

**MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA
Y FORESTAL**

DIRECCIÓN NACIONAL DE INNOVACIÓN

PROYECTO:

**“DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL CACAO”**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PROTOTIPOS DE FERMENTACIÓN
EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL
GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) CULTIVADO EN EL
MUNICIPIO DE PALOS BLANCOS**

**LA PAZ – BOLIVIA
2024**



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	7
3.1. Objetivo General.....	7
3.2. Objetivos Específicos	7
4. HIPÓTESIS.....	8
4.1. Hipótesis Nula.....	8
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	8
5.1. Importancia	8
5.2. Clasificación taxonómica del cacao	9
5.3. Descripción botánica del cultivo de cacao.....	9
5.3.1. Sistema Radicular.....	9
5.3.2. Tallo y Ramas	10
5.3.3. Hojas	10
5.3.4. Flor	11
5.3.5. El Fruto	11
5.3.6. La Semilla	11
5.4. Grado de fermentación de las almendras de cacao.....	11
5.4.1. Almendras de color marrón o café.....	11
5.4.2. Almendra marrón o violeta	12
5.4.3. Almendras violetas.....	12
5.4.4. Almendras pizarrosas (de color gris).....	12
5.4.5. Beneficio de la Post-cosecha	12
5.4.6. Fermentación del cacao	12
5.4.7. Remoción de masa	13
5.4.8. Microorganismos	13
5.4.9. Temperatura en la Fermentación	14
5.5. Tipos de fermentado.....	14
5.5.1. Cajones de madera a nivel	14
5.5.2. Cajones de madera tipo escalera	15
5.5.3. Bandejas o sistemas Rohan	15
5.5.4. Sacos	15
5.5.5. Cajones de madera modificado	16
5.6. Secado.....	16
5.6.1 Tipos de Secado	17
5.6.2. Selección de Granos.....	18
5.6.3 Calidad del Grano de Cacao	19
5.6.4 Características que debe cumplir los granos de cacao	21
5.6.5 Pruebas de Calidad	23
5.6.6 Calidad física del grano	24
5.6.7. Calidad organoléptica del grano	24
5.6.8 Sabor y aroma	25
5.6.9 Almacenamiento	27





6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
6.1. Ubicación geográfica.....	28
6.2. Características climáticas.....	29
6.3. Vegetación.....	30
6.4. Suelos.....	31
6.5. Lugar donde se realizará la investigación.....	32
6.6. Materiales de Campo.....	32
6.6.1. Material biológico.....	32
6.6.2. Material de campo.....	32
6.6.3. Material de gabinete.....	32
6.7. Diseño del ensayo.....	33
6.7.1. Modelo lineal.....	33
6.7.2. Croquis del Experimento.....	34
6.8. Procedimiento experimental.....	35
6.9. Variables de respuesta.....	39
7. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	43
7.1.1. Grados Brix.....	44
7.1.2. Temperatura.....	45
8. ANÁLISIS DE ECONÓMICO.....	53
9. CONCLUSIONES.....	54
10. RECOMENDACIÓN.....	55
11. BIBLIOGRAFÍA.....	57
12. ANEXO.....	61





ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao	9
Tabla 2. Defectos Comunes de granos de cacao comercial.....	20
Tabla 3. Normas de calidad de EL CEIBO para el cacao fermentado seco	21
Tabla 4. Tipos de granos defectuosos	22
Tabla 5. Diferencia entre cacao bien fermentado y mal fermentado	22
Tabla 6. Datos de localización del estudio	29
Tabla 7. Clasificación de cacao en grano	43
Tabla 8. Análisis estadístico (Grados brix, Temperatura y ph)	44
Tabla 9. Mortalidad del embrión	48
Tabla 10. Grado de fermentado	49
Tabla 11. Prueba de corte	50
Tabla 12. Clasificación del grano	51
Tabla 13. Calidad organoléptica	52
Tabla 14. Análisis económico	54

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Innovación Tecnológica de San Miguel de Huachi	29
Figura 2. °C	30
Figura 3. A) Cosecha de cacao maduro B) Desconchado de cacao	35
Figura 4. A) Caja modificada B) Pesaje de cacao húmedo	36
Figura 5. A) Toma de datos de temperatura B) Toma de datos grados Brix	36
Figura 6. A) Cubierta con hule B) Prueba de corte	37
Figura 7. A) Volteo B) Remoción	37
Figura 8. Medición de pH	38
Figura 9. Pérdida del dulzor del grano de cacao	44
Figura 10. Pérdida del dulzor del grano de cacao - Grados Brix	45
Figura 11. Promedio de temperatura	45
Figura 12. Promedio de Temperatura	46
Figura 13. Ph del grano de cacao	46
Figura 14. Ph de cacao	47
Figura 15. Mortalidad del embrión	48
Figura 16. Grado de fermentado	49
Figura 17. Análisis de calidad de grano de cacao	50
Figura 18. Clasificación del grano	51





RESUMEN

El presente trabajo de investigación se implementó en las instalaciones del Centro de Innovación Tecnológica de cacao (CITCAO), en el Distrito de San Miguel de Huachi, municipio de Palos Blancos, departamento de La Paz, con el objetivo de identificar alternativas tecnológicas en el uso de prototipos de fermentadoras para obtener las mejores características físicas y organolépticas del grano de cacao (*Thebroma cacao* L.), con caja fermentadora modificada, caja fermentadora simple y yute. El ensayo se condujo bajo un diseño completo al azar (DCA) con 3 tratamientos las cuales fueron: saco de yute (T1), caja fermentadora simple (T2) y caja fermentadora modificada (T3) con cinco repeticiones. Se evaluaron las siguientes variables de respuesta: Medición de la temperatura, medición de pH, Calidad de grano (Prueba de corte), calidad del grano seco y calidad organoléptica, con una duración de 20 días de trabajo de campo. Los resultados obtenidos muestran que los prototipos de caja fermentadora tienen influencia en las características físicas y organolépticas del grano de cacao, con niveles de significancia alto, donde se estableció que el mejor tratamiento es de la caja modificada seguido de la caja simple y finalmente del saco de yute. En relación al análisis económico se determinó que el costo total para cada uno de los tratamientos T0, T1 y T2 es de Bs.- 415,00; Bs.- 700,00 y Bs.- 1100,00 respectivamente. Los mayores ingresos los reportó el tratamiento T2 con Bs.- 3072,00. La mayor utilidad neta y relación beneficio/costo se ubicó en el tratamiento, T0 con Bs.- 3,81, seguido del tratamiento T2 con Bs.- -0,19 y finalmente el T2 con una utilidad neta de Bs.- 0,62. Mencionar que las cajas fermentadoras tienen una vida útil de 5 años a comparación del saco de yute, también se observa mejores características físicas y organolépticas en la caja fermentadora modificada.

Palabras claves: Fermentado, Grados Brix, Pizarroso y Calidad



1. INTRODUCCIÓN

El cacao constituye la materia prima para la elaboración de todo tipo de chocolates, cabe resaltar que la calidad sensorial del producto está ligado al proceso de fermentación y secado que son importantes y determinantes para obtener granos de cacao secos de buena calidad y que resalten las buenas características organolépticas (color, aroma y sabor). Durante la etapa de fermentación la pulpa que encierra las semillas de cacao es metabolizada por microorganismos que generan la producción de etanol, ácido láctico y acético para que sean absorbidos por las semillas, acción que provoca cambios fisicoquímicos responsables de la acidez, astringencia, amargor y aroma final. (Infocacao, 2017).

Las características organolépticas propias del cacao nacional en grano favorecen para obtener mejores precios en el mercado, esto implica que las condiciones de calidad del producto, referentes al sabor, y olor característico, sean reconocidas en el mercado mundial (J. Granda, 2012)

Este trabajo de investigación pretende mejorar los protocolos de fermentación en base al control de los parámetros de temperatura, humedad, pH, etc., con la finalidad de obtener el producto con buena calidad requerida en el mercado. El mercado internacional exige que el cacao como materia prima para la industrialización tenga una alta calidad, definida por las características organolépticas.

2. JUSTIFICACIÓN

La región del Alto Beni se constituye en la región con mayor superficie de cacao cultivado y por ende con la mayor producción del País, anualmente la producción promedio es de 2100 t (EI CEIBO, 2015).





En la etapa del fermentado la mayor dificultad que presentan los encargados de la planta beneficiadora es el control de temperatura de la masa del cacao, en tal sentido se quiere evaluar el uso de técnicas y materiales que permitan conservar la temperatura de fermentación, con cajas fermentadoras modificadas y caja testigo (productor), con el propósito de valorar cual es adecuado para evitar los cambios bruscos de la temperatura. Debido a la dinámica económica producida por la demanda creciente de cacao en los mercados externos, resulta de gran importancia la producción de cacao y beneficiado, por ello es de interés desarrollar alternativas que le permitan la mejora de la calidad del grano, en lo que respecta al proceso de beneficio de la almendra de cacao.

El presente trabajo se realizó en el mes de julio por factores de producción del cacao, mencionar que este año la producción de cacao se retrasó, teniendo en algunos sectores mazorcas amarillas en el mes de junio, sin embargo, el pico de producción de cacao fue en el mes de junio e inicios de julio.

3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos prototipos de fermentadoras para obtener las mejores características físicas y organolépticas del grano de cacao en el municipio de Palos Blancos.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer la temperatura y pH de la masa de cacao de los dos prototipos de fermentado para la obtención de granos con el mejor grado de fermentación.





- Determinar la calidad física y organoléptica del grano de cacao durante el proceso de fermentación
- Establecer los costos operativos de los dos diferentes prototipos de fermentado

4. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis Nula

Ho: no existen diferencias significativas en la calidad física y organoléptica de los granos de cacao obtenidos en los prototipos de fermentadoras.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. Importancia

El cacao constituye una alternativa económica para amplios sectores de la población boliviana. En la región de Alto Beni, liderada por la Central de Cooperativas EL CEIBO R.L, se han consolidado canales de exportación muy importantes, en los últimos años de oferta de cacao orgánico se incrementó notablemente, lo que le da una ventaja comparativa enorme en los mercados más exigentes del mundo (Bazoberry y Salazar, 2009).

Actualmente la totalidad del cacao certificado producido en el Alto Beni es comercializada por la Central de Cooperativas de EL CEIBO (unas 300 toneladas anuales, 4% de la producción total del país). Los productores no asociados venden sus producciones orgánicas a precio de cacao convencional al no contar la certificación orgánica. Este cacao producido se comercializa a través de 50 intermediarios que venden su cacao orgánico a precio de cacao convencional a varias industrias nacionales (El Alto, Breik, Condor, y otras 10 fábricas pequeñas en La Paz, Taboaba en Sucre) (Somarriba, 2002)

A





La calidad del cacao no mejora después de haber salido de la finca. Por lo general el agricultor no recibe información retroactiva del mercado, especialmente en lo que se refiere en la calidad, existen ciertos elementos de la calidad donde el agricultor tiene poca influencia, se trata del contenido graso de la almendra y ciertas características del sabor.

5.2. Clasificación taxonómica del cacao

Motamayor (2006), señalan que el cacao pertenece a la:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao

División:	Magnoliophyta
División:	Magnoliophyta
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Malvales
Familia:	Sterculiaceae
Género:	Theobroma
Especie:	Theobroma cacao L.

5.3. Descripción botánica del cultivo de cacao

5.3.1. Sistema Radicular

La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo. En suelos profundos bien aireados su crecimiento puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad; en suelos pedregosos su crecimiento es tortuoso. Cuando el suelo es de una estructura granular uniforme y de textura arcillosa, la raíz crece erecta (Batista, 2006).

La planta de cacao originada de una semilla posee un sistema radicular compuesto por una raíz principal pivotante de la cual nacen numerosas raíces secundarias, esta busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos. Estas son más numerosas en





los 30 primeros centímetros donde forman una densa red de raicillas en la superficie del suelo, la cual se ve favorecida por una capa de materia orgánica en descomposición que la protege de la radiación directa, y de la erosión superficial (PIAF – EL CEIBO, 2015).

5.3.2. Tallo y Ramas

Estrada (2011), indica que las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta.

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar de 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta (PIAF – EL CEIBO, 2015).

5.3.3. Hojas

Las hojas adultas son de color verde, de lámina simple, entera de forma que va desde lanceoladas o casi ovaladas, con una nervadura pinnada y ambas superficies glabras (Estrada *et al.*, 2011).

Las hojas cuando jóvenes son muy delicadas por lo que son apetecidas por los insectos y dañadas por el viento poseen un color verde pálido y al alcanzar su madurez hacen el cambio de color (PIAF- EL CEIBO, 2015).

[Handwritten signature]





5.3.4. Flor

La flor del cacao es hermafrodita es decir cuenta con ambos sexos, su polinización es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. Al día siguiente en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad (PIAF – EL CEIBO, 2015).

5.3.5. El Fruto

La longitud del fruto puede variar de 7 a 17 cm en cacao nativo silvestre, mientras en cacao cultivado esta entre 15 a 31 cm con un peso promedio que oscila entre 0,70 a 1010 g (July, 2007).

El fruto es conocido botánicamente como una drupa; pero generalmente se le conoce como mazorca, carnosa oblonga a ovada amarilla o purpúrea de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso (PIAF –EL CEIBO, 2015).

5.3.6. La Semilla

La semilla o almendra de cacao está cubierta por una pulpa ácida llamada arilo o mucílago. En una mazorca de cacao amazónico boliviano se encuentran en promedio de 38 a 51 semillas unidas a un eje central denominado placenta (July, 2007).

5.4. Grado de fermentación de las almendras de cacao

5.4.1. Almendras de color marrón o café

Poseen una fermentación muy completa, los ácidos han matado al embrión y a las vacuolas de pigmentación, estas almendras son muy hinchadas y se separan fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptima para elaborar chocolates gourmet (Kerly y Diego, 2023)



5.4.2. Almendra marrón o violeta

Indican una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado y una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es regular pero aprovechable para producir chocolate (Kerly y Diego, 2023)

5.4.3. Almendras violetas

Son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido (Kerly y Diego, 2023)

5.4.4. Almendras pizarrosas (de color gris)

Presentan un aspecto compacto de color gris negruzco, lo cual indica ningún efecto de fermentación, por lo que desarrollan sabores amargos y astringentes (Kerly y Diego, 2023)

5.4.5. Beneficio de la Post-cosecha

El beneficio post-cosecha en cacao inicia con la cosecha o recolección de los frutos, los cuales son denominados comúnmente como mazorcas. En sí, el beneficio post-cosecha es un proceso que se puede dividir en tres etapas: fermentación, secado y almacenamiento. En su conjunto, este proceso genera información complementaria a los de evaluación agronómica, sanitaria y productiva lo que permitirá describir las propiedades particulares de los diferentes genotipos bajo evaluación (Kerly y Diego, 2023)

5.4.6. Fermentación del cacao

La fermentación de los granos de cacao es la fase más importante en el desarrollo del aroma y sabor final del chocolate. Los compuestos químicos vinculados a la calidad





sensorial son de origen térmico y sufren transformaciones durante la fermentación. El método de fermentación empleado juega un papel esencial en el sabor y aroma. Primero debe ocurrir la fermentación microbiana que colabora en la eliminación de la pulpa mucilaginosa que recubre los granos, luego ocurren un conjunto de reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que demandan la remoción oportuna y eficiente de la masa fermentante. La fermentación del grano de cacao se produce cuando los alcoholes se combinan con ácidos, el pH y la temperatura sufre cambios pausados y la humedad comienza a disminuir de forma lenta, esto permite que el embrión muera y el sabor amargo disminuya por la pérdida de teobromina, generándose un sabor y aroma más pronunciado a chocolate (Kerly y Diego, 2023)

5.4.7. Remoción de masa

La remoción de la masa es muy importante y se la debe realizar cada 48h, con la finalidad de homogenizar, airear y ayudar a elevar la temperatura de la masa en fermentación. Las almendras deben permanecer sin ser removidas, durante las primeras 36 horas, tiempo que dura la fase de fermentación anaeróbica; luego, es necesario voltear la masa de cacao diariamente, es decir, cada 24 horas, para permitir la liberación del CO₂ generado en el proceso y que su lugar sea ocupado por aire con oxígeno que garantice el proceso de oxidación. Con los volteos se logra una fermentación uniforme entre los granos, siendo ello garantía para obtener un producto con aroma, color y sabor a chocolate, ya que en ese estado se promueve la formación de los precursores de tales características (Kerly y Diego, 2023)

5.4.8. Microorganismos

Durante la primera fase de la fermentación actúan las levaduras, luego se desarrollan las bacterias lácticas y las bacterias acéticas. Las primeras en desarrollarse son las



levaduras, gracias a las condiciones iniciales en la pulpa del grano de cacao como el ambiente anaeróbico y el bajo nivel de pH (Kerly y Diego, 2023)

5.4.9. Temperatura en la Fermentación

Durante los primeros días de fermentación la temperatura llega hasta los 45-50° C; después de la primera remoción es normal este proceso, luego empieza a descender lentamente y vuelve a subir cuando se realiza la segunda remoción, llegando al final a subir hasta los 48 - 50° C. Se considera que durante la fermentación la temperatura de la masa puede subir hasta 50° C aproximadamente, lo cual se consigue en montones en los cajones, considerando que los embriones mueren cuando la temperatura llega a los 45° C, y en ese momento se marca el inicio de los cambios bioquímicos que luego darán el sabor y aroma a chocolate (Kerly y Diego, 2023)

5.5. Tipos de fermentado

5.5.1. Cajones de madera a nivel

Los cajones se construyen con tablones de maderas finas, preferentemente blancas, resistentes a la humedad tales como el cedro, nogal, laurel, que no desprendan sustancias extrañas, como por ejemplo los taninos, que interfieren con la calidad final del cacao (Bravo y Mingo 2011).

El cajón, debe descansar sobre soportes separados del suelo a una altura aproximada de 0.2 m colocados de tal forma que permitan operatividad en el sistema. Las dimensiones de los cajones varían de acuerdo a la producción del predio y se sugiere de (0.60 x 0.60 x 0.60) m o (1.0 x 1.0 x 1.0) m dependiendo del volumen de producción de cada plantación (Bravo y Mingo 2011).





5.5.2. Cajones de madera tipo escalera

Estos tipos están formados por una o varias series de tres cajones de madera, colocados a diferentes niveles formando una escalera (Palacios 2008).

Según Martínez (2015), las dimensiones deben ser de 1 m de largo, 0.70 m de ancho y 0.65 m de profundidad. Se debe prever que el fondo de la caja tenga agujeros de 0.5 cm de diámetro con una separación de 10 cm entre ellos para permitir el escurrimiento del mucílago y la aireación. Es necesario puntualizar, que el cacao recién cosechado se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción (a las 24 horas), la masa se vierte en el cajón inmediatamente inferior mediante la apertura de la puerta móvil. Luego de transcurrido igual tiempo la masa se vierte al cajón inferior. Este procedimiento propicia la aireación de la masa, condición que es de gran importancia para el normal desarrollo del proceso fermentativo (Bravo y Mingo 2011).

5.5.3. Bandejas o sistemas Rohan

Camillas construidas con madera y bambú (marco de madera y fondo de bambú), el fondo debe tener ranuras de 4 – 5 mm, para facilitar la salida de lixiviado. Generalmente las dimensiones de las camillas son de 1.20 m de largo, 0.85 m de ancho y 0.10 m de profundidad, para una capacidad de 65 kg de cacao fresco (Martínez 2015).

5.5.4. Sacos

Consiste en recolectar los granos en sacos de yute o polipropileno y colgarlos. Se cambia de saco cada día y medio o cada dos días. Pueden pasar en los sacos por un periodo de 4 a 6 días (Malespín 1982).

En algunas ocasiones los sacos se cuelgan, para que tengan mejor aireación y sufren menos ataques de animales que puedan causar daño al proceso, o alternatively, se





aglomeran los sacos en el piso asegurándose que el material esté fuera del alcance de vectores que le puedan producir alteraciones. Con la finalidad de que la masa fermentante se mezcle adecuadamente, el agricultor acostumbra cambiar de recipiente cada dos días, o cada día y medio. Si el recipiente se deja por más de tres días sin remover, la fermentación resulta deficiente y la mayoría de los granos en el centro del proceso quedan sin fermentar. Es importante que los sacos estén bien limpios o sean nuevos. para evitar que la calidad final del cacao se vea afectada (Bravo y Mingo 2011).

5.5.5. Cajones de madera modificado

El cajón, debe ser de madera blanca que soporte humedad, teniendo en el intermedio de las cuatro paredes un plastaformo de una pulgada de ancho. Las dimensiones de los cajones varían de acuerdo a la producción del predio y se sugiere de (0.70 x 0,80 x 1.20) m, con un grosor de 5 centímetros donde va el plastaformo. (Martínez 2015).

5.6. Secado

July (2010), indica que los granos deben secarse para reducir el contenido de humedad de 50% a 60% y cuando está seco 7 a 8 %, durante el secado se completa la fermentación y se reduce el sabor amargo, el ritmo de secado tiene una estrecha relación con el sabor y la calidad, si es muy lento se originan hongos que producen malos sabores, por lo tanto, el secado natural al sol se considera como el mejor método de secado.

El secado es la cuarta etapa que tiene por finalidad eliminar el exceso de agua, ya que el grano recién fermentado tiene más del 50% de humedad, que debe reducirse entre 7 – 8%, el secado puede ser solar o artificial, ya que se recomienda realizar la labor de





parihuelas de madera, bambú, levantados a 40 cm del suelo para evitar la evaporación de la humedad del suelo y la contaminación de los granos (ICT, 2003).

CIPCA (2007), informa que el secado es la etapa donde se elimina el exceso de humedad donde se controla la formación de hongos, los primeros días se recomienda extender los granos, manteniendo un espesor de 2 a 3 cm, esto para evitar la deshidratación, lográndose el secado entre los 5 a 6 días, obteniendo un porcentaje de humedad de 8 a 12 % que garantice su conservación.

La rapidez del secado varía según el método que se emplee, en caso que el secado sea solar; es decir, al aire libre dura de 5 a 7 días. Esto dependerá de las condiciones atmosféricas para deshidratar óptimamente los granos, se sabrá que ha completado el secado del cacao cuando a la presión de los dedos índice, se rompan los granos fácilmente (PROAMAZONIA, 2004).

5.6.1 Tipos de Secado

July (2010), indica que en Alto Beni existen dos métodos para secar el cacao, los cuales son: secado al sol y por medio de secadoras artificiales, en el secado al sol este es un método natural, el más utilizado por los productores, consistiendo en extender el cacao en esteras, este debe removerse cada 2 a 3 horas en el primer día y un poco más espaciado en los días siguientes.

El mismo autor menciona que el secado artificial es utilizado en época de lluvia, este secado debe durar más de 24 horas para que concluya la fermentación del grano, en este proceso se debe tener cuidado con la contaminación y mantener la calidad, limpiándose después de cada uso para evitar la presencia de microorganismos.



Batista (2009), menciona que el secadero al aire libre es un sistema práctico común por la mayoría de los pequeños productores que consiste en poner a secar el cacao no ofrece ninguna protección en el momento de una lluvia. Además, el secado no es uniforme, provocando defectos comerciales, para lograr una buena aireación e uniformidad en este tipo de secado es necesario mantener remociones cada media hora.

En caso que el secado sea solar, dura de 5 a 7 días, esto dependerá de las condiciones atmosféricas para deshidratar los granos, otro método es secar el cacao en el suelo, ya sea en pisos de concreto o sobre mantas de plástico, la desventaja de este método radica que primero se evapora la humedad del suelo y luego la de los granos de cacao, también podrá secarse el cacao artificialmente, cuyo caso deberá prepararse para que el grano no adquiera el olor a humo (PROAMAZONIA, 2004).

5.6.2. Selección de Granos

Prado y Alonso (2006), la selección es una actividad que sirve para clasificar los granos de acuerdo a la calidad que pide el mercado. Para esta selección podemos usar una zaranda que nos ayude a eliminar la tierra, basura, cáscaras, granos quebrados, picados, mohosos y pequeños.

Terminado el secado es conveniente limpiar el producto de impurezas a fin de obtener un producto de mejor valor comercial, el tamaño mínimo permitido del grano (calibre) es de un gramo por grano. Por esta razón es importante realizar una adecuada selección del grano de cacao utilizando para ello zarandas construidas de mallas con medidas de orificio de un cm² que permita pasar los granos más pequeños y retener los de mayor calibre La selección del grano también nos permite eliminar todo tipo de impurezas como:

A





placentas, pajillas, granos picados y granos dobles; defectos que no están permitidos en el comercio del grano. (PROAMAZONIA, 2004).

Nosti (1970), los granos secos se deben seleccionar para eliminar la tierra, partículas granos quebrados, haciéndolo en tres pasos: los granos pasan a través de una cámara de aire donde la corriente del aire se lleva las basuras; enseguida se les ponen zarandas de suficiente tamaño para retener los granos enteros y finalmente se extiende sobre mesas donde los trozos de materia extraña se eliminan a mano.

Posteriormente al secado, se debe realizar la selección de granos, consistiendo en la eliminación de granos mohosos, pizarrosos, violetas, germinados y atrofiados; luego se procede al almacenamiento en sacos de yute (ICT, 2003).

5.6.3 Calidad del Grano de Cacao

PROAMAZONIA (2004), indica que la calidad del grano de cacao está directamente relacionada con un adecuado proceso de fermentación y secado. Las principales características requeridas por la industria, son los siguientes:

- Fermentación más 70%
- Humedad menos 7%
- Granos violetas menores al 20 %
- Grano pizarroso menor al 10%
- Defectos menores al 10%

La calidad de granos de cacao, está en función al proceso de cada una de las etapas del beneficio, si este es bueno se obtiene un cacao rico en materias grasas y libre de granos defectuosos (ICT, 2003).





Tabla 2. Defectos Comunes de granos de cacao comercial

Origen del defecto	Tipo de granos
Cultivo	Granos negros, germinados y granos múltiples.
Fermentación	Granos pizarrosos, granos con olor atípico
Secado	Granos secados con exceso, granos húmedos y granos con mohos.
Almacenamiento	Granos apolillados.

Fuente: July, 2010

July (2010), menciona que los granos deben separarse por tamaños de las diferentes calidades, que es clasificado en primera y segunda. Las calidades que maneja la Central de Cooperativas El CEIBO es el siguiente:

- **Cacao Biológico:** se produce bajo normas de calidad y un contrato de certificación orgánico, que se verifica mediante la inspección de los cacaotales.
- **Cacao Seleccionado:** producido sin un control de manejo del cacaotal y no tiene contrato. Por lo cual la selección y la clasificación se la separa mediante:
- **Granos de primera calidad:** son las de mayor tamaño 100 gramos pesan entre 115 y 130 gramos.
- **Granos de segunda calidad:** tiene un menor tamaño 100 gramos y pesan hasta 115 gramos.





Tabla 3. Normas de calidad de EL CEIBO para el cacao fermentado seco

Calidad Características	Primera	Segunda
	Biol. I y Selecc. I	Biol. II y Selecci. II
Bien fermentado	Mínimo 85%	Mínimo 85%
Falta fermentar	Maximo15%	Máximo 15%
Mal fermentado	Máximo 3 %	Máximo 3 %
Sobre fermentado	Máximo 3 %	Máximo 3 %
Con moho	Máximo 2 %	Máximo 2 %
Con polilla y germinado	Máximo 2 %	Máximo 2 %
Pepas planas y quebradas	Máximo 1 %	Máximo 1 %
Peso de 100 granos de cacao híbrido	Mínimo 115 gramos	Mínimo 105 gramos
Peso de 100 granos de	Mínimo 90gramos	Mínimo 85 gramos
Humedad de semillas	Máximo 7%	Máximo 7%
Tolerancia	7,1 a 7,5 %	7,1 a 7,5 %

Fuente: El CEIBO

Batista (2009), indica que, para determinar la calidad del cacao, se procede a realizar cataciones mediante pruebas de sabor y aroma, lo cual normalmente para ser agradable y de buena aceptación debe tener sabor a fruta, nueces, malta o un aroma floral.

5.6.4 Características que debe cumplir los granos de cacao

Gardini, et al (2004), señala que el grano fermentado adecuadamente es aquel proceso de fermentación que ha sido completo, presentando tegumento de color marrón, cascara que se desprende fácilmente, mientras que el grano seco es aquel



grano que ha sido secado de modo uniforme y el grano defectuoso se presenta en varias formas y son las siguientes:

Tabla 4. Tipos de granos defectuosos

Grano defectuoso	Descripción
Grano mohoso	Granos que presentan mohos a simple vista.
Grano pizarroso	Grano con color pizarroso
Grano violeta	Grano que presenta un color violáceo cuando se le hace un corte longitudinal
Grano infestado	Grano que presenta daño provocado por insectos
Grano germinado	Grano cuya cascara ha sido perforada y rajada por el crecimiento del germen de semilla
Grano multiplex	Granos unidos por una de sus caras
Grano atrofiado	Granos cuyos cotiledones han quedado demasiado delgados
Grano partido	Grano roto o fragmentado

Fuente: Gardini, et al 2004

Tabla 5. Diferencia entre cacao bien fermentado y mal fermentado

Bien fermentado	Mal fermentado
Granos hinchados	Granos aplanados
La cáscara se separa	La cáscara no se separa fácilmente
Pardo rojizo	blanquecino
Color externo marrón	Color externo pardo claro
Color interno marrón	Color interno violeta
Naturaliza quebradiza	Naturaliza compacta
Cotiledón agrietado	Cotiledón compacto
Sabor medianamente amargo	Sabor astringente
Aroma agradable	Aroma desagradable

Fuente: Batista, 2009





July (2010), señala que grano de cacao bien fermentado en la parte interna debe presentar un color café a castaño pálido, una textura quebradiza y la testa no debe estar adherida a los cotiledones, por otro lado, el grano mal fermentado presenta color pizarroso o violeta, poseyendo una textura compacta y hongos en su interior que penetra por orificios y heridas. El mismo autor indica los aspectos externos del grano.

- Debe tener buen tamaño entre 0.5 a 1 gramo y si se trata de cacao híbrido debe pesar más de 1 gr.
- La forma del grano es redonda y rellena
- El color varía de un rojo pardo oscuro a brillante.
- El aroma es agradable.
- No presenta granos quebradizos o germinados.
- La cáscara se desprende fácilmente.

5.6.5 Pruebas de Calidad

Gardini, et al (2004), señala que para determinar la calidad del cacao se, realizan pruebas como: La prueba de corte, que consiste en verificar la parte externa del grano, cortando longitudinalmente, otra prueba es por catación, observando el color, el olor y el tamaño.

También se puede realizar análisis de laboratorio para buscar la relación teobromina - cafeína que sea menor de 6. Mientras menor es la relación, mejor la calidad, pues todo indica que el contenido de cafeína es alto (Batista, 2009)



5.6.6 Calidad física del grano

Ramos, Ramos y Azócar, (2000) y Jiménez (2003), determinan que el grado de fermentación se clasifica dentro de las siguientes categorías:

- **Almendras de color marrón o café**, poseen una fermentación muy completa, los ácidos han matado al embrión y a las vacuolas de pigmentación, estás almendras son muy hinchadas y se separan fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptima para elaborar chocolates gourmet.
- **Almendras marrón o violeta**, indican una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado y una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es regular pero aprovechable para producir chocolate.
- **Almendras violetas** son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido.
- **Almendras pizarrosas** (de color gris), presentan un aspecto compacto de color gris negruzco, lo cual indica ningún efecto de fermentación, por lo que desarrollan sabores amargos y astringentes.

5.6.7. Calidad organoléptica del grano





Un punto dominante en la calificación del cacao de exportación se basa en las características organolépticas (sabor y aroma), tales como el amargor y la astringencia, que están intrínsecas en las almendras de cacao, requisito fundamental para la elaboración de chocolates finos (Armijos, 2002) y (Calderón, 2002).

Graziani (2003), expresa que el cacao debe desarrollar el aroma y el característico sabor "arriba", para que sea calificado como de primera calidad. Estas cualidades se desarrollan solamente cuando las almendras, debidamente fermentadas y secadas son tostadas, (Moreira, 1994)

5.6.8 Sabor y aroma

Voltz (1990), Ramos, Ramos y Azócar (2000) y Jiménez (2003), coinciden que el sabor es una sensación que se percibe en las papilas gustativas de la lengua y en la pared de la boca que son estimuladas por ciertas sustancias solubles y permiten encontrar en cada producto los sabores básicos como son: dulce, salado, astringente, ácido y amargo.

Estos mismos autores, manifiestan que los sabores más frecuentes que se pueden encontrar en una degustación en licores de cacao, son los siguientes:

a) Sabores básicos

- Acidez, se la describe como un sabor ácido, debido a la presencia de ácidos volátiles y no volátiles y se la percibe a los lados y al centro de la lengua, se lo puede relacionar con las frutas cítricas y vinagre.





- **Amargor**, sabor fuerte, generalmente debido a la falta de fermentación. Se percibe en la parte posterior del paladar o en la garganta, se lo relaciona con el café, cerveza caliente y la toronja.
- **Astringencia**, más que un sabor es una sensación que causa una contracción de la superficie de las mucosas de la boca, dejando una sensación seca y áspera en la lengua, además produce salivación generalmente debido a la falta de fermentación y se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. La referencia es cacao no fermentado, inicialmente se percibe un sabor floral pero después es amargo, parecido al sabor de las hojas de plátano.
- **Dulce**, este sabor es percibido en la punta de la lengua.
- **Salado**, se percibe a los lados de la lengua y produce salivación

b) Sabores específicos

- **Cacao**, describe el sabor típico a granos de cacao bien fermentados, tostados y libre de defectos. Referencia barras de chocolate de cacao fermentado
- **Floral**, son aquellos licores con sabor y aroma a flores, casi perfumado. Referencia flores de cítricos.
- **Frutal**, caracterizan licores con sabor a fruta madura. Esto describe una nota de aroma a dulce agradable. Referencia cualquier fruta seca o caca o fresco almacenado.

A





- **Nuez**, se describe como un sabor similar a la nuez, característico de los cacaos tipo Criollos y Trinitarios.

c) Sabores adquiridos

- **Moho**, describe licores con sabor mohoso, generalmente debido a una sobrefermentación de las almendras o a un incorrecto secado. Referencia sabor a pan viejo o musgo.
- **Crudo/verde**, se presenta con aroma desagradable, generalmente debido a la falta de fermentación o falta de tostado.

5.6.9 Almacenamiento

July (2010), señala que el almacenamiento prolongado bajo condiciones húmedas puede originar ataque de hongos, razón por la cual en zonas tropicales pueden almacenar máximo 30 días, se debe almacenar el cacao bien seco, no envasarse cuando esté caliente o recogido de la secadora. El depósito debe tener el piso de cemento, tarima de madera, las puertas y ventanas deben tener ventilación.

El grano de cacao seco es altamente higroscópico (absorbe la humedad con rapidez), es por eso que se debe secar los granos cada cierto tiempo para evitar la infestación de mohos e insectos (ICT, 203).

Prado y Alonso (2006), mencionan que después del secado del cacao, es necesario que lo almacenemos o guardemos en condiciones adecuadas para conservar su calidad y evitar perder todo el producto.



PROAMAZONIA (2004), señala que los granos se envasan en costales de yute y si todavía están calientes, se deja enfriar. El ambiente donde se va almacenar debe estar exento de olores extraños, como los provenientes de pesticidas, alimentos, etc. Se debe evitar del todo la contaminación ya que el cacao es altamente higroscópico, es decir absorbe la humedad con suma rapidez, si se almacenan los granos con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, en medios menores de 75% de humedad relativa.

El cacao almacenado en zonas tropicales esta propenso a ser atacado por hongos e insectos si no se toman especiales cuidados, el almacenamiento prolongado puede ocasionar un incremento en los niveles de ácidos grasos libres, lo cual deteriora la calidad. La bodega debe tener piso de cemento y paredes de ladrillo, también se debe tener suficiente ventilación, los sacos se deben arrumar sobre estibas de 5 – 10 cm de alto, dejando espacios amplios para la inspección de sacos (Manual para el cultivo del cacao S.A ,1988).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación geográfica

El municipio de Palos Blancos, cuarta sección de la provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, se encuentra localizado a 239 km. de distancia respecto de la ciudad de La Paz, para su acceso desde la sede de gobierno se recorre un primer tramo hasta llegar a Sapecho (Ruta 3 de la Red Fundamental: La Paz – Trinidad), para continuar hacia el desvío que se dirige a la localidad de Covendo y que pasa por la capital del municipio la ciudad de Palos Blancos ubicado a 10 km. de Sapecho. El municipio a partir de la línea del Ecuador y el meridiano de Greenwich, se ubica entre los paralelos





67°00'81" y 71°60'81" LS, entre 83°33'109" y 82°48'90" LO, a una altitud de 390 msnm

(PDMPB, 2008-2012)

Figura 1. Ubicación geográfica del Centro de Innovación Tecnológica de San Miguel de Huachi



Tabla 6. Datos de localización del estudio

Cultivo	Ensayo	Dep.	Provincia	Municipio	Sitios de ensayo	Asociación
Cacao	Evaluación del efecto de prototipos de fermentación en las características físicas y organolépticas del grano de cacao cultivado (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el municipio de palos blancos	La Paz	Sud Yungas	Palos Blancos	Comunidad San Miguel de Huachi	Centro de Innovación Tecnológica en Cacao (CITCAO) – INIAF Proyecto Cacao

6.2. Características climáticas

De manera general la región de Alto Beni al formar parte de dos ecorregiones: Yungas y Trópico, presenta un clima que va de cálido a templado en ciertas áreas de mayor altura (Delicias, El Sillar y Cascada). Existen elevadas temperaturas y precipitaciones pluviales

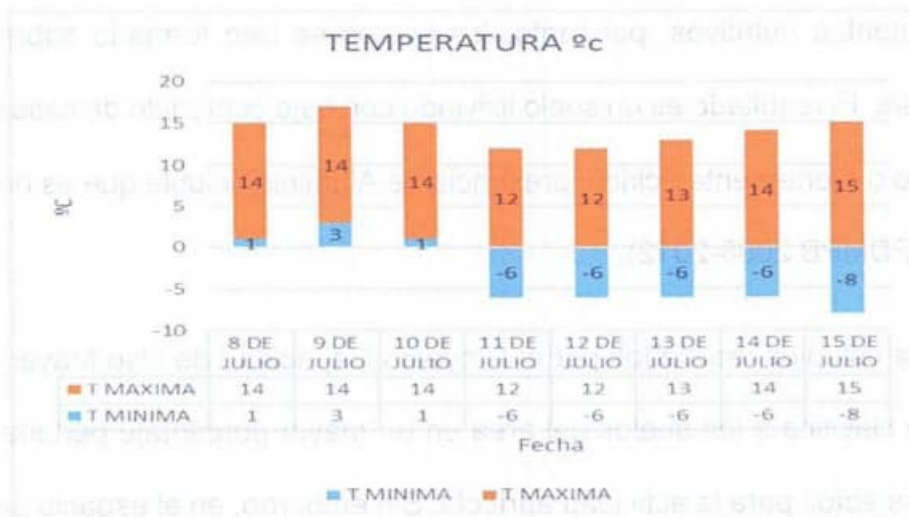


durante el año. Este último aspecto se ve influenciado por los cambios globales existentes a nivel mundial, produciéndose en el área fenómenos que generan bajas temperaturas, sequías, lluvias de elevada intensidad y en ocasiones la presencia de granizadas que no son normales en estas regiones (PDMPB 2008-2012).

De acuerdo a los datos obtenidos de la Estación meteorológica de Sara Ana, las características climáticas generales en Palos Blancos son las siguientes: Temperatura Máxima Media 32,59° C, Temperatura Mínima Media 21,19° C, teniendo una temperatura media de 26,86 °C, una Precipitación anual promedio de 1500mm y una Humedad Relativa anual promedio de 84,85% (SENAMHI, 2015).

Según AccuWeather, en el mes de julio de 2024 se tuvo los siguientes datos meteorológicos:

Figura 2.°C



6.3. Vegetación

Los bosques están conformados por una diversidad de especies del tipo herbáceas, arbustos y arbóreas. Este aspecto permite a los comunarios realizar el uso y aprovechamiento de especies maderables y no maderables. Sin embargo, la explotación



desmedida y no planificada ha ocasionado la reducción abrupta de especies valiosas, llegando a espacios de la TCO, tierras fiscales, reservas comunales y familiares.

Se tiene diversidad de especies de fauna que forman parte del ecosistema local, muchas de estas tienen como refugio la Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilon Lajas ubicado al noroeste del municipio. En el extremo sureste existe la colinda en un punto tripartito con el Parque Nacional Isiboro Sécore del departamento de Cochabamba (PDMPB 2008-2012).

6.4. Suelos

En cuanto a los suelos de acuerdo a su origen, se incluye entre los originados a partir de rocas sedimentarias, terciarias, originados suelos aluviales recientes en mayor proporción, que dieron lugar la formación de areniscas, cuarcitas, calcáreas y arcillas.

A causa de los procesos de intemperización y transporte las rocas tienen un contenido bajo en elementos nutritivos, por tanto, los suelos se han formado sobre un estrato bastante pobre. El resultado es un suelo lixiviado con bajo contenido de cationes básicos, pH moderado o fuertemente ácido y presencia de Aluminio soluble que es nocivo para la vegetación (PDMPB 2008-2012).

De acuerdo a estudios realizados por el Proyecto Capacidad de Uso Mayor de la Tierra Alto Beni, se clasifica a los suelos del área en un mayor porcentaje pertenecientes a la clase I, suelos aptos para la actividad agrícola. Sin embargo, en el espacio perteneciente a la cuarta sección, la topografía tiene una variación constante, dentro el mismo las características de los suelos también son cambiantes (PDMPB 2008-2012).





6.5. Lugar donde se realizará la investigación.

El área de estudio durante la evaluación se realizará en el Centro de Innovación Tecnológica de Cacao del Municipio de Palos Blancos del Departamento de La Paz.

6.6. Materiales de Campo

6.6.1. Material biológico

- Grano fresco de cacao cultivado (injerto) existente en la zona

6.6.2. Material de campo

- Termómetro digital HANNA HI 145 (temperatura de masa)
- Ph-metro digital (el valor del ph del cotiledón y testa,)
- Refractómetro PAL-BX ACID181 (grados brix, % acides)
- Bisturí de hoja N° 20 (cortar los granos)
- Porta bisturí
- Tableros
- Planillas
- Caja de madera modificada (fermentadora), normal y sacos de yute
- Palas de madera (para el volteo)
- Baldes
- Cámara digital

6.6.3. Material de gabinete

- Computadora y sus accesorios
- Paquete estadístico
- Material de papelería en general





6.7. Diseño del ensayo

En la presente investigación el análisis e interpretación de datos se llevó bajo un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 5 repeticiones, sumando un total de 15 unidades experimentales.

- Tratamiento 0: Sacos de yute: Sacos de yute, este proceso genera bajas temperaturas lo que ocasiona prolongar los días de fermentado de cacao, obteniendo un grano de cacao de segunda calidad.
- Tratamiento 1: Caja simple: Caja simple, fue fabricada con madera "Toco Colorado" esta caja no lleva plastoformo, lo que genera una temperatura baja en el proceso de fermentado ampliando los días del fermentado de cacao, obteniendo un grano de cacao de primera y segunda calidad.
- Tratamiento 2: Caja modificada: Caja modificada, fue fabricada externamente e internamente de madera "Toco Colorado", las 4 paredes están forradas con plastoformo de 5 cm de espesor, mencionar que la ventaja de esta caja modificada es mantener la temperatura elevada y acelerar el proceso de fermentado obteniendo un grano de cacao extra y de primera calidad.

6.7.1. Modelo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

μ = Efecto común a todas las observaciones

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Término de error asociado al tratamiento i la repetición j

Tratamiento: Cajas fermentadoras

T0= Saco de yute

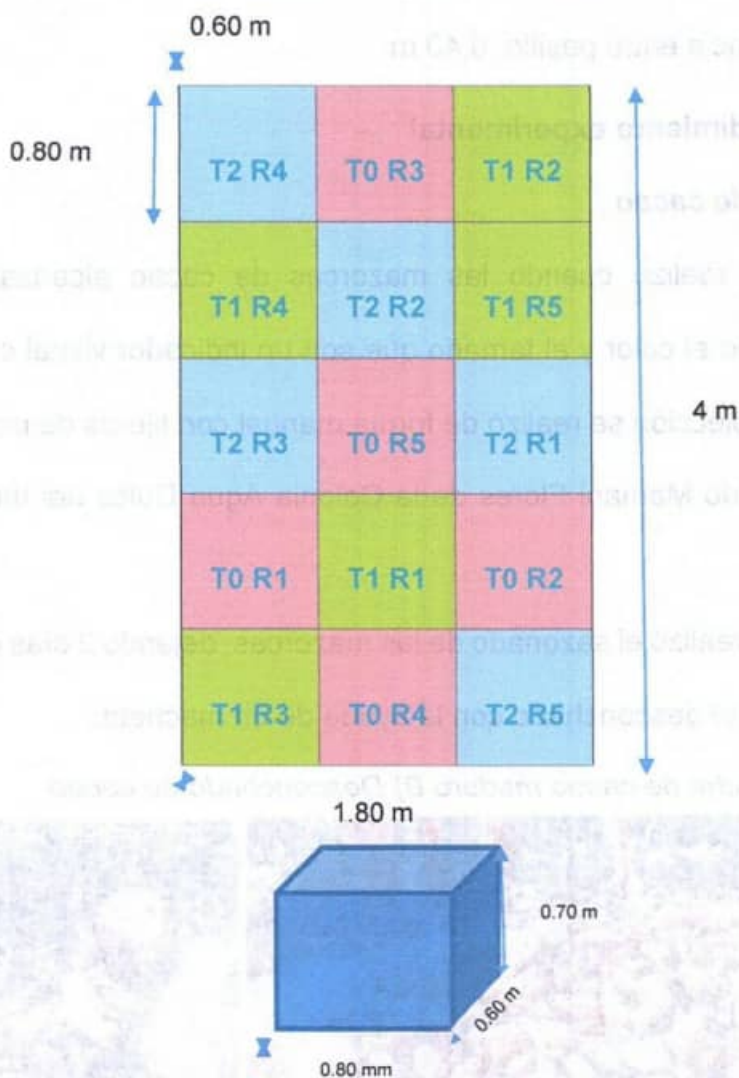
T1= caja fermentadora simple

T2= caja fermentadora modificada





6.7.2. Croquis del Experimento



El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones sumando un total de 15 unidades experimentales, con un área total del experimento de 7.20 metros

Características de la caja fermentadora:

- Dimensiones: 0,80 x 0,60 x 0.70 m
- Número total de unidades experimentales: 15
- Número de tratamientos: 3
- Número de repeticiones: 5





- Superficie de cada unidad experimental: 0,34 m² (34 cm)
- Distancia entre pasillo: 0,40 m

6.8. Procedimiento experimental

6.8.1. Cosecha de cacao

Esta actividad se realizó cuando las mazorcas de cacao alcanzaron su madurez fisiológica, así como el color y el tamaño que son un indicador visual en el momento de la cosecha. La recolección se realizó de forma manual con tijeras de podar de la parcela del Productor Porfirio Mamani Flores de la Colonia Agua Dulce del municipio de Palos Blancos.

Posteriormente se realizó el sazonado de las mazorcas, dejando 2 días en campo abierto para luego realizar el desconchado con la ayuda de un machete.

Figura 3. A) Cosecha de cacao maduro B) Desconchado de cacao



Una vez extraídos los granos, pasan a una etapa de fermentación, se utilizaron cinco cajas modificadas, cinco cajas simples y cinco sacos de yute. La caja modificada fue fabricada externamente de madera "Toco Colorado" e internamente las 4 paredes están forradas con plastoformo de 5 cm de espesor. Con un diseño de ancho 0,60 m., de largo



- e) **Grano dañado por insectos:** Grano de cacao que contenga insectos en cualquier estado de desarrollo en su parte interna, o que presente señales de daño causado por insectos que sean visibles a simple vista.
- f) **Grano partido:** Es el grano de cacao que se presenta roto o fragmentado.
- g) **Grano aplastado y/o deforme (pasilla):** Es el grano de cacao que presenta cotiledones delgados o atrofiados, por lo que en la práctica se reducen solo al tegumento.
- h) **Grano violeta:** Es el grano de cacao mal fermentado, cuyos cotiledones presentan un color violeta.
- i) **Grano negro:** Es el grano de cacao sobre fermentado, cuyos cotiledones presentan un color negro.
- j) **Grano múltiple:** Es la aglomeración de dos o más granos de cacao unidos fuertemente por partes de mucílago.
- k) **Materia extraña:** Cualquier material que no sea grano de cacao, como: fragmentos de cáscara de la mazorca, piedras, objetos metálicos, etc.

6.9.5.1. Clasificación

(IBNORCA, 2008) señala que los lotes de granos de cacao se clasifican de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos determinados en la tabla 7 como:

- a) Cacao extra
- b) Cacao de primera
- c) Cacao de segunda





Tabla 7. Clasificación de cacao en grano

Requisitos	Extra (%)	Primera (%)	Segunda (%)
Grano mohoso	2	3	4
Grano pizarroso y negro	1	3	5
Grano múltiple	2	2	8
Grano dañado por insectos y pasilla	0	2	6
Grano violeta	8	8	15
Materia extraña	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Grano germinado	2	3	6
Peso mínimo en gramos	≥ 100	-	-

6.9.5.2. Olor

Los lotes de grano de cacao deben estar exentos de olores ajenos al típico del grano (por ejemplo: ahumado).

6.9.5.3. Toxicología

La presencia de compuestos tóxicos en el grano de cacao, no debe exceder de los límites máximos permisibles para el consumo humano (véase NB 827-2).

6.9.5.4. Humedad

El contenido de humedad de los granos de cacao del lote que se comercialice, no debe ser mayor del 8 % en peso, determinado según la norma NB 326012.

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se realizaron los análisis estadísticos y pruebas de Fisher 5%, desde las 48, 96, 120, 144 y 168 horas, para ello utilizamos el paquete estadístico "R"

7.1. Análisis estadístico



A las 168 horas se realizó la medición de pH y/o porcentaje de acidez esta medición se tomó en cuenta el último día de fermentado es decir a los siete días.

Figura 8. Medición de pH



6.8.5. Costos

Para efectuar el análisis económico de los tratamientos, se utilizó los costos totales de cada tratamiento, es la suma de los costos empleados en la investigación. Con la siguiente fórmula:

$$CT = X + PX$$

CT=costos totales

X= costos fijos

PX= costos variables

6.8.6. Ingreso bruto

Se lo determinó considerando el ingreso por concepto cacao seco de cada tratamiento por el precio, se lo calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IB = Y * PY$$

IB= ingreso bruto

Y= producto

PY= precio del producto

6.8.7. Utilidad Neta

Es la diferencia de los ingresos y los costos totales.





BN=IB-CT

BN= Beneficio neto

IB= Ingreso bruto

CT= Costo total

6.8.8. Relación Beneficio/costo

Se la obtuvo dividiendo el beneficio neto de cada tratamiento con los costos totales de dicho tratamiento.

Se efectuó mediante la relación beneficios/costos.

Relación B/C= BN/CT

6.9. Variables de respuesta

- Medición de la temperatura
- Medición de pH
- Calidad de grano (Prueba de corte) durante el fermentado
- Calidad del grano seco
- Calidad organoléptica

6.9.1. Temperatura

Se evaluó con la ayuda de un termómetro la masa de cacao en las cajas fermentadoras, teniendo 3 medidas, en la parte superior, media y en la parte inferior a horas 06:00 am, 14:00 pm y 22:00 pm, este dato se tomó a las 48, 96, 120, 144 y 168 horas. Durante la fermentación de los granos, la temperatura aumenta día a día, alcanzando entre 45 a 55 grados centígrados. Para lograr una adecuada fermentación se necesita de 4 a 6 días, de acuerdo a la zona y a las condiciones climáticas, informa CIPCA (2007).



6.9.2. Ph

Esta variable se evaluó terminando la etapa de fermentación a las 168 horas, tomando de cada tratamiento 10 granos al azar, con la ayuda de una balanza se procedió a pesar el grano con cáscara y sin cáscara, con 100 ml de agua destilada des ionizada se licuo y con la ayuda de un ph metro se obtuvo los datos de ph del grano de cacao fermentado.

El pH varía por diferentes situaciones que se presentan en la fermentación desde los procesos de degradación por acción de microorganismos, así como por efectos de mezclado o volteo (García, 2000).

Existen significativas diferencias en cuanto al pH inicial en el mucílago y cotiledón antes del proceso de fermentación, esto se debe principalmente al contenido de ácido cítrico en el mucílago (García 2000).

El pH de los cotiledones durante el primer día de fermentación decrece lentamente (hasta 6.3), pero durante el tercer y cuarto día baja rápidamente hasta alcanzar un valor de 4.75 aproximadamente; este valor sufre muy pocos cambios hasta que se termina la fermentación (Enríquez 1985), asimismo, Sánchez (2007), menciona que por acción del ácido acético al tercer día el pH baja a 4,8 y se mantiene durante el resto de la fermentación debido a la permeabilidad de la testa, quien menciona que después de la fermentación el rango final de pH es de 4.5 a 5.5.

6.9.3. Calidad de grano (Prueba de corte durante el fermentado)

Esta variable se evaluó a las 48, 96, 120, 144 y 168 horas, tomando de cada tratamiento 10 granos de cacao, las cuales se partieron por la mitad en forma longitudinal con ayuda





de una navaja, observando el color de los granos y su aspecto interno (muerte del embrión)

6.9.4. Calidad de grano (Prueba de corte durante el secado)

Para esta variable se realizó la prueba de corte, una vez que el grano de cacao tuvo el 7% de humedad, se obtuvo 50 granos de cacao seco por tratamiento, esto se lo llevó a la guillotina para la prueba de corte donde se cuantifico los granos de buena calidad.

Gardini, et al (2004), señala que para determinar la calidad del cacao se, realizan pruebas como: La prueba de corte, que consiste en verificar la parte externa del grano, cortando longitudinalmente, otra prueba es por catación, observando el color, el olor y el tamaño. También se puede realizar análisis de laboratorio para buscar la relación theobromina-cafeína que sea menor de 6. Mientras menor es la relación, mejore la calidad, pues todo indica que el contenido de cafeína es alto (Batista, 2009)

6.9.5. Calidad Organoléptica

(IBNORCA, 2008), menciona para fines de esta norma:

- a) **Grano de cacao:** Es la semilla del Theobroma cacao Linneus, después de la separación del resto del fruto, fermentada y desecada.
- b) **Grano mohoso:** Es el grano de cacao en cuyas partes internas o externas se aprecian mohos (hongos) a simple vista.
- c) **Grano pizarroso:** Es el grano de cacao sin fermentar, que presenta internamente un color gris oscuro y aspecto compacto.
- d) **Grano germinado:** Es el grano de cacao cuya cáscara ha sido perforada o rota por el crecimiento del germen de la semilla, exponiéndola al ataque de hongos e insectos.





0,80 m y altura de 0,70 m. mencionar que a cada tratamiento se le añadió 60 kilos de cacao húmedo, realizando el pesaje con la ayuda de una romana.

Figura 4. A) Caja modificada B) Pesaje de cacao húmedo



Se utilizó una cubierta de hule con la finalidad de mantener la temperatura y evitar una circulación de viento, en el segundo día es decir a las 48 horas se revisó el estado de fermentación, y realizó la prueba de corte, que consiste en partir 10 granos de cacao al azar y si 7 de 10 estas de color café, ya es un antecedente para sacar los granos de cacao a las secadoras, esta actividad se realizó a las 48, 96, 144 y 168 horas, realizando también los volteos correspondientes con ayuda de una pala de madera.

Figura 5. A) Toma de datos de temperatura B) Toma de datos grados Brix

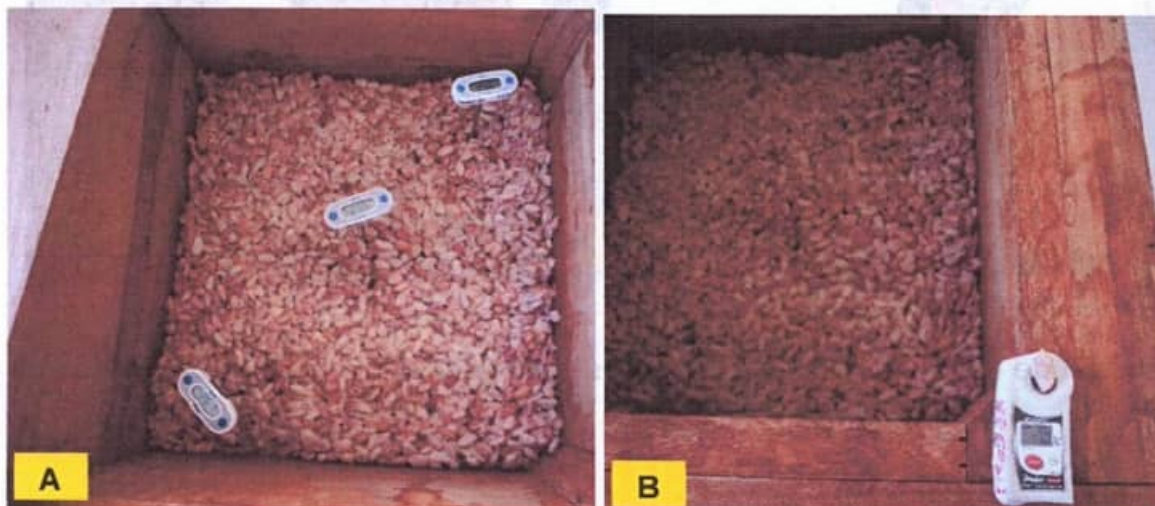




Figura 6. A) Cubierta con hule B) Prueba de corte



6.8.3. Volteos y remociones

Se realizó la remoción a las 48, 96, 120, 144 y 168 horas durante el proceso de fermentado, en ambas cajas y en el saco, dicho proceso consiste en realizar volteos con la ayuda de una pala de madera, con el fin de homogeneizar la temperatura y permitir la correcta aireación para dar lugar a los cambios químicos.

Figura 7. A) Volteo B) Remoción



6.8.4. Días de fermentado

El proceso de fermentado fue de siete días calendario, para todos los tratamientos en estudio.



El paquete estadístico "R", nos muestra el Análisis de Varianza de la pérdida diaria de grados brix, el aumento de temperatura del grano de cacao: Coeficiente de Variación, Grados de Libertad y niveles de significancia.

Tabla 8. Análisis estadístico (Grados brix, Temperatura y ph)

FV	GL	GB	Nivel de significancia	TEMP	Nivel de significancia	PH	Nivel de significancia
TRATAMIENTO	2	3,90E-08	***	2,00E-16	***	0,0001	***
REPETICIÓN	4	0,413	NS	2,00E-16	***	2,00E-16	***
FECHA	5	2,00E-16	***	0,0179	*	0,108	NS

Nota: *** altamente significativo, * significativo, NS no significativo

En la tabla 8, nos indica que hay alta significancia en los tratamientos para los grados brix, temperatura y ph, sin embargo, para las repeticiones en la variable de grados brix nos dio resultados no significativos.

7.1.1. Grados Brix

Figura 9. Pérdida del dulzor del grano de cacao

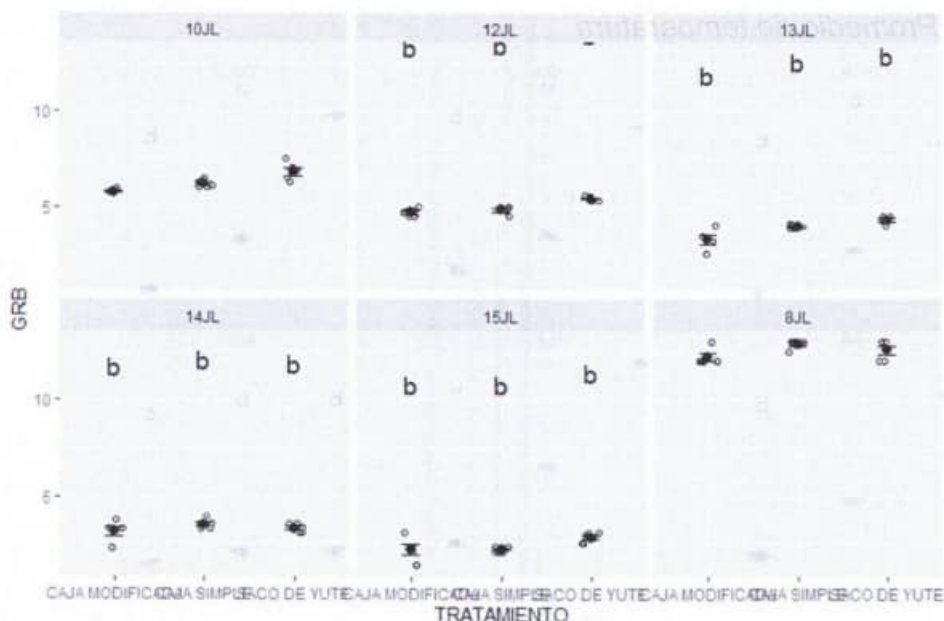
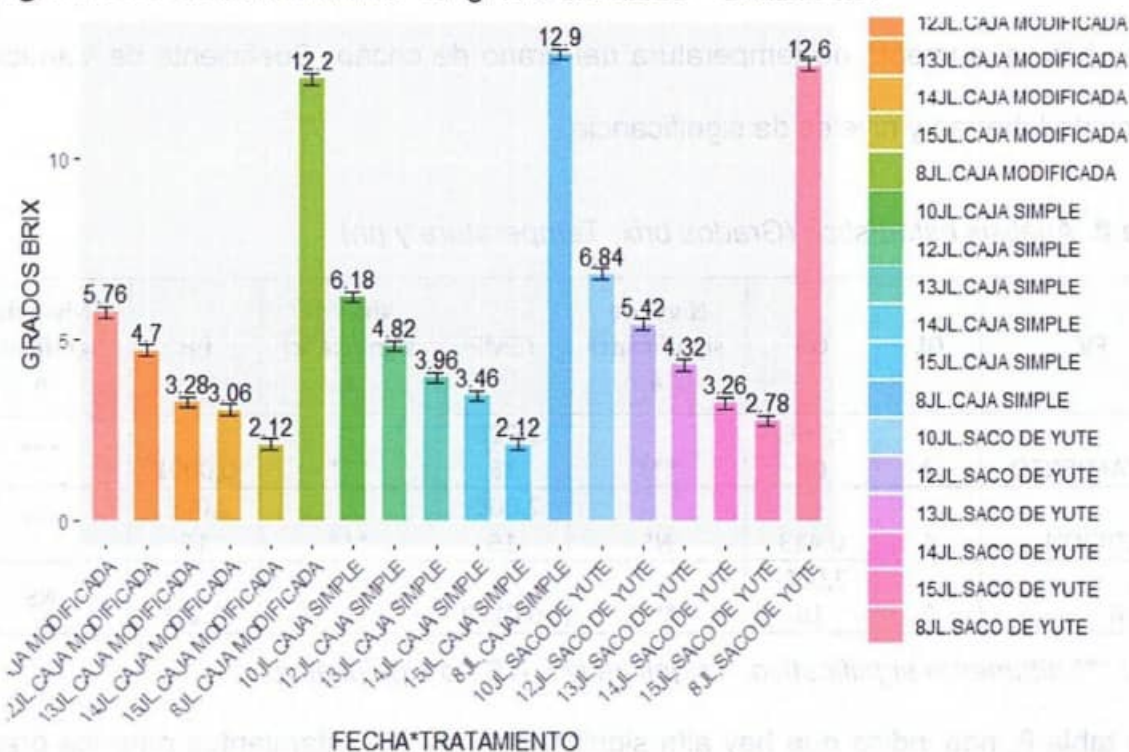




Figura 10. Pérdida del dulzor del grano de cacao - Grados Brix



En la figura 9 y 10, nos muestra la pérdida del dulzor del grano de cacao, donde se observa que al inicio de la investigación se tuvo un porcentaje elevado del dulzor, y en cuanto pasó los días este grado bajó hasta casi perder el dulzor.

7.1.2. Temperatura

Figura 11. Promedio de temperatura

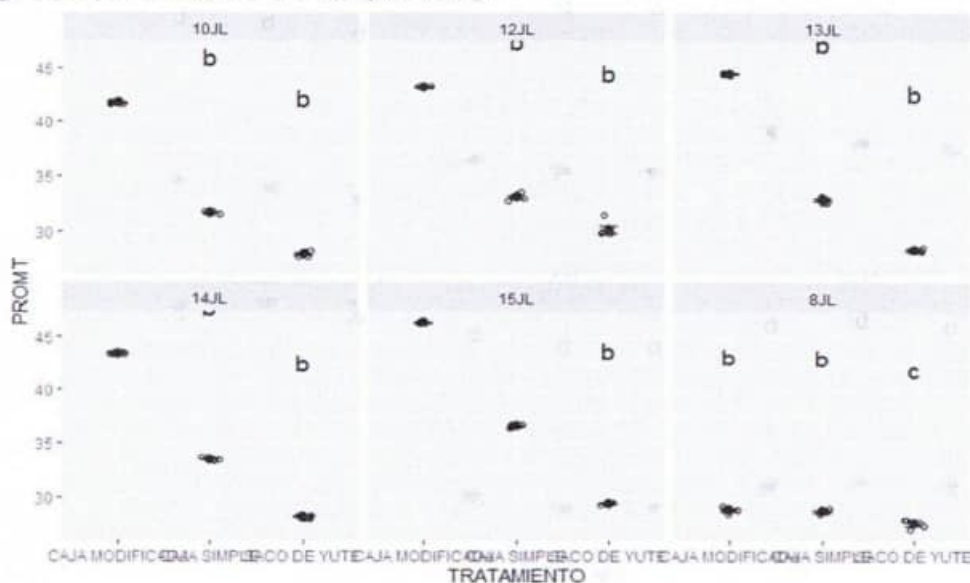
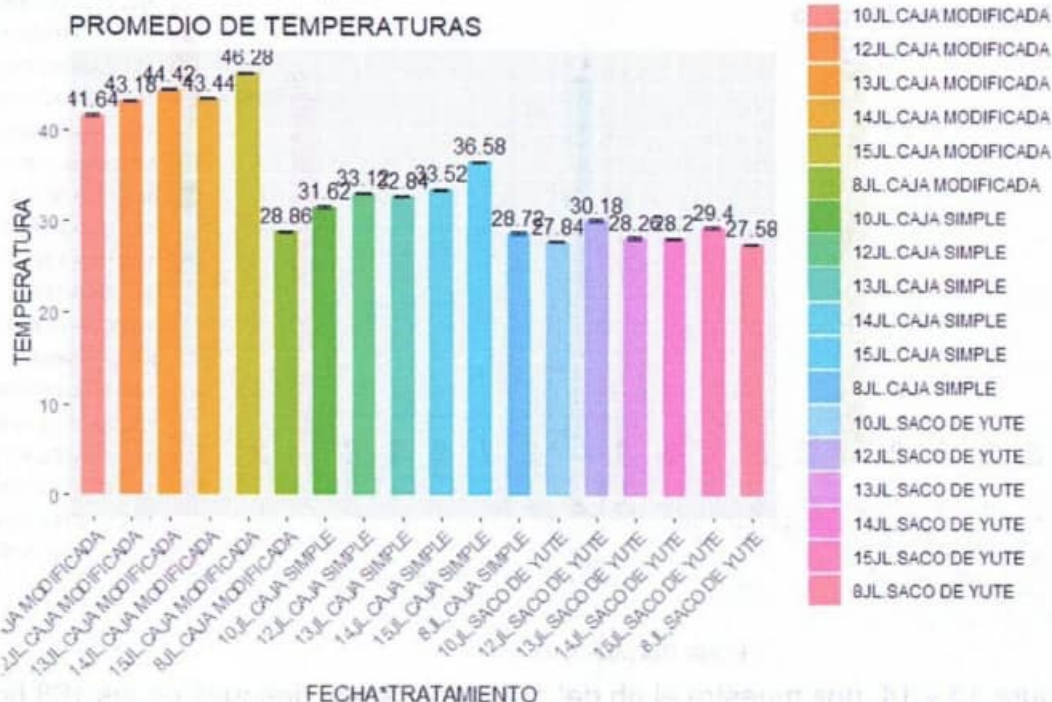




Figura 12. Promedio de Temperatura



En la figura 11 y 12 nos indica el aumento de temperatura durante los transcurso de los días, alcanzando hasta 46°C con el tratamiento "T2", de la caja modificada, seguido del T1, caja simple que alcanzó una temperatura 36°C y T0, saco de yute con 30° C.

7.1.3. Ph

Figura 13. Ph del grano de cacao

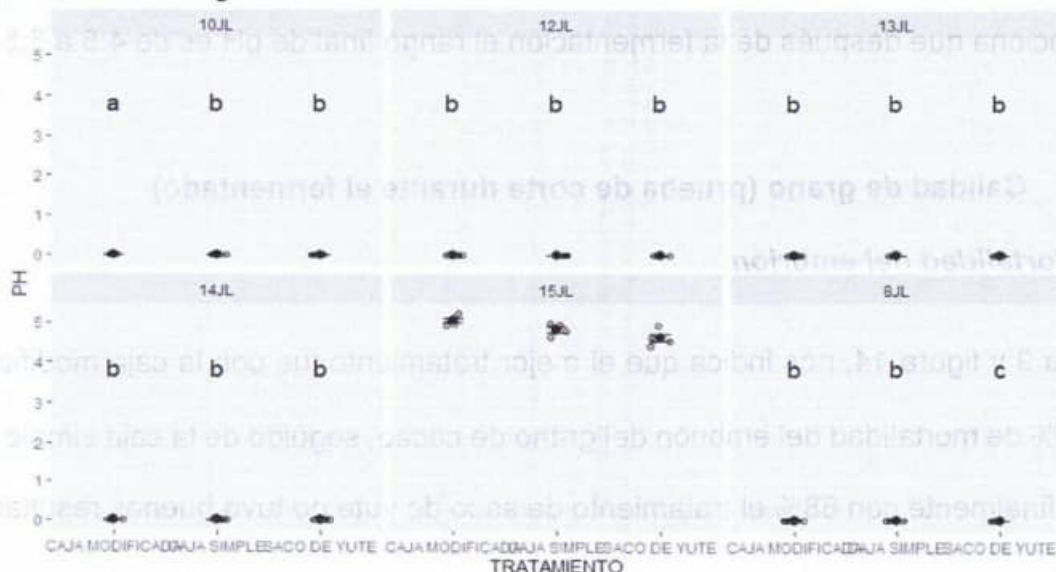
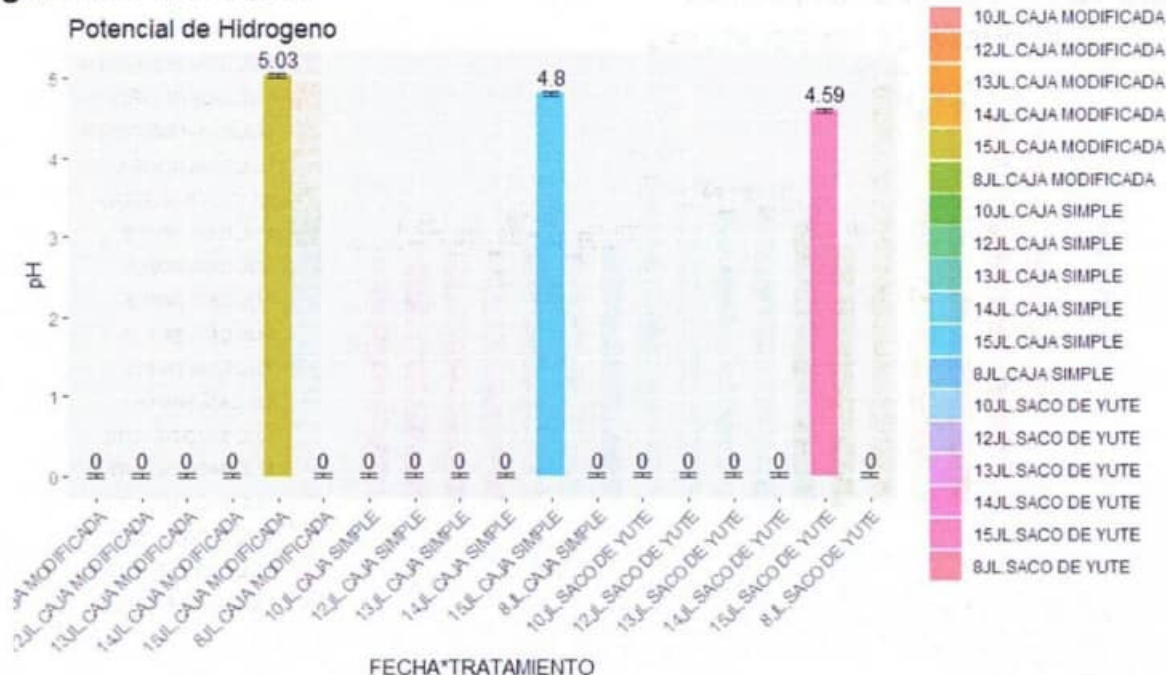




Figura 14. Ph de cacao



En la figura 13 y 14, nos muestra el pH del grano de cacao, después de las 168 horas de fermentado, tiene como el mejor tratamiento el T2 de la caja modificada con un pH de 5.03, sin embargo, el T1 alcanzó a un pH de 4.8 y el T0 con un pH de 4.50.

Sánchez (2007), menciona que por acción del ácido acético al tercer día el pH baja a 4,8 y se mantiene durante el resto de la fermentación debido a la permeabilidad de la testa, quien menciona que después de la fermentación el rango final de pH es de 4.5 a 5.5.



7.2. Calidad de grano (prueba de corte durante el fermentado)

7.2.1. Mortalidad del embrión



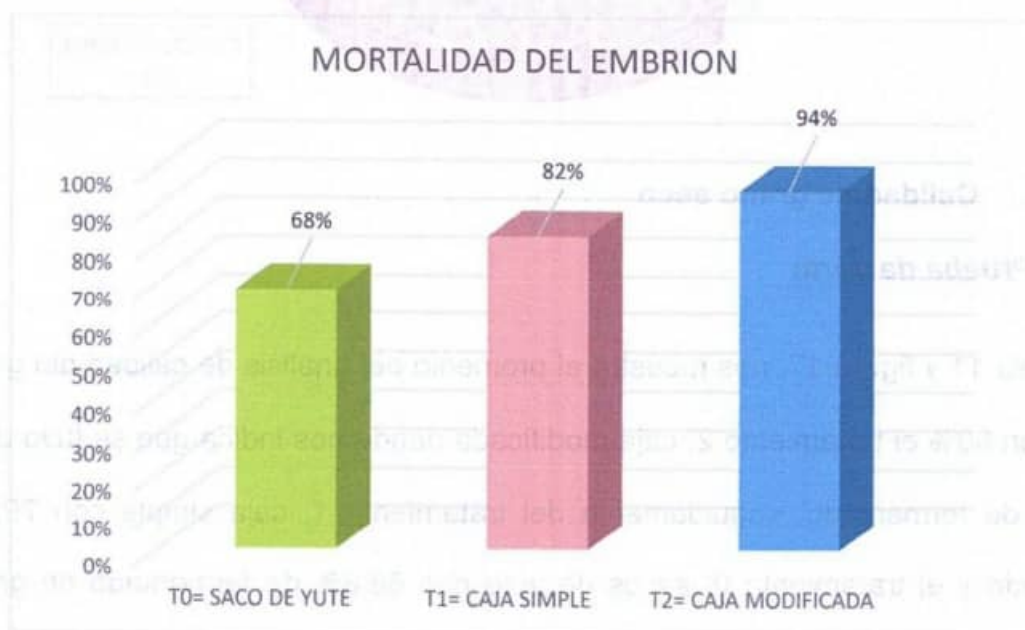
En la tabla 9 y figura 14, nos indica que el mejor tratamiento fue con la caja modificada con un 94% de mortalidad del embrión del grano de cacao, seguido de la caja simple con un 82% y finalmente con 68% el tratamiento de saco de yute no tuvo buenos resultados.

15 de julio

Tabla 9. Mortalidad del embrión

TRATAMIENTO	MORTALIDAD DEL EMBRION
T0= SACO DE YUTE	68%
T1= CAJA SIMPLE	82%
T2= CAJA MODIFICADA	94%

Figura 15. Mortalidad del embrión

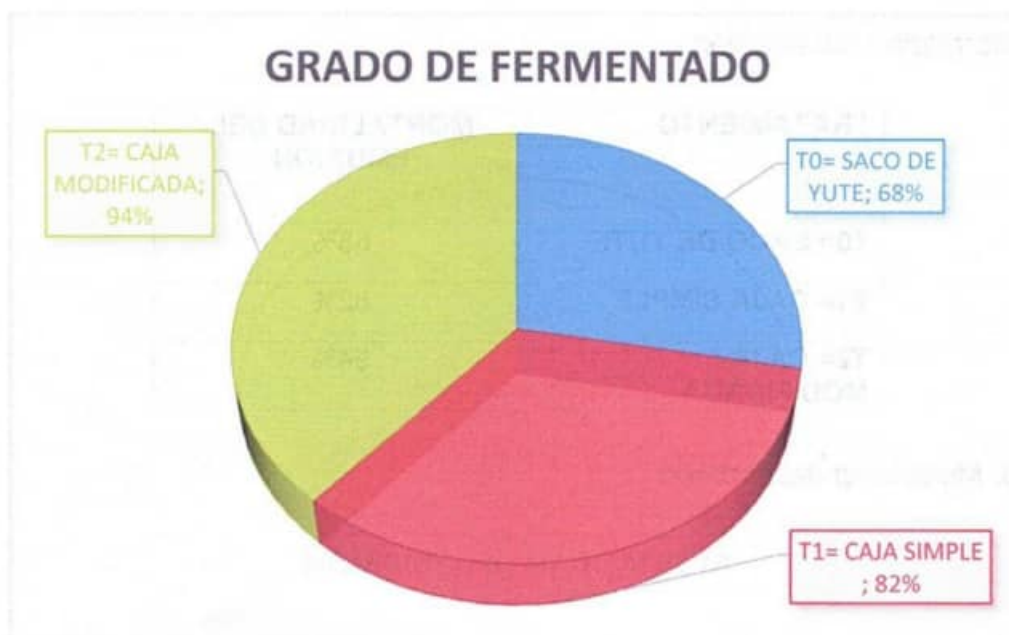


7.2.2. Grado de fermentado

En la tabla 10 y figura 15 se muestra los resultados del grado de fermentado, teniendo el mejor tratamiento con la caja modificada con un 94%, seguidamente de la caja simple con un 82% y finalmente con bajo porcentaje de fermentado el tratamiento con saco de yute con un 68%.



Figura 16. Grado de fermentado



7.3. Calidad de grano seco

7.3.1. Prueba de corte

En la tabla 11 y figura 17, nos muestra el promedio del análisis de calidad del grano de cacao con 90% el tratamiento 2, caja modificada donde nos indica que se tuvo un buen proceso de fermentado, seguidamente del tratamiento 1, caja simple con 79,2% de fermentado y el tratamiento 0, sacos de yute con 68,8% de fermentado de grano de cacao.

15 de julio

Tabla 10. Grado de fermentado

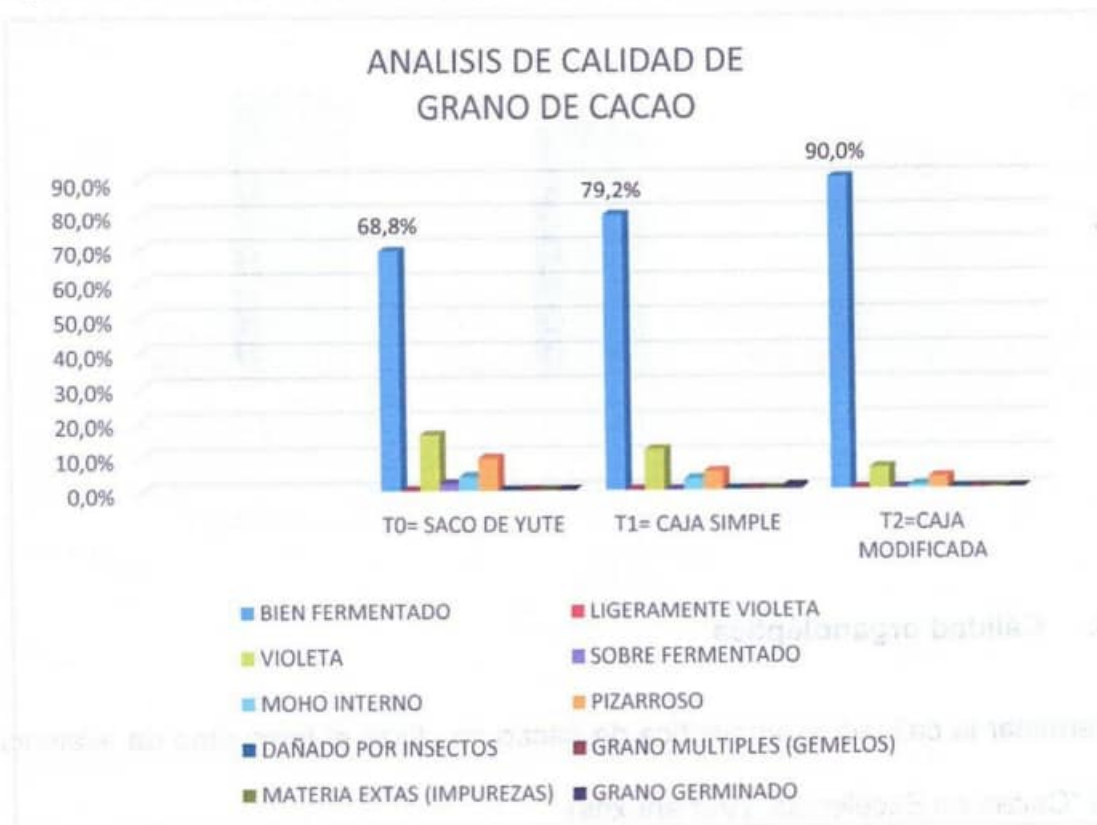
	GRADO DE FERMENTADO
T0= SACO DE YUTE	68%
T1= CAJA SIMPLE	82%
T2= CAJA MODIFICADA	94%



Tabla 11. Prueba de corte

REQUISITOS	T0= SACO DE YUTE	T1= CAJA SIMPLE	T2=CAJA MODIFICADA
	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO
BIEN FERMENTADO	68,8%	79,2%	90,0%
LIGERAMENTE VIOLETA	0,0%	0,0%	0,0%
VIOLETA	16,0%	11,6%	6,0%
SOBRE FERMENTADO	2,0%	0,0%	0,0%
MOHO INTERNO	4,0%	3,2%	0,8%
PIZARROSO	9,2%	5,2%	3,2%
DAÑADO POR INSECTOS	0,0%	0,0%	0,0%
GRANO MULTIPLES (GEMELOS)	0,0%	0,0%	0,0%
MATERIA EXTAS (IMPUREZAS)	0,0%	0,0%	0,0%
GRANO GERMINADO	0,0%	0,8%	0,0%

Figura 17. Análisis de calidad de grano de cacao





En la tabla 13, se muestra que la mejor calidad organoléptica fue del tratamiento 2, con cajas de madera modificada, ya que se observa buen proceso de fermentado, seguido del tratamiento 1, caja simple y finalmente el saco de yute que nos indica mal proceso de fermentado.

8. ANÁLISIS DE ECONÓMICO

8.1. Costo Total

En la tabla 14, se detalla los costos totales en el que se incluye el valor de cacao húmedo, cajas fermentadoras y mano de obra con un total para los tratamientos T0 con Bs.- 415 (Cuatrocientos quince 00/100 bolivianos), T1 con Bs.- 700 (Setecientos 00/100 bolivianos) y T2 con Bs.- 1100 (Un mil cien 00/100 bolivianos)

8.2. Ingresos

Para la determinación de los ingresos se observó que el mayor ingreso se reportó en el tratamiento 2 con Bs.- 3072,00 (Tres mil setenta y dos 00/100 bolivianos).

8.3. Unidad Neta

El mayor volumen de utilidad fue ubicado en el tratamiento 1 con Bs.- 1988 (Un mil novecientos ochenta y ocho 00/100 bolivianos).

8.4. Relación Costo/Beneficio

La mejor relación costo/beneficio se registró en el tratamiento 0 con Bs.- 3,81 (Tres 81/100 bolivianos) seguido del tratamiento 1 con Bs.- 2,84 (Dos 84/100 bolivianos) finalmente se tiene al tratamiento 2 con Bs.- 1,79 (Uno 79/100 bolivianos).



Tabla 14. Análisis económico

DETALLE	T0	T1	T2
	SACO DE YUTE	CAJA SIMPLE	CAJA MODIFICADA
CANTIDAD DE CACAO HUMEDO (Kg)	300,00	300,00	300,00
CANTIDAD DE CACAO SECO (Kg)	95,00	96,00	96,00
PRECIO POR KILO DE CACAO SECO	21,00	28,00	32,00
BENEFICIO BRUTO (Bs.) DE 300 KG	1995,00	2688,00	3072,00
CACAO HÚMEDO	300,00	300,00	300,00
CAJA FERMENTADORA MODIFICADA	0,00	0,00	700,00
CAJA FERMENTADORA SIMPLE	0,00	300,00	0,00
BOLSA DE YUTE	15,00	0,00	0,00
MANO DE OBRA	100,00	100,00	100,00
TOTAL COSTOS VARIABLES	415,00	700,00	1100,00
BENEFICIO NETO	1580,00	1988,00	1972,00
RB/C (Bs)	3,81	2,84	1,79

9. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

Con relación a la temperatura y ph se tiene el mejor tratamiento con la caja modificada ya que en este tratamiento se observa el aumento de temperatura hasta alcanzar un máximo de 46.28 °C con un ph de 5.03 lo que nos indica el mejor grado de fermentado se tuvo con este tratamiento, el tratamiento con la caja simple alcanzó una temperatura de 36.58°C y un ph de 4.8 y finalmente el tratamiento con saco de yute alcanzó la máxima temperatura 30.18 y un ph de 4.59%





Se tuvo como mejor tratamiento la caja modificada, ya que este tratamiento presentó mejor calidad físicas y organolépticas, teniendo sabor y aroma a cacao, seguido del tratamiento de la caja simple y el saco de yute.

Finalmente, en el análisis económico se determinó que el costo total para cada uno de los tratamientos T0, T1 y T2 es de Bs.- 415,00; Bs.- 700,00 y Bs.- 1100,00 respectivamente. Los mayores ingresos los reportó el tratamiento T2 con Bs.- 3072,00. La mayor utilidad neta y relación beneficio/costo se ubicó en el tratamiento, T0 con Bs.- 3,81, seguido del tratamiento T2 con Bs.- -0,19 y finalmente el T2 con una utilidad neta de Bs.- 0,62. Mencionar que las cajas fermentadoras tienen una vida útil de 5 años a comparación del saco de yute, también se observa mejores características físicas y organolépticas en la caja fermentadora modificada.

De acuerdo al trabajo de investigación se rechaza la Hipótesis nula, ya que uno de los tratamientos presentó mejor calidad física y organoléptica en los granos de cacao.

10. RECOMENDACIÓN

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se recomienda utilizar la caja fermentadora modificada como alternativa para mejorar las características físicas del grano de cacao ya que los resultados obtenidos muestran que los prototipos de caja fermentadora tienen influencia en las características físicas y organolépticas del grano de cacao, con niveles de significancia alto,



Realizar una selección en función a los genotipos de cacao, debido a que cada genotipo requiere distintos tipos de fermentado y secado esto es por el tamaño y forma del grano de cacao.

Se recomienda que en proceso de beneficiario se realice una selección el grano en baba como granos blancos (de primera), amarillos (de segunda), granos germinados y por sucesión de tamaño (July, 2010).

Se debe cosechar mazorcas maduras y sanas ya que las mazorcas inmaduras no poseen el suficiente azúcar en el mucílago y seleccionar las mazorcas dañadas por enfermedades que reducen la calidad del grano.

[Handwritten signature]



inici



Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

2023

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica

Elaborado por el Departamento de Asesoría Jurídica y Asesoría Técnica





11. BIBLIOGRAFÍA

Armijos, A. 2002. Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación, Tesis Lic. en Química, Quito, Ecuador, Pontificia Universidad Católica 103 p.

BAZOBERRY, O.; SALAZAR, C. 2008. El cacao en Bolivia una alternativa económica de base campesina indígena. La Paz, Bolivia. CIPCA

BATISTA, L. (2006). Descripción de Cultivares de Cacao. Centro de Producción Genética de Plantas y Semillas. Bonao.

BATISTA, L. 2009 Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana (en línea). Santo Domingo, CEDAF. Consultado 19 de julio. 2010. Disponible en http://www.ceid.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/CACAO.pdf

Bravo, N; Mingo, F. 2011. Valoración de tres métodos de fermentación y secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L) en la parroquia Panguintza del cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe. (En línea). <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/>

Bravo, N. I., & Mingo, F. (2015). Evaluación de tres métodos de fermentación y secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino. Obtenido de <file:///C:/Users/NANCY/Downloads/TESIS%20CACAO.pdf>

Calderón, L. 2002. Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación con la calidad. Tesis Lic. en Química, Quito Ecuador, Pontificia Universidad Católica. 144 p.



CIPCA (Centro de investigación y promoción del campesinado). 2007. Beneficiado del cacao criollo. Bolivia, 10p.

ESTRADA, W.; ROMERO, X.; MORENO, J. 2011. Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. San Salvador, El Salvador.

GRANDA, J. (2012). Evaluación de cinco métodos de fermentación y dos métodos de secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao nacional (*Theobroma cacao*) en las parroquias El Eno, Jambeli y General Farfan Cantón Lago Agrio.

GARDINI, E; CERNADES, ARÉVALO, ÁGUILA, J. 2004. Manejo integrado del cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonia Peruana. Perú. 167p.

Graziani, L. F. 2003. Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV. Consultado el 18 de enero del 2005 disponible en www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html

Infocacao. (2017). Producción de cacao CCN-51 y fino de aroma. Obtenido de http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/InfoCacao_No14_Sept_2017.pdf



Jiménez, J.C. 2000. Efectos de dos Métodos de Fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivados en la zona de Quevedo, Provincia de Los Ríos. Tesis Ing. Agr. Guaranda Ecuador, Universidad Estatal de Bolívar, 57 p.



July, W. (2007). Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones elites del Alto Beni, Bolivia. CATIE.

July, W. (2010). Manual para la Producción Orgánica de Cacao en Bolivia. 99 – 110p.



Kerly B, Diego T.; (2023). Micro fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cajas de madera no convencionales: impacto en la calidad del licor, Quevedo.

Martínez, L. 2015. Estandarización del sistema de fermentación de cacao semilla. https://es.scribd.com/doc/280702732/Estandarizacion-de-Fermentacion-Cacao?secret_password=pEB0z2NVBbxc2jbqmVuA

Malespín, M. 1982. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria, Nicaragua.

Moreira, D. M. 1994. La Calidad del Cacao, Revista INIAP No 4, 24 26.

MOTAMAYOR, J. (2006). Mejoramiento genético de cacao, herramienta para mejorar las condiciones de producción USDA-MARS-USA. Taller Regional Andino de Aplicación Tecnológica en el Cultivo del Cacao. ACCESO, IICA, USAID, WCF, CICAD/OEA. Quevedo de los Ríos, Ecuador 6-8 marzo 2006

Palacios, Á. 2008. Establecimientos de parámetros (físicos, químicos y organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en dos zonas identificadas al norte y sur del litoral ecuatoriano. (En línea). www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTABLECIMIENTOS_PARAMETROS.pdf

PIAF-EL CEIBO (2015). Manual del manejo de cacao orgánico. Experiencias de la región del Alto Beni, Bolivia.

PDMPB (2008-2012). Plan de desarrollo municipal Palos Blancos.

Ramos, G.; Ramos, P. y Azócar, A., 2000. Beneficio del Cacao, In Manual del Productor de cacao, Mérida Venezuela, p. 58 69.



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



SENAMHI, 2016. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Consultado 30 de junio del 2016. Disponible en: <http://www.senamhi.bo/>+

Somarriba, E. (2002). ¿Cómo estimar visualmente la sombra en cafetales y cacaotales? Agroforestería en las Américas.

Voltz, M. 1990. Glossary of terms for sensory evaluation of cocoa materials, NESTLE Research centre lausaune. 12 p.





12. ANEXO



Figura 1. Preparación de las cajas fermentadoras



Figura 2. Instalación de los tratamientos



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

INIAF
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



Figura 3. Primer volteo y toma de datos (48 horas)



Figura 4. Prueba de corte





Figura 5. Segundo volteo y toma de datos (96 horas)



Figura 6. Prueba de corte



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

INIAF
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



Figura 7. Tercer volteo y toma de datos (120 horas)



Figura 8. Prueba de corte

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF
Dirección: Calle Cañada Strongest, Esquina Otero de la Vega, N° 1573/ Zona San Pedro Centro
Teléfonos: (591-2) - 22124404 – 2 2124411 Web: iniaf.gob.bo
La Paz – Bolivia

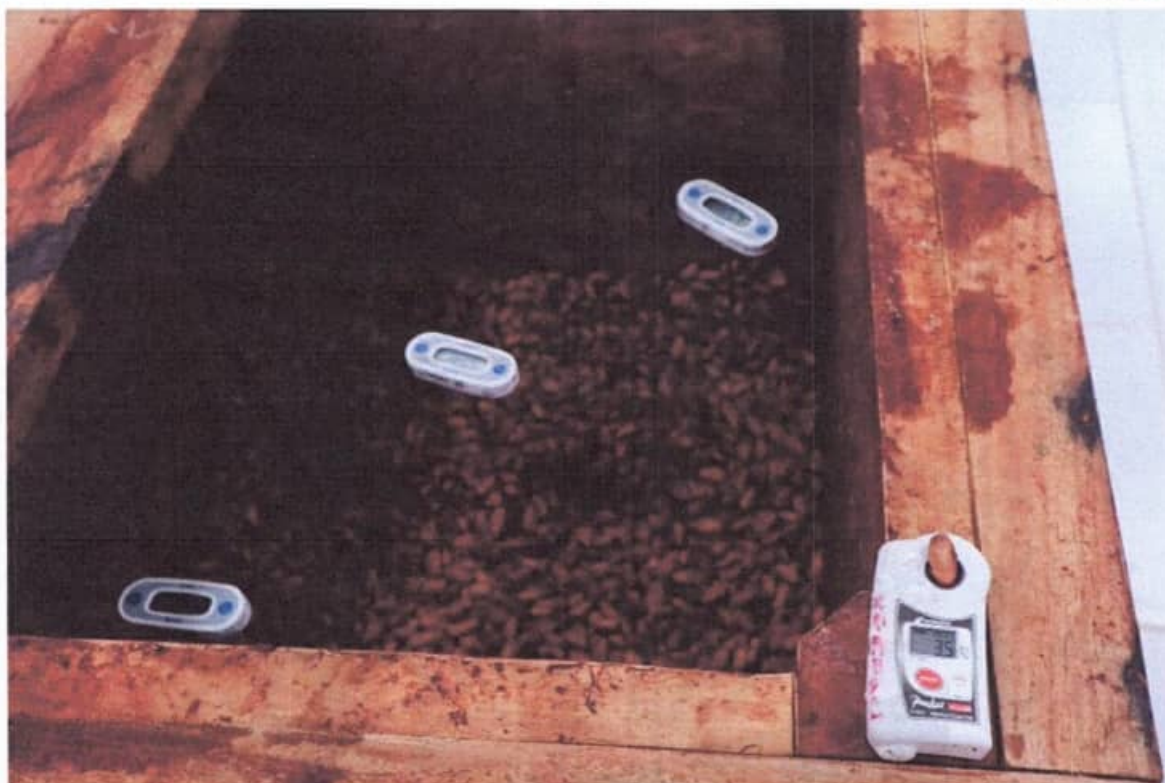


Figura 9. Quinto volteo y toma de datos (168 horas)



Figura 10. Medición de pH de la cascara



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

INIAF
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



Figura 11. Secado de grano de cacao



Figura 12. Porcentaje de humedad



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

INIAF
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal

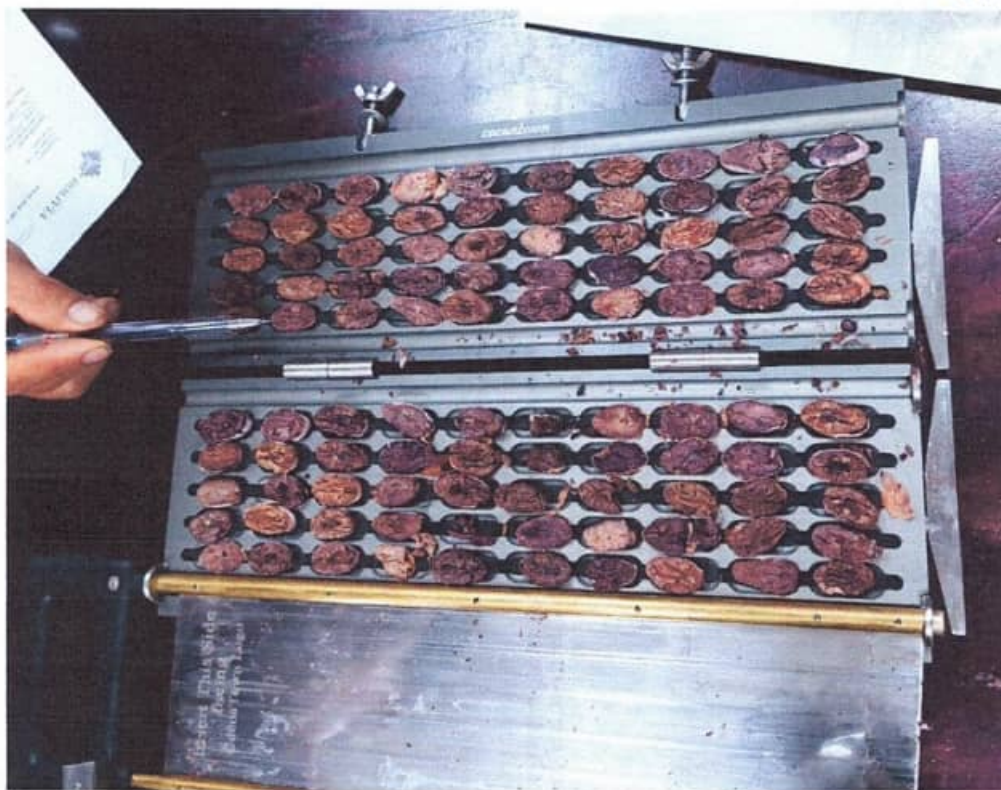


Figura 13. *Análisis de calidad de grano de cacao*

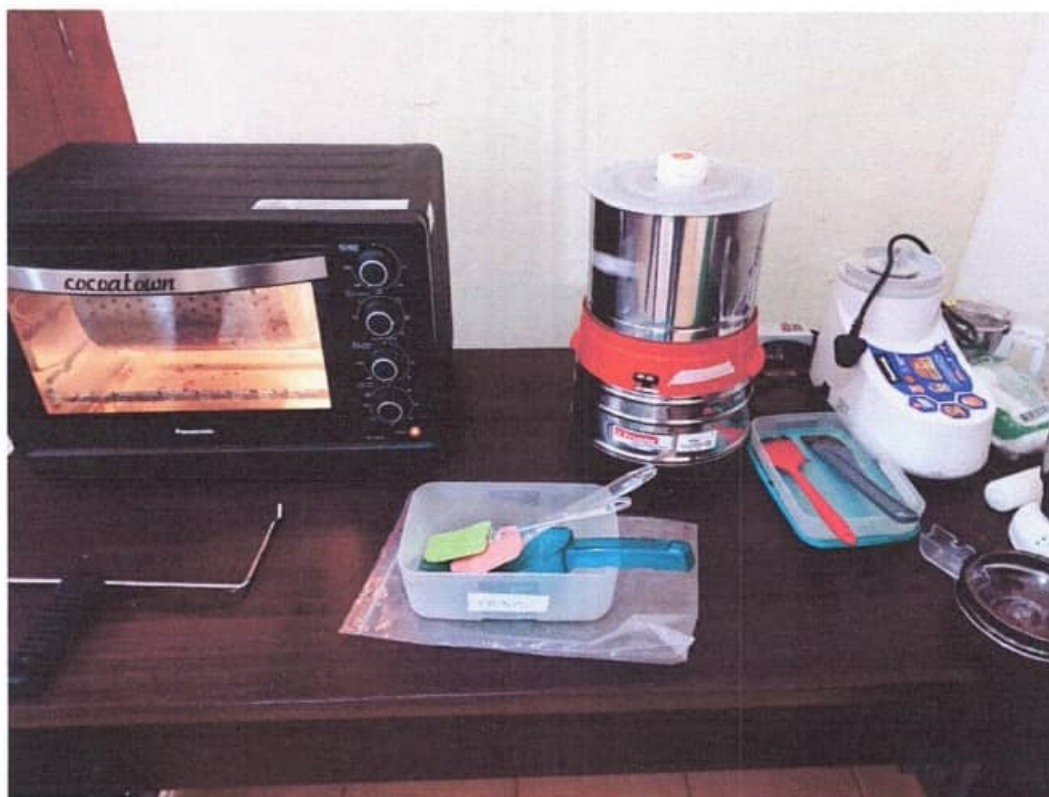


Figura 14. *Prueba de calidad organoléptica*

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF
Dirección: Calle Cañada Strongest, Esquina Otero de la Vega, N° 1573/ Zona San Pedro Centro
Teléfonos: (591-2) - 22124404 – 2 2124411 Web: iniaf.gob.bo
La Paz – Bolivia

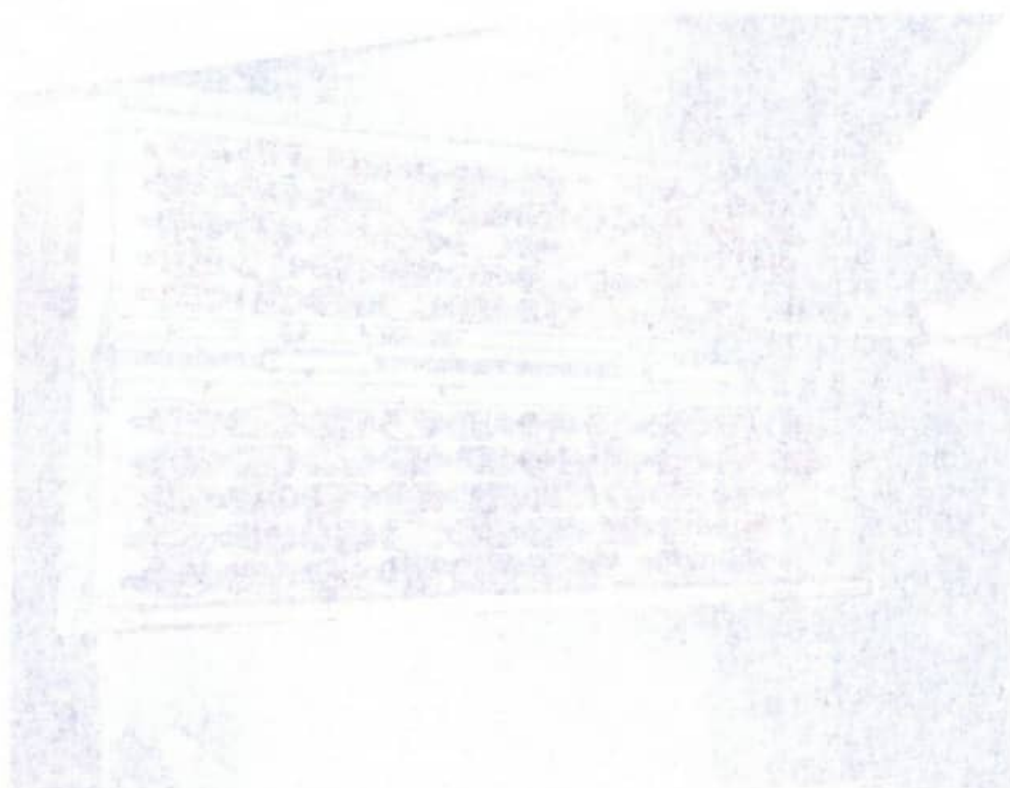


Figure 1. Evolution of the ratio of the average of the two variables to the average of the two variables



Figure 2. Evolution of the ratio of the average of the two variables to the average of the two variables