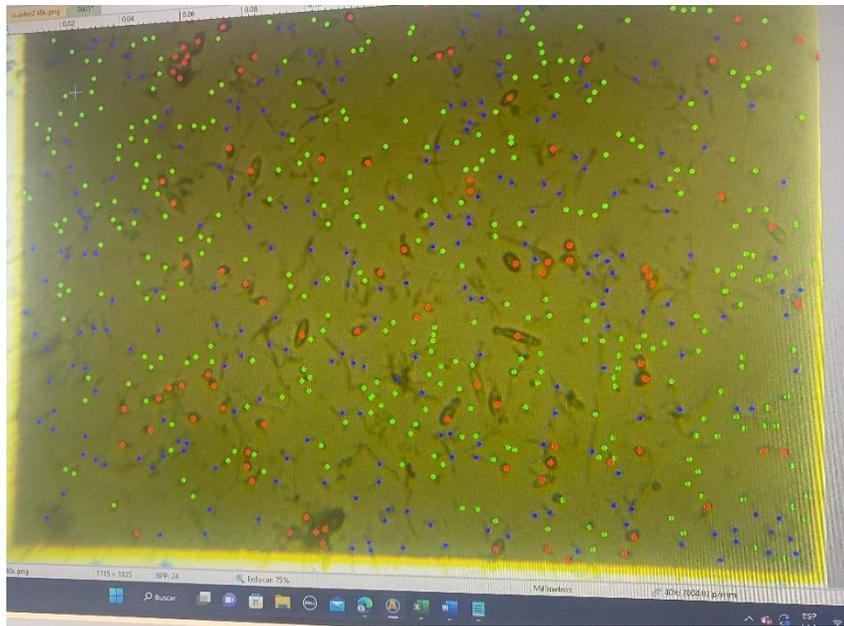
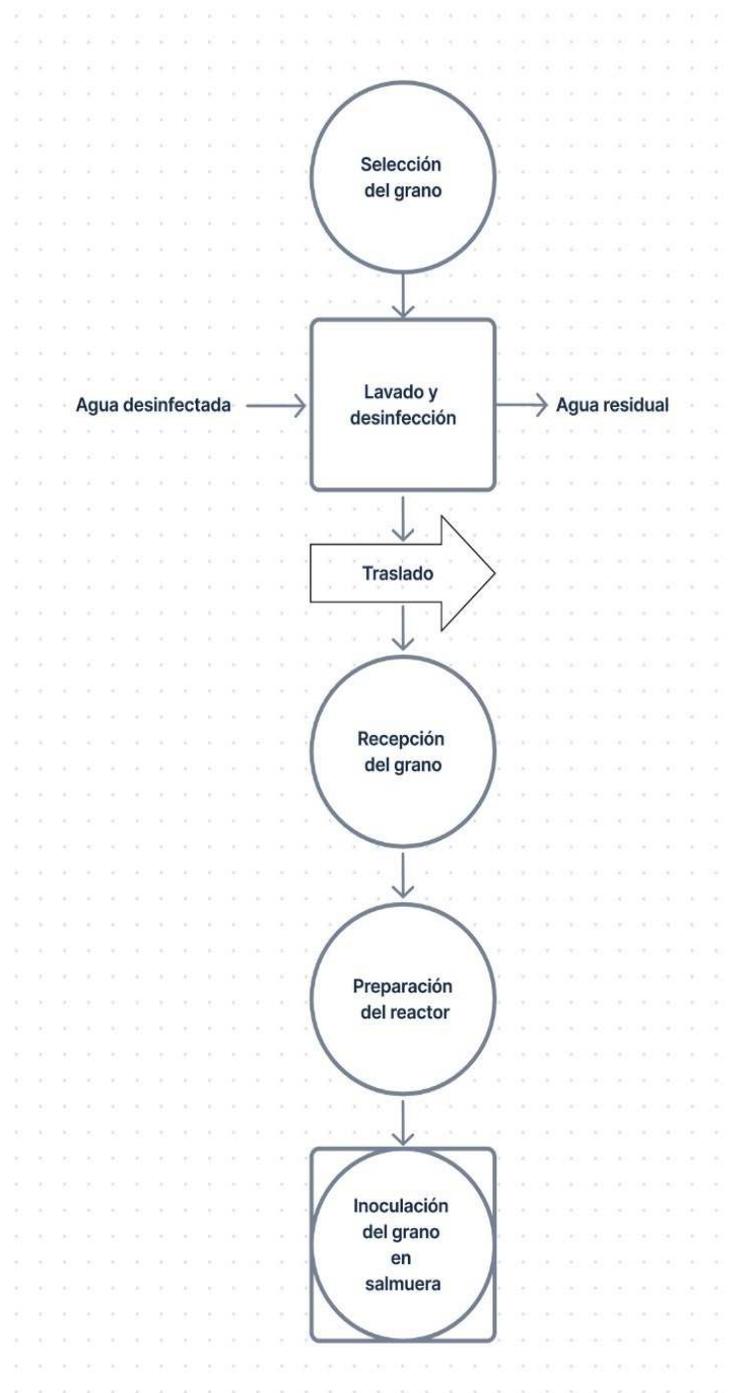


Figura 3

Diagrama de flujo del proceso de preparación del cultivo.



### 10.1.8. Recepción de la materia prima procedente de los productores

Cosecha manual o selectiva: Los frutos del café (cerezas) se recolectan cuando alcanzan su madurez óptima, lo que se determina por su color rojo intenso.

Luego de obtener una buena cosecha de café en la finca InterAgro S.A.; entiéndase por buena cosecha cuando el café cumple con los siguientes parámetros: 60 – 65% de humedad en la cereza fresca.

*Figura 4*

*Selección del café*



En la recepción del grano es una etapa muy importante para dar inicio a la fermentación controlada de café. Los granos, recién cosechados y en cereza, son cuidadosamente inspeccionados para garantizar su calidad se eliminan los granos defectuosos antes de llevarlos a la siguiente etapa de desinfección Clasificación: Las cerezas se seleccionan para eliminar aquellas que están verdes, sobre maduras o defectuosas.

*Figura 5*

*Cosecha del café*



### **10.1.9. Selección, lavado y transporte**

Se seleccionó el café y se procedió a lavarlo cuidadosamente en una pila plástica, para luego ser depositado en cajillas plásticas. Posteriormente, el café en cajillas es trasladado traslado de Mirafior a Estelí en un lapso de 1hr, para esta etapa se movilizó en un camión marca HINO con cajón cerrado

### **10.1.10. Recepción del café y pesado en Finca InterAgro**

La materia prima fue descargada y de inmediato se procedió a pesarlo y después desinfectarlo en pilas plásticas con agua desinfectada a la cual se le aplicó HUWA-SAN-TR-50-SL, el cual contiene una composición de peróxido de hidrogeno, en este mismo paso se elimina el grano flotante, siendo éste, el que no cumplía con las propiedades físicas como la densidad requerida para esta fermentación, la que debe ser superior a  $1 \text{ gr/cm}^3$ .

### **10.1.11. Alimentación de café en biorreactores**

El siguiente paso para la fermentación en el biorreactor compuesto con un termostato, una bomba de recirculación de líquido, una bomba con válvulas al vacío, una banda calentadora que debe de generarle calor de  $20^\circ$  a  $25^\circ$  C medidor de presión PSI. En este se agregan 130 Kg de café desinfectado, 70 litros de agua desinfectada y 8 litros de aislamiento, se deja procesar dentro del biorreactor durante 66 horas.

### **10.1.12. Fermentación**

Control del ambiente: Las cerezas despulpadas se colocan en tanques especiales donde se inicia el proceso de fermentación. En InterAgro S.A., se podría utilizar la fermentación aeróbica o anaeróbica controlada.

Fermentación aeróbica: El café se deja fermentar en tanques abiertos, donde el oxígeno está presente. Durante este proceso, las enzimas naturales y las levaduras descomponen el mucílago que rodea el grano.

Fermentación anaeróbica: Se lleva a cabo en tanques cerrados, sin la presencia de oxígeno. Este método ayuda a intensificar sabores más dulces y exóticos en el café.

Control del tiempo y temperatura: En ambas técnicas, es crucial monitorear el tiempo (generalmente entre 12 y 48 horas) y la temperatura (entre 18 y 25°C, dependiendo del clima de la región y las condiciones controladas) para evitar la sobre fermentación, que puede dar sabores indeseables.

### **10.1.13. Lavado**

Una vez que el proceso de fermentación ha sido completado y se ha eliminado la capa de mucílago, los granos se lavan con agua limpia para detener la fermentación y retirar cualquier residuo.

*Figura 6*

*Lavado del Café en pila con agua desinfectada*



### **10.1.14. Despulpado mecánico**

Esta operación mecánica consiste en la remoción de la pulpa. Una vez que las cerezas se han clasificado, se pasan por una máquina despulpadora que retira la capa exterior carnosa del fruto, dejando el grano cubierto con una capa de mucílago. El café llega en óptimas condiciones al despulpado, por cada bio reactor 70 KG de café llegan a despulsarse en una despulpadora manual.

*Figura 7*

*Despulpado del café*



### **10.1.15. Secado**

Después de ser despulpado fue llevado a un invernadero y colocado en camas africanas para ser secado, teniendo en cuenta la entrada de aire dentro del invernadero ya que es el mejor elemento o factor que se puede utilizar para el secado, llevándose alrededor de 72 horas aproximadamente.

También se realiza secado al sol.

Secado al sol o en camas africanas: Después del lavado, los granos de café se extienden en grandes patios o camas elevadas, donde se secan bajo el sol. Es importante remover los granos de forma continua para asegurar un secado uniforme.

\* Control de humedad: Se busca reducir el contenido de humedad de los granos a aproximadamente un 10-12% para su correcta conservación y posterior almacenamiento.

*Figura 8*

*Secado de café en camas africanas*



### **10.1.16. Reposo y almacenamiento.**

Almacenamiento en condiciones controladas: Luego que los granos han sido secados, se almacenan en sacos de yute o de propileno en un ambiente fresco y seco para reposar y estabilizar su nivel de humedad.

El reposo que la finca realiza a sus cafés es principalmente con el objetivo de que el embrión del grano se estabilice y el nivel de agua en el grano oscile entre 2% a 1% de humedad.

## **10.2. Identificación las características organolépticas del Café para la fermentación controlada.**

Como resultado del segundo objetivo específico, el que cita: Identificar las características organolépticas del Café para la fermentación controlada, se menciona lo siguiente:

La identificación de las características organolépticas durante la fermentación controlada del café que se realiza en Finca InterAgro S.A. es un proceso clave para garantizar la calidad del café y su perfil sensorial único.

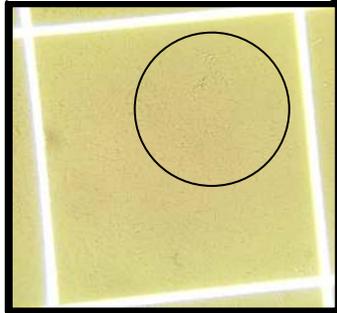
Estas características se refieren a los atributos perceptibles por los sentidos, tales como el aroma, el sabor, la acidez, el cuerpo y la dulzura del café, y dependen en gran medida de la forma en que se maneje la fermentación.

En la siguiente figura se presenta un resultado sobre una muestra líquida tomada de uno de los biorreactores, en donde se aprecia microorganismos con forma de bacilos, siendo éstas las bacterias lácticas identificadas a través de un microscopio con resolución de 40x.

Con la resolución de 100x no se logró visualizar las bacterias con claridad debido que, por la falta de conocimiento técnico de parte del manipulador, no aplicó el tinte de cristal violeta sobre el portaobjetos.

*Figura 9*

*Bacterias Lácticas identificadas en el Microscopio*



### **10.2.1. Selección de muestras de café**

Muestreo por lotes: Durante el proceso de fermentación controlada, se toma de los lotes de café en distintas etapas (antes, durante y después de la fermentación) para analizar las transformaciones que afectan las características organolépticas. Condiciones de fermentación: Los diferentes tipos de fermentación (aeróbica o anaeróbica) se prueban para observar cómo impactan los sabores y aromas.

*Figura 10*

*Visualización de muestras de Fermentación en Microscopio*



### **10.2.2. Actividades físico químicas en la fermentación controlada de café.**

### **10.2.3. Actividades físicas**

De acuerdo con lo observado en los biorreactores y confirmando la información con la entrevista realizada a uno de los encargados del proceso, se detallan las actividades físicas y químicas que se desarrollan durante la fermentación.

- Intercambio de Gases
- Producción de dióxido de carbono y otros gases.
- Generación de presión y burbujeo.
- Liberación de Calor
- Generación de calor por la actividad microbiana.
- Aumento de temperatura que afecta la velocidad de fermentación.
- Agitación o Mezcla
- Movimiento para distribuir los microorganismos.
- Asegura fermentación uniforme.
- Absorción de Humedad
- Los granos absorben agua del mucilago.
- Influencia en la intensidad de reacciones
- Bioquímicas.

### **10.2.4. Actividades químicas**

- Descomposición de Azúcares y Producción de Ácidos
- Azúcares transformados en ácido láctico y acético.
- Reducción del p y aumento de la acidez.
- Producción de Compuestos Volátiles
- Formación de ésteres, aldehídos y alcoholes.
- Aporte de aromas y sabores al café.

- Liberación de Polifenoles y Antioxidantes
- Alteración de los polifenoles que afectan el amargor y la astringencia.
- Aporte a la estabilidad del café.
- Formación de Ácidos Orgánicos Secundarios
- Generación de ácidos málico, cítrico, entre otros.
- Enriquecimiento del perfil de acidez.
- Alteración de la Estructura Celular del Grano
- Transformación de la estructura interna del grano.
- Influencia en el proceso de secado y el desarrollo de sabores.

#### **10.2.5. Control de variables**

Para que el proceso tenga efectividad, Gómez Posada, (2024) menciona que se deben de controlar las siguientes variables

- Temperatura: para evitar la sobre fermentación, esto obedece a registros del proceso que concluyen este resultado.
- Duración: Tiempo de fermentación adecuado para el perfil deseado, es decir, se debe de llevar control de los tiempos de la fermentación.
- Oxígeno: fermentación aerobia o anaerobia según el proceso.
- pH: monitoreo para asegurar un ambiente ácido adecuado.

#### **10.2.6. Cata preliminar después de la fermentación**

Tal como se observó, una vez que el café ha sido fermentado, lavado y secado, se toman pequeñas muestras para ser sometidas a un proceso de cata (o “cupping”).

Durante la cata, los expertos evalúan las características organolépticas clave:

**Aroma:** Los aromas del café se perciben tanto en seco (antes de agregar agua) como en húmedo (después de la infusión). Las fermentaciones controladas pueden desarrollar notas a frutas tropicales, flores, miel o especias, dependiendo del tipo de fermentación.

Sabor: Se evalúan las notas de sabor predominantes, que pueden incluir sabores frutales, dulces, o más ácidos, con matices que dependen del tiempo de fermentación, la temperatura y el tipo de fermentación utilizada.

Acidez: La acidez se refiere a la viveza o brillo del café en el paladar. Las fermentaciones bien manejadas pueden resaltar una acidez limpia y agradable, similar a la de frutas cítricas o manzanas.

Cuerpo: El cuerpo es la sensación de peso o textura en la boca. Una fermentación controlada puede dar lugar a un cuerpo más cremoso, ligero o completo, según el manejo del proceso.

Dulzura: Se valora la dulzura natural del café, influida por la correcta descomposición del mucílago durante la fermentación. Se busca un equilibrio donde los azúcares naturales se mantengan, otorgando una suavidad agradable en la taza.

La Catación en la finca InterAgro Fue realizada por Lic. Erick José López Arteta y Ing. Ariel Josué Artola Blandón.

Nombre del catador: Ing. Ariel Josué Artola

Fecha: 5 de marzo del año 2024

Muestra 8 Tueste Medio

En la siguiente tabla se muestra resultados de catación realizado por el Ing. Ariel Artola.

*Tabla 2*

*Catación de café 1*

<b>Fragancia Aromática</b>	<b>Sabor</b>	<b>Ácido</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Uniformidad</b>	<b>Tasa Limpia</b>	<b>Balanza</b>	<b>Sabor Residual</b>	<b>Dulzor</b>	<b>Puntaje del catador</b>	<b>Puntuación Total</b>
7.75	8.75	7	7.50	10	10	7.75	7.50	10	8	85-86

Nombre del catador: Lic. Erick José López

Fecha: 5 de marzo del año 2024

Muestra 8 Tueste Medio

Tabla 3

Catación de café 2

Lic. Erick López Arteta

Fragancia Aroma	Sabor	Ácido	Cuerpo	Uniformidad	Tasa Limpia	Balace	Sabor Residual	Dulzor	Puntaje del catador	Puntuación Total
8	8.50	7	8	10	10	7.75	8	10	8	85-86

Los resultados de ambas tablas demuestran que la muestra de café catada presenta buena calificación para participar en la tasa de la excelencia, contando con atributos de calidad aceptados por los panelistas expertos. Lo que indica que el proceso de fermentación controlada se realizó en óptimas condiciones.

### 10.2.7. Impacto de la fermentación controlada en los perfiles organolépticos

Fermentación aeróbica: Este tipo de fermentación, al permitir la entrada de oxígeno, puede realzar notas frescas y brillantes en el café, como cítricos, frutas de hueso (durazno, ciruela) o flores. Tiende a generar una mayor acidez y un cuerpo más ligero.

Fermentación anaeróbica: Al realizarse en ausencia de oxígeno, se generan sabores más complejos, con mayor desarrollo de notas dulces y exóticas, como frutas tropicales (piña, mango) o especias (canela, clavo), además de un cuerpo más denso y una dulzura acentuada.

Monitoreo sensorial: A lo largo de la fermentación, el equipo de la finca puede realizar evaluaciones olfativas y gustativas para verificar que el proceso vaya en la dirección correcta, ajustando tiempos o temperaturas si es necesario.

### 10.2.8. Estudios de laboratorio complementarios

Análisis químico: Para complementar la evaluación sensorial, en algunos casos se realiza un análisis químico del café, midiendo compuestos clave como los ácidos orgánicos, azúcares y compuestos volátiles.

Estos estudios aportan información sobre cómo los diferentes tipos de fermentación afectan las características organolépticas.

*Figura 11*

*Identificación de Microorganismos en Microscopio*



*Figura 12*

*Tinción de Gram para la identificación de Bacterias en el Microscopio*



Tabla 4

Control de conteo de microorganismos inicio y fin de la fermentación

<b>N° Fermentación</b>	<b>Fecha de Inicio (Primer Análisis)</b>	<b>Fecha Final (Análisis Final)</b>	<b>Conteo de bacterias Inicial</b>	<b>Conteo de bacterias Inicial</b>
F1	31/01/2024	03/02/2024	12,850,000 Cel/ml Aprox	13,270,000 Cel/ml Aprox
F2	07/02/2024	10/02/2024	12,290,000 Cel/ml Aprox	12,500,000 Cel/ml Aprox
F3	12/02/2024	15/02/2024	12,530,000 Cel/ml Aprox	12,700,000 Cel/ml Aprox
F4	13/02/2024	16/02/2024	12,550,000 Cel/ml Aprox	13,225,000 Cel/ml Aprox
F5	14/02/2024	17/02/2024	12,300,000 Cel/ml Aprox	12,600,000 Cel/ml Aprox
F6	16/02/2024	19/02/2024	12,500,000 Cel/ml Aprox	13,220,000 Cel/ml Aprox
F7	16/02/2024	19/02/2024	12,730,000 Cel/ml Aprox	13,325,000 Cel/ml Aprox
F8	19/02/2024	22/02/2024	12,500,000 Cel/ml Aprox	13,350,000 Cel/ml Aprox
F9	20/02/2024	22/02/2024	12,200,000 Cel/ml Aprox	13,220,000 Cel/ml Aprox
F10	23/02/2024	23/02/2024	12,600,000 Cel/ml Aprox	13,330,000 Cel/ml Aprox
F11	23/02/2024	26/02/2024	12,660,000 Cel/ml Aprox	13,345,000 Cel/ml Aprox
F12	26/02/2024	26/02/2024	12,800,000 Cel/ml Aprox	13,350,000 Cel/ml Aprox
F13	26/02/2024	29/02/2024	12,910,000 Cel/ml Aprox	13,360,000 Cel/ml Aprox
F14	31/01/2024	03/02/2024	12,850,000 Cel/ml Aprox	13,270,000 Cel/ml Aprox
F15	07/02/2022	10/02/2024	12,290,000 Cel/ml Aprox	12,500,000 Cel/ml Aprox

Evaluación del pH: El monitoreo del pH durante la fermentación permite prever el nivel de acidez que se expresará en la taza.

Un descenso controlado del pH generalmente está relacionado con una acidez limpia y balanceada.

*Figura 13*

*Medición de pH muestra vespertina*



### **10.2.9. Tostado y cata final**

Una vez terminado el proceso de fermentación y secado, se realiza un tostado especializado para resaltar las características organolépticas obtenidas. La cata final ayuda a confirmar que el perfil de sabor logrado coincide con las expectativas y estándares de calidad.

#### **Temperatura y Tiempo para el Tostado:**

##### **1. Fase de Secado (Inicio):**

- Temperatura inicial del tambor: 180-200°C (356-392°F).
- Duración: 4-6 minutos.
- Objetivo: Eliminar la humedad residual del grano (10-12%).

##### **2. Fase de Desarrollo (Amarillo a Primer Crack):**

- Temperatura: Incrementa a 200-220°C (392-428°F).

- Duración: 3-5 minutos adicionales.
- Aquí comienzan a desarrollarse las notas dulces y frutales que son características de la fermentación controlada.

#### 2. Fase de Maillard y Desarrollo Final (Post Primer):

- Temperatura: Se ajusta entre 210-225°C (410-437°F) dependiendo del perfil deseado.
- Duración: 2-4 minutos.
- En esta fase se potencian los sabores únicos como florales, frutales, o de miel que aporta la fermentación controlada.

*Figura 14*

*Café fermentado Tostado medio oscuro*



#### **Consideraciones Clave:**

- Duración total: Un perfil de tueste puede durar entre 8-12 minutos, dependiendo del equipo y del perfil deseado.
- Tueste claro a medio: Generalmente es ideal para cafés de fermentación controlada, ya que resalta las características complejas y brillantes.
- Control constante: Monitorear las temperaturas y la curva de tueste para evitar sobrecocción, ya que los sabores delicados pueden perderse con un tostado excesivo.

Figura 15

*Café Fermentado Tostado Medio*



### **10.3. Establecimiento de tiempo estándar en la fermentación controlada para mejorar los factores de calidad del café propuesto a participar en la tasa de la excelencia.**

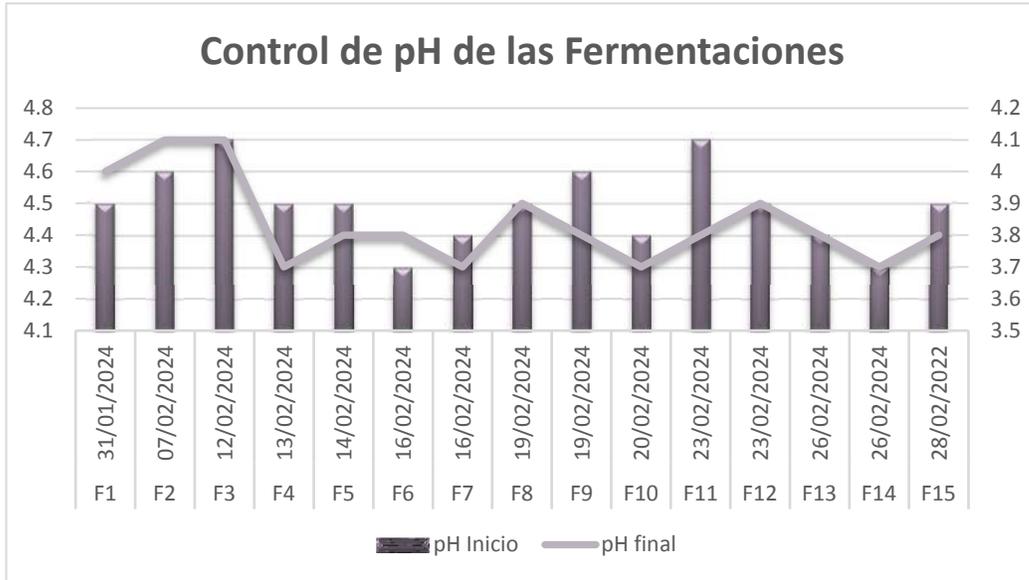
Establecer un tiempo estándar de fermentación controlada es esencial para mejorar los factores de calidad del café, especialmente si se pretende participar en competencias como la Tasa de la Excelencia. El tiempo de fermentación debe ser optimizado de acuerdo a las características del grano de café, el perfil sensorial deseado y las condiciones de la finca. A continuación, se describen los pasos para establecer un tiempo estándar de fermentación controlada que ayude a mejorar la calidad del café:

#### **10.3.1. Pruebas preliminares de fermentación**

Monitoreo continuo: Durante las pruebas, es importante monitorear el progreso de la fermentación, midiendo parámetros como el pH, la temperatura y los cambios visuales en el grano. Un pH que descienda de forma controlada indica que las bacterias y levaduras están descomponiendo el mucílago de manera adecuada.

Figura 16

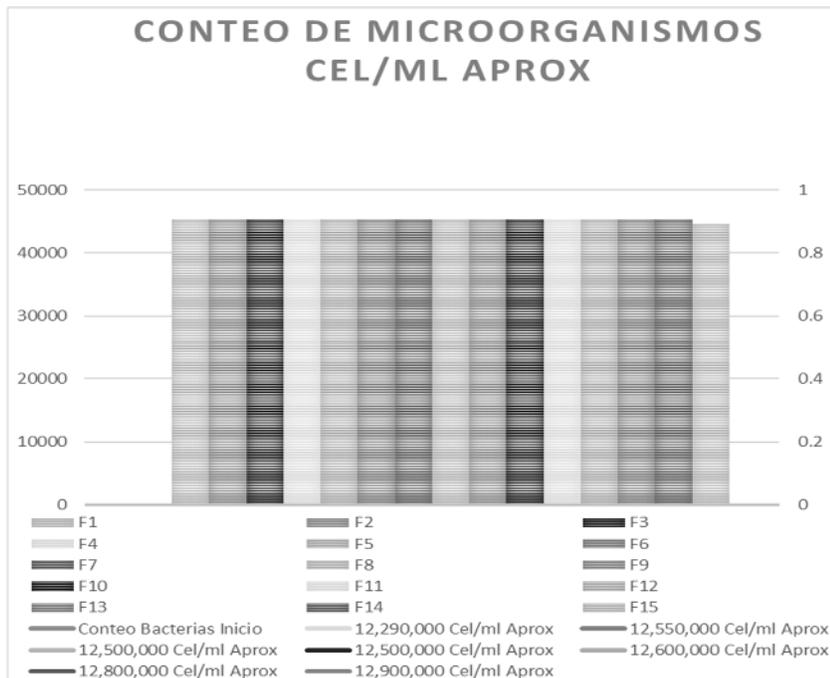
Control de pH de inicio a fin de la fermentación en finca InterAgro S.A.



El pH desde el inicio de la fermentación actuó de manera positiva hasta finalizar el proceso ya que los resultados tuvieron una Variabilidad entre 4.7 hasta 3.5 como pH final.

Figura 17

Control de conteo de microorganismos de inicio a fin de la fermentación en finca InterAgro S.A.



### **10.3.2. Establecimiento de condiciones de fermentación**

Fermentación aeróbica o anaeróbica: Dependiendo del perfil de sabor que se busque, se puede optar por la fermentación aeróbica (con oxígeno) o anaeróbica (sin oxígeno). La elección del método afecta la duración de la fermentación. En muchos casos, la fermentación anaeróbica prolonga los tiempos, pero genera perfiles de sabor más complejos.

Control de temperatura: Para evitar la sobre fermentación, la temperatura debe mantenerse entre 18-25°C, ya que temperaturas más altas aceleran la fermentación y pueden generar sabores indeseables. En climas cálidos, el proceso puede durar menos tiempo (24-36 horas), mientras que, en climas más fríos, el tiempo puede extenderse hasta 48-72 horas. Estos valores corresponden con el estudio que realizara Quintero (2015).

### **10.3.3. Evaluación sensorial de cada lote**

Cata después de cada fermentación: Una vez completada la fermentación y el secado, se tuestan muestras de cada lote para realizar una cata. Se debe evaluar cómo el tiempo de fermentación ha afectado las características organolépticas (acidez, dulzura, cuerpo, sabor y aroma).

Análisis comparativo: Comparar los perfiles sensoriales obtenidos con los tiempos de fermentación utilizados. Los lotes que tengan un balance óptimo en dulzura, acidez y complejidad de sabor son indicativos de un tiempo adecuado de fermentación.

### **10.3.4. Determinación del tiempo estándar**

Identificación del tiempo óptimo: A partir de las pruebas piloto y catas, se selecciona el tiempo de fermentación que produce los mejores resultados en términos de calidad. Este tiempo se convertirá en el estándar de fermentación controlada en la finca.

Ajustes según condiciones ambientales: Es importante tener en cuenta que el tiempo estándar puede variar ligeramente según las condiciones climáticas, por lo que se deben hacer ajustes menores según la temporada o la altitud de la finca.

A continuación, se describen los tiempos óptimos y el tiempo estándar de las etapas del proceso fermentativo.

*Tabla 5*

*Determinación de tiempo estándar en la preparación del cultivo*

<b>Etapa</b>	<b>Tiempo óptimo</b>	<b>Tiempo estándar</b>
Inoculación del cultivo	0.083	0.067- 0.1
Cultivo de microorganismos	336	336-360
Lavado del cultivo	0.17	0.13 - 0.17
Introducción en reactor	0.033	0.033 – 0.05
Mezclado en salmuera	0.33	0.25 – 0.33 min
Reposo		
<b>Total, tiempo horas</b>	<b>336.616</b>	<b>336.48 – 360.65</b>

También se llevó registro del tiempo en el proceso productivo, en la siguiente tabla se muestra el resultado.

*Tabla 6*

*Determinación de tiempo estándar en el proceso de fermentación del café*

<b>Etapa</b>	<b>Tiempo óptimo</b>	<b>Tiempo estándar</b>
Recepción de materia prima	0.033	0.033 – 0.05
Selección y Lavado	0.17	0.13 - 0.17
Transporte	0.017	0.017
Recepción del café en InterAgro	0.083	0.083
Alimentación en Biorreactor	0.17	0.17 – 0.25
Fermentado	66	65 - 66
Lavado	0.33	0.33 – 0.42
Despulpado Mecánico	1	1
Secado	504	168-504
Reposo y Almacenamiento	56	48 a 72
<b>Total tiempo horas</b>	<b>627.803</b>	<b>282.763 – 643.99</b>

El total del tiempo que requiere el proceso de la fermentación controlada del café de 7 días en temperatura ambiente y 7 días en frío para detener el crecimiento de Microorganismos, así mismo el tiempo de fermentación dentro del biorreactor de 66 horas y, el tiempo de secado luego de la fermentación oscila entre 7 a 21 días hasta obtener un nivel de humedad de un 10% a 12% y un reposo mínimo de 48 a 72 horas.

### **10.3.5. Ajustes según el perfil deseado**

De acuerdo con lo observado en la finca InterAgro S.A., el proceso de fermentación controlada se ajusta para obtener el perfil de sabor deseado, dependiendo del mercado al que se oriente el café (local, internacional, especialidad, etc.). La finca puede experimentar con diferentes tiempos de fermentación, temperaturas o técnicas para resaltar características específicas.

### **10.3.6. Repetición y validación del proceso**

Consistencia en los resultados: El siguiente paso es replicar el proceso de fermentación utilizando el tiempo estándar determinado en varios lotes de café para validar que el perfil sensorial obtenido sea consistente.

Evaluación continua: En cada temporada, realizar pequeñas pruebas para ajustar el tiempo estándar si las condiciones de producción han cambiado, con el fin de mantener un café de alta calidad.

### **10.3.7. Preparación para la Tasa de la Excelencia**

Optimización final del perfil sensorial: Según lo mencionado por López Arteta (2024) en la entrevista facilitada, menciona que una vez establecido el tiempo estándar, se debe realizar un afinamiento en los demás pasos del procesamiento del café, como el secado y el almacenamiento, para que el grano conserve el perfil sensorial desarrollado durante la fermentación.

Selección de lotes para la competencia: Se seleccionan los lotes que mejor representan el perfil de calidad alcanzado con el tiempo estándar de fermentación. Los lotes más equilibrados y con sabores únicos, que ofrezcan acidez limpia, dulzura pronunciada y complejidad aromática, son los más aptos para participar en la Tasa de la Excelencia.

### **10.3.8. Documentación del proceso**

Registro de parámetros: Tal como lo menciona González Montero (2022), es fundamental llevar un registro detallado de los tiempos de fermentación, temperatura, pH y resultados

de las catas, para documentar de manera precisa el método que se utiliza en la finca. Esta documentación no solo asegura la repetibilidad del proceso, sino que también es útil durante la evaluación para la competencia.

### **10.3.9. Certamen 2024 de tasa de la excelencia en Nicaragua**

En el certamen de la tasa de la excelencia de 2024. Se entregaron dos muestras en la ciudad de Ocotlán el día 04 de abril con Pesos netos de 3.00 kg ambas muestras, una de ellas con humedad de 9.5% y la otra con 11.0%. Las dos de la variedad arábica Java Honey con una altura de 1400 metros sobre el nivel del mar.

Obteniendo así una puntuación de catación de 87.75 faltando 0.25 en el puntaje para pasar a la segunda ronda donde se encuentran los primeros 100 productores.

## 11. Conclusiones

El proceso de fermentación controlada implementado en Finca InterAgro S.A. desde la recepción del grano en cereza hasta la obtención del grano en pergamino permitió optimizar la calidad del café al aplicar un manejo preciso en cada etapa. Comenzando con la recepción y selección del grano en cereza, se asegura que solo los frutos maduros y de alta calidad ingresen al proceso. El despulpado y clasificación de los granos permitió eliminar impurezas y homogeneizar el material, preparando el café para una fermentación controlada eficiente.

En la etapa de fermentación controlada, la regulación de factores como la temperatura, de en un rango de 22° C a 25° C el tiempo y el pH con rangos que varían de 4.7 de inicio a un 3.5 a su final que permitió maximizar la producción de compuestos que enriquecieron el perfil sensorial del café, controlando al mismo tiempo el crecimiento de microorganismos no deseados (Hongos aspergillus). Finalmente, el lavado y secado del grano hasta alcanzar el estado de pergamino garantizó una calidad estable y una consistencia en el producto final, preservando los atributos sensoriales adquiridos durante la fermentación.

Esta descripción detallada de las etapas demuestra cómo el control cuidadoso y la estandarización del proceso de fermentación contribuyen a cumplir con los altos estándares de calidad requeridos para alcanzar clasificaciones en el certamen de la Tasa de la Excelencia, permitiendo que el café de Finca InterAgro S.A. se destaque en el mercado de café especiales.

La identificación de las características organolépticas del café en el contexto de la fermentación controlada fue necesaria para comprender y potenciar los atributos sensoriales deseados en el producto final. A través del análisis de las propiedades como acidez, dulzura, cuerpo, aroma y notas específicas (florales, frutales, especiadas, entre otras), se logró establecer un perfil sensorial que orienta el diseño y control del proceso de fermentación en Finca InterAgro S.A.

El conocimiento detallado de estas características permitió seleccionar y ajustar parámetros de fermentación (como temperatura, tiempo y microorganismos específicos) de tal manera que potencio la expresión de los atributos más valorados en el café de especialidad. Esta identificación y control no solo contribuyó a obtener un café de alta

calidad, sino que también permitió alcanzar consistencia en cada lote, lo cual es fundamental para destacarse en un certamen como la Tasa de la Excelencia.

El establecimiento de un tiempo estándar para la fermentación controlada en Finca InterAgro S.A. Con un tiempo de inicio correspondiente al cultivo de microorganismos, de 7 días en temperatura ambiente y 7 días en frío para detener el crecimiento de Microorganismos, así mismo el tiempo de fermentación dentro del biorreactor de 66 horas y, el tiempo de secado luego de la fermentación oscila entre 7 a 21 días hasta obtener un nivel de humedad de un 10% a 12% y un reposo mínimo de 48 a 72 horas. Esto Demostró ser fundamental para optimizar los factores de calidad del café destinado a participar en la tasa de la excelencia.

A través de pruebas y análisis de fermentación en diferentes condiciones temporales, se ha determinado un tiempo óptimo que permite un desarrollo balanceado de compuestos que intensifican las características organolépticas necesarias, como acidez brillante, dulzura equilibrada y notas aromáticas complejas.

Este tiempo estándar no solo maximizó el perfil sensorial del café, sino que también contribuyó a una mayor consistencia y predictibilidad en la calidad de cada lote. Al establecer un protocolo temporal claro, el proceso de fermentación se volvió replicable y controlado, lo cual fue esencial para cumplir con los exigentes estándares de la tasa de la excelencia y posicionar el café de Finca InterAgro S.A. en el mercado de alta gama.

De esta manera se verifica el supuesto de investigación planteado en este estudio, lográndose establecimiento de una línea de fermentación efectiva para obtener la calidad del grano oro, a través de la propuesta de estandarización en el proceso de fermentación controlada de café.

## **12. Recomendaciones**

El proceso de la fermentación controlada de café es de suma importancia para los productores de este grano, ya que puede abrir puertas tanto en el mercado nacional como internacional, este proceso hace que las características organolépticas de este producto se realcen de tal manera que se convierta de un café especial a un café presidencial si así se desea y se lleva a cabo con éxito este proceso.

En función a los aspectos de la investigación que no se pudieron abordar por efectos de tiempo consideramos relevante que otras personas interesadas en el tema de la fermentación controlada de café en finca InterAgro S.A. Den continuidad a los efectos variables ambientales ya que mejorar estos factores permitirán diseñar estrategias relativas en la temperatura, humedad, y altitud de la fermentación para dar calidad al producto final y de esa manera mitigar las variaciones causadas por condiciones climáticas.

Al igual que evaluar la consistencia de los lotes procesados a gran escala y de esta manera facilitar la expansión del café de la finca a nuevos mercados

### 13. Referencias y bibliografía

Borém, F. M. (2014). *Post-harvest technology of coffee*. Obtenido de post-harvest technology of coffee: <https://doi.org/10.1016/j.agrev.2019.01.008>

Coffee Quality Intitute. (2021). *Coffee Quality Institute (CQI) Post-harvest Processing*. Obtenido de <https://www.coffeeinstitute.org/>

Córdova, D. D. (11 de 04 de 2018). *renati*. Obtenido de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2907652>

COUOH, F. E. (16 de 11 de 2021). *digital*. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52218/MayCoughFelipe.pdf?sequence=1>

Díaz, R. (2015). *scielo*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75262015000100003&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75262015000100003&script=sci_arttext)

Gómez Posada, S. (14 de marzo de 2024). *Fermentación del café: El secreto de la calidad en taza*. Obtenido de quecafe.info: <https://quecafe.info/fermentacion-del-cafe-calidad-en-taza/>

González Montero, V. (2022). *Repositorio bibliográfico de la Universidad de Antioquia*. Recuperado el 2024, de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26469/2/Gonza%CC%81lezValentina\\_2022\\_EstudioRelacio%CC%81nProcesos.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/26469/2/Gonza%CC%81lezValentina_2022_EstudioRelacio%CC%81nProcesos.pdf)

Guevara., L. A. (02 de 2020). *Repositorio UNAN MANAGUA*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/16966/1/16966.pdf>

Harrington. (1991). *The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*.

Hendon, D. C. (2015). *University of Bath, focusing on the optimization of coffee fermentation processes*. Obtenido de <https://www.baristamagazine.com/professor-chris-hendon-simplifies-coffee-with-science/>

MENDOZA, M. J. (27 de 02 de 2017). *Repositorio UNAN MANAGUA*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/4373/1/96867.pdf>

Narloch, U., & Moutinho, G. (2018). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Obtenido de *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: <https://doi.org/10.1021/jafc.8b01164>

Paz, B. (2023). *Innovative Practices in Controlled Coffee Fermentation". Specialty Coffee Journal*. Obtenido de <https://www.specialtycoffeejournal.com>

Sampieri, R. H. (2014). *McGraw-Hill Education*. Obtenido de McGraw-Hill Education: <https://www.mheducation.com.co/metodologia-de-la-investigacion-9786071520319-col>

Santos, & Lima. (2019). *Agricultural scienses Riview*. Obtenido de *Agricultural scienses Riview*: <https://doi.org/10.1016/j.agrev.2019.01.008>

Sarmiento, R. C. (23 de 04 de 2018). *Docplayer*. Obtenido de <https://docplayer.es/107701751-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-medicas-carrera-de-obstetricia.html>

Silva, L. P. (2004). *Estudio de protocolo de estandarización en el proceso de la fermentación controlada del café*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6921>.

Silva, M., & Días, R. (2018). *International Journal of Food Science and Technology*, Obtenido de *International Journal of Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1111/ijfs.13750>

Solis, L. (2020). *Fermentation Science and Café Quality: An Interview with Lucia Solís". Interview by Coffee Geek Magazine*. Obtenido de <https://www.coffeegeek.com>

Velázquez, P. (2017). *Resista científica del café*. Obtenido de *Revista cintica del café*: <https://doi.org/10.25186/cs.journal.2017.v.12.122>

## 14. Anexos

### Anexo 14.1. Preparación de la planta para fermentación

Preparacion de planta para fermentacion controlada de café en Finca InterAgro S.A.				
Aspectos a evaluar	Si	No	H/Min	Observaciones
Desinfeccion y lavado de planta y bioreactores antes de la fermentación	X		07:00 a. m.	Se desinfectó y se lavó la planta y los bioreactes antes y despues de la fermentación
Hora de inicio			08:00 a. m.	Se registró el tiempo de inicio a fin durante la fermentación y asi poder controlar el tiempo total
Dia de carga al Bioreactor	X		08:15 a. m.	Se agregaroín 130 Kg de café, 70Lt de agua desinfectada, 7 lt de aislamiento, luego se selló por completo el bioreactor
Tomas de muestras	X		09:20 a.m. 3.30 p.m.	Se realizarón dos pruebas por cada bioreactor diariamente por cada uno de los 5 bioreactores
Dia de descarga del Bioreactor	X		10:30 a.m.	La descarga se llevo a acabo cuanto el tiempo establecido culmino y se descargo en cajillas desinfectadas
Despulpado	X		11:00.a.m	de manera manual se despulpo el café luego de la fermentacion
secado	X		2:00 p.m	Llevamos a secar el café en camas africanas dentro de un invernadeo
Totado	X		9:00 A.m.	Jeoge lagos lo llevo a tostar en arabigos Finos de Nicaragua
Reposo	X		3:00 p.m.	Se llevo a reposar en bolsas especiales en polines

## Anexo 14.2. Control de todas las fermentaciones pH y conteo de microorganismosa

N° Fermentación	Fecha de cura	Fecha de descur	Cantidad de Café (kg)	Cantidad de agua desinfectada	Cantidad de aislamiento	pH Inicio	pH final	Conteo de Bacterias Inicio	Conteo de Bacterias Final	Horas Total
F1	31/01/2024	03/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.5	4	12,850,000 Cel/ml Aprox	13,270,000 Cel/ml Aprox	
F2	07/02/2024	10/02/2024	130	70 Litros	8 Litros	4.6	4.1	12,290,000 Cel/ml Aprox	12,500,000 Cel/ml Aprox	
F3	12/02/2024	15/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.7	4.1	12,530,000 Cel/ml Aprox	12,700,000 Cel/ml Aprox	
F4	13/02/2024	16/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.5	3.7	12,550,000 Cel/ml Aprox	13,225,000 Cel/ml Aprox	
F5	14/02/2024	17/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.5	3.8	12,300,000 Cel/ml Aprox	12,600,000 Cel/ml Aprox	
F6	16/02/2024	19/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.3	3.8	12,500,000 Cel/ml Aprox	13,220,000 Cel/ml Aprox	
F7	16/02/2024	19/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.4	3.7	12,730,000 Cel/ml Aprox	13,325,000 Cel/ml Aprox	
F8	19/02/2024	22/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.5	3.9	12,500,000 Cel/ml Aprox	13,350,000 Cel/ml Aprox	
F9	20/02/2024	22/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.6	3.8	12,200,000 Cel/ml Aprox	13,220,000 Cel/ml Aprox	
F10	23/02/2024	23/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.4	3.7	12,600,000 Cel/ml Aprox	13,330,000 Cel/ml Aprox	
F11	23/02/2024	26/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.7	3.8	12,660,000 Cel/ml Aprox	13,345,000 Cel/ml Aprox	
F12	26/02/2024	26/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.5	3.9	12,800,000 Cel/ml Aprox	13,350,000 Cel/ml Aprox	
F13	26/02/2024	29/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.4	3.8	12,910,000 Cel/ml Aprox	13,360,000 Cel/ml Aprox	
F14	28/02/2024	29/02/2024	130	70 Litros	7 Litros	4.3	3.7	12,900,000 Cel/ml Aprox	13,355,000 Cel/ml Aprox	
F15	28/02/2022	02/03/2024	130	70 Litros	6 Litros	4.5	3.8	12,460,000 Cel/ml Aprox	13,250,000 Cel/ml Aprox	

## Anexo 14.3. Observaciones de muestra fresca en microscopio

Observaciones de Muestra en Microscopio				
Muestra	Fecha	Hora	Dia	PH
1	18/01/2024	08:45 a.m.		5.2
2	19/01/2024	11:15 a. m.		3.6
3	20/01/2024	10:00 a. m.		3.3
No Se Tomo Muestra Dia 4				4
4	22/01/2024	03:30 p. m.		3.2
5	23/01/2024	11:30 a. m.		3.5
6	24/01/2024	10:35 a. m.		NOPC
Se tomo una muestra antes de entrar a cuarto frio a las 3:50 Pm e ingresando aislamiento a las 4:00 pm				
Nota: Conteo de la muestra de 654 x 10:000 Total: 6,540,000 cel/ml Aprox				

La Asociación de Café Especial de América Panamericana de Cultivos

Nombre: Dora No. Ced: 053374

Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (msn)	Variedad (s)	Procesamiento	Estado	Observaciones
05	1.5	1400	Java	Honey	85-86	N
06	1.5	1400	Java	Honey	79.5	Fondo
07	1.5	1400	Java	Honey	82	copiam

**Taza de Excelencia - Nicaragua 2024**

RECIBO DE RECEPCIÓN DE MUESTRA DE CAFÉ N° **0159**

Propietario Muestra: Erick José López Arrieta No. Ced: 161-050577-0000A

Procedencia Departamento: Jinotega Municipio: La Concordia

Nombre de Finca: La Vanguardia Altura: 1400 msn. Variedad (s): Java

Honey Peso Kg: 3.00 % Humedad: 11.0

Lugar y fecha entrega: Dotal 04/04/2024

Entregué Conforme Recibi Conforme

Nombre: \_\_\_\_\_



**Taza de Excelencia - Nicaragua 2024**

RECIBO DE RECEPCIÓN DE MUESTRA DE CAFÉ N° **0160**

Propietario Muestra: Diana Isabel Gutiérrez Velásquez No. Ced: 161-080474-0002T

Procedencia Departamento: Jinotega Municipio: La Concordia

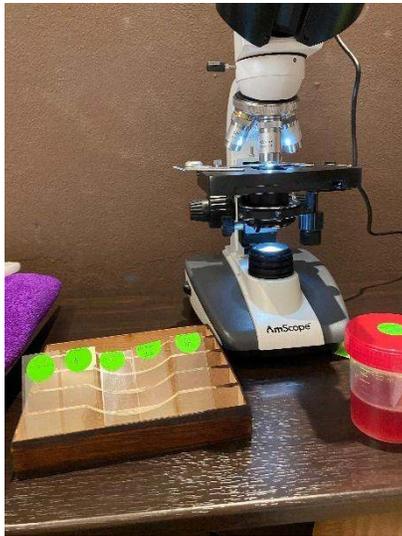
Nombre de Finca: Los Príncipes Altura: 1350 msn. Variedad (s): Java

Honey Peso Kg: 3.00 % Humedad: 9.5

Lugar y fecha entrega: Dotal 04/04/2020

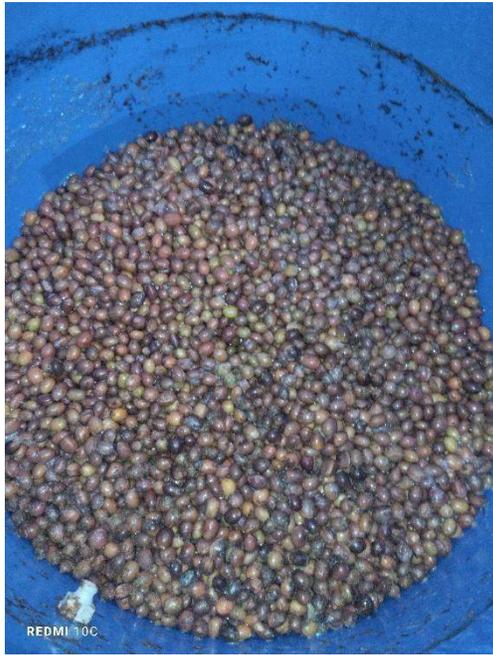
Entregué Conforme Recibi Conforme

Nombre: \_\_\_\_\_





Último día de la fermentación en el biorreactor



Último día de la fermentación en el biorreactor



Café fermentado tueste medio



Figura 40 Café fermentado Tostado medio oscuro





*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



