

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN.

Código: AA-1703

Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador.

TÍTULO A OBTENER: Ingeniero Agroindustrial.

AUTORES.

Nombres, apellidos	Institución y dirección	Teléfono y E-mail	Firma
Israel Andrés Steinau Dueñas	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. Final 25 Avenida Norte, San Salvador.	6200-2408 iasteinau@hotmail.com	
Saúl Ovidio González Rosales, MS.	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Fitotecnia. Final 25 Avenida Norte, San Salvador.	7465-5458 saulovidio_g@yahoo.com	
Lic. Vianney Castañeda de Abrego	CENSALUD, Universidad de El Salvador. Final 25 Avenida Norte, San Salvador.	7476-3969 viacda@yahoo.es	

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento:
 Ing. Agr. Mario Alfredo Pérez Ascencio Firma: _____

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad:
 Ing. Agr. M.Sc. Elmer Edgardo Corea Guillén Firma: _____

Jefe del Departamento:
 Ing. Agr. M.Sc. Fidel Ángel Parada Berríos Firma: _____

Sello: _____

Ciudad Universitaria, junio de 2017.

Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador.

Autores: Steinau-Dueñas IA¹, González-Rosales SO², Castañeda-de-Abrego V³.

RESUMEN

La investigación se ejecutó de mayo a noviembre de 2016, realizando tres procesos de fermentación entre junio y julio, en el centro de acopio de la Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria “Cacao Los Izalcos” de Responsabilidad Limitada, ACPACI de R. L., en Caluco, Sonsonate, El Salvador. Evaluando si la clasificación del grano por cantidad de mucilago (categoría A y B), los métodos de fermentación (sin y con presecado) y los fermentadores (caja de madera y saco de yute), influyeron en la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*), aplicando un diseño factorial 2³ en bloques con ocho tratamientos y tres repeticiones. Midiendo diariamente: temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura del grano, pH, grados Brix, porcentaje de acidez, grados de alcohol y estado del grano. De agosto a noviembre de 2016 se analizaron los contenidos de: grasa, proteína, ceniza, grado de fermentación por el método de agua y la calidad física del grano por el método de corte. El principal hallazgo obtenido fue que, los granos categoría A y B con mayor porcentaje de buena fermentación y menor de levemente fermentado fueron los que no recibieron presecado y fermentados en saco de yute, con 76.3 y 78.7% respectivamente, así como los granos categoría B, sin presecado y fermentados en caja de madera, con 77%. Sin embargo, los análisis de varianza no detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) con un nivel de significancia del 5%. Comparando los resultados con la clasificación de la norma INTE/ISO 23-02-04-09, los granos categoría A y B, sin presecado y fermentados en sacos de yute, clasificaron como granos fermentados grado I.

Palabras clave: *Theobroma cacao L.*, Fermentación de cacao, Métodos de fermentación, Presecado.

Evaluation of the incidence of fermentation in the quality of the cocoa bean trinitario in Caluco, Sonsonate, El Salvador.

ABSTRACT

The research was carried out from May to November 2016, carrying out three fermentation processes between June and July, at the collection center of the Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria “Cacao Los Izalcos” de Responsabilidad Limitada ACPACI de R. L. in Caluco, Sonsonate, El Salvador. Evaluating whether the grain classification by quantity of mucilage (category A and B), fermentation methods (without and with pre dried) and fermenters (wooden box and jute sack), influenced the quality of the cocoa bean (*Theobroma cacao L.*), applying a 2³ block factorial design with eight treatments and three replicates. Measuring every day: ambient temperature, relative humidity, grain temperature, pH, degrees Brix, percentage of acidity, alcohol degrees and grain status. From August to November 2016 analyzed the contents of: fat, protein, ash, degree of fermentation by the water method and the physical quality of the grain were analyzed by the cutting method. The main finding was that the category A and B grains with a higher percentage of good fermentation, and lower percentage of slightly fermented were those that did not receive pre-dried and fermented in the jute sack, with 76.3 and 78.7% respectively, as well as, the category B grains, Without pre-dried and fermented in

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Estudiante tesista.

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia, Docente director.

³ Centro de Investigación y Desarrollo en Salud, Universidad de El Salvador, Asesor externo.

a wooden box, with 77%. However, the analyzes of variance did not detect significant differences ($p>0.05$) with a significance level of 5%. Comparing the results with the classification of INTE / ISO 23-02-04-09, the grains of category A and B, without pre-dried and fermented in jute sacks, classify as grade I fermented grains.

Keywords: *Theobroma cacao L.*, Fermentation of cocoa, Fermentation methods, Pre-dried.

1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador se carece de normas, parámetros y estándares de calidad para el beneficiado del cacao, que permitan asegurar la calidad del producto final. Ocasionalmente que la gran mayoría de cacaocultores no realicen la fermentación, y los que lo hacen no cuentan con un método uniforme y estandarizado que permita la formación de los precursores del sabor a chocolate. Obteniendo al final del proceso gran cantidad de granos pizarrosos, que dan un sabor amargo y sensación astringente, granos violetas y negros causados por el poco o mucho tiempo de fermentación, además de granos mohosos con olores desagradables debido a la cantidad y calidad de volteos efectuados.

Graziani citado por Sánchez (2007), afirma que el sabor potencial del cacao fino, es debido a la variabilidad genética de los árboles que lo producen. Aunque, el desarrollo del sabor y aroma dependen de la correcta fermentación y secado. Por lo tanto, la fermentación es uno de los procesos que desarrollan la calidad propia del cacao para hacer chocolate, causando la muerte del embrión, generando las reacciones bioquímicas dentro de los cotiledones, disminuyendo el sabor amargo y la astringencia; permitiendo el desarrollo de los compuestos precursores que reaccionarán durante el tostado. Confirmando lo dicho por Lambert (s.f.), «no hay sabor a chocolate en los granos sin fermentar».

Sin embargo en El Salvador, no han existido investigaciones sobre la fermentación del grano, en donde se determinen aspectos básicos tales como: temperatura, pH y grados Brix; dejando de lado el conocimiento necesario para transmitir a los productores, quienes, según el tipo de cacao y condiciones ambientales de las fincas, necesitan de un método de fermentación y tipo de fermentador adaptado a sus condiciones, para lograr así un producto de mayor calidad.

No obstante, en la región se cuenta con diversos estudios tales como el de Bravo y Mingo (2011), quienes realizaron la “Valoración de tres métodos de fermentación (Caja de madera, sacos de yute y sacos de polipropileno) 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, Ecuador”, demostrando que la fermentación en cajones tiende a ser óptima, con un máximo de temperatura al cuarto día (45°C), mientras que en los sacos de polipropileno y de yute continúa aumentando hasta 48°C, obteniendo un mayor porcentaje de fermentación en los sacos de yute.

Así también, el estudio: “Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera” realizado por Graziani *et al.* 2003, concluye que el diseño del fermentador influyó sobre las características físicas y químicas, encontrando que con el uso de la caja cuadrada se obtuvieron temperaturas más altas en la masa de cacao, las cuales fueron alcanzadas en menor tiempo que en la caja rectangular, así mismo, mayor porcentaje de granos fermentados.

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar si la aplicación de algún método de fermentación con un tipo de fermentador en alguna categoría de grano, lograría una buena fermentación; produciendo una buena calidad en el grano de cacao trinitario cosechado y fermentado en la zona de estudio.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del estudio

El proyecto se desarrolló en siete meses, de mayo a noviembre de 2016, dos de ellos fueron para la fase de campo, realizando tres procesos de fermentación, con un total de 24 unidades experimentales en el centro de acopio de la Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria “Cacao Los Izalcos” de Responsabilidad Limitada ACPACI de R. L., ubicado en la Finca San Luis, Cantón Agua caliente, Caluco, Sonsonate, El Salvador. En los meses de agosto a noviembre se desarrolló la fase de laboratorio con los análisis de contenido de grasa, proteína y ceniza en el Laboratorio de Química Agrícola y la evaluación de la calidad del grano por el método de corte y prueba de agua en el laboratorio 4 de la Facultad de Ciencias Agronómicas (CCAA) de la Universidad de El Salvador (UES).

2.2. Metodología de campo

2.2.1. Material Vegetal

Se utilizó cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo trinitario proveniente de las fincas de los socios de ACPACI de R.L., localizadas en los municipios de: Caluco, Nahulingo, Izalco y Nahuizalco, departamento de Sonsonate, El Salvador.

2.2.2. Cosecha

Los productores cosecharon los frutos homogéneos maduros y sanos, en forma aleatoria, guiándose por el viraje de color de la mazorca y por el sonido que hace su interior al ser ligeramente golpeado como índices de madurez para cosecha.

2.2.3. Quiebra y desgrane de las mazorcas

La quiebra se realizó golpeando la mazorca con un mazo de madera, hasta que se abre. Posteriormente se realizó la extracción de los granos, deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta o vena central.

2.2.4. Clasificación y pesado del grano fresco

El grano se clasificó visualmente según el estado de madurez, obteniendo dos categorías:

- ⊕ Categoría A: Grano con gran cantidad de mucílago.
- ⊕ Categoría B: Grano con poca cantidad de mucílago.

Se pesaron 4.0 kg de cacao fresco (grano cubierto de mucílago), en una balanza digital marca ADAM con capacidad de 5.0 kg, para ser colocados aleatoriamente en cada uno de los fermentadores.

2.2.5. Presecado del grano fresco

El presecado consistió en dejar por una noche los granos dentro de sacos colgados, ayudando a que continúe el proceso de escurrido del mucílago. Al día siguiente por la mañana, se colocó el cacao en un tendal con exposición directa al sol, con el fin de perder el exceso de mucílago que queda en el grano, dejándolo por siete horas. Haciendo un total de 24 horas para dicho proceso.

2.2.6. Tipos de fermentadores

Se utilizaron dos tipos de fermentadores:

- ⊕ Caja de madera de cedro de 20 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad, con agujeros de 1 cm de diámetro separados a 5 cm entre ellos, en el fondo del cajón para permitir la salida del lixiviado del mucílago.
- ⊕ Sacos de yute de 50 cm de largo y 65 cm de ancho.

Ambos tipos de fermentadores fueron cubiertos con plástico, luego con sacos de yute y nuevamente con plástico para preservar la temperatura de la masa cacao.

2.2.7. Volteo y remoción

Atendiendo a que la característica fenotípica predominante en las fincas es trinitario, se volteó cada uno de los tratamientos siguiendo el tiempo establecido por Bravo y Mingo (2011), Rufino *et al.* (2012) y la recomendación de Lambert (s.f.) de realizar los volteos a las 48, 72, 96 y 120 horas durante el proceso de fermentación. Dicho proceso consistió en mezclar los granos con la mano, pasando los que están en la parte superior hacia abajo y los de abajo hacia arriba del fermentador, con el fin de homogenizar la temperatura y permitir la correcta aireación para dar lugar a los cambios bioquímicos necesarios.

2.2.8. Días de fermentación

El proceso tuvo una duración de seis días, para todos los tratamientos en estudio, siguiendo el protocolo de fermentación de cacao de Ramos (2017), así como lo establecido por Loor (2006) y Martínez (2015).

2.2.9. Análisis físico químicos durante la fermentación

Cada 24 horas iniciando a las 8:00 a.m. con el tratamiento uno hasta finalizar con el tratamiento ocho se midieron los siguientes factores:

- ⊕ Temperatura ambiente y humedad relativa con un termohigrómetro HANNA HI 9564
- ⊕ Temperatura de los granos con un termómetro digital HANNA HI 93503 y tres termómetros DIGIFLEX TP101

Además, se midió en cotiledón, testa (mucilago y la película o capa que cubre al grano) y liviado (líquido que escurre de la testa):

- ⊕ pH con un pH-metro digital OAKTON pHTestr 10
- ⊕ Grados Brix y porcentaje de acidez con un refractómetro PAL-BX ACID181
- ⊕ Grados de alcohol con un refractómetro PET – 109

El día de presecado no se incluye, ya que las comparaciones son del proceso de fermentación.

2.2.10. Determinación del estado del grano

Diariamente se cortaron diez granos de cada tratamiento longitudinalmente a lo ancho, con un bisturí de hoja N° 20 durante los días de fermentación, para observar los cambios en las siguientes características:

- ⊕ Color: En un área expuesta por el corte en un punto específico de cada grano se determinó el color RGB (sigla en inglés de red, green, blue) por medio de fotografía tomada con una cámara del dispositivo móvil Samsung Galaxy Note 5 con autoenfoco, resolución de 16 MP, con apertura máxima de f/1.9.
- ⊕ Mortalidad del embrión: se observó el color del embrión para conocer su estado fisiológico cuantificando embriones vivos y muertos. El color café oscuro indicaba la muerte del embrión.
- ⊕ Presencia de líquido: Con una escala hedónica de seis puntos siendo cero la ausencia total de líquido y cinco es la presencia total de líquido dentro del grano (cuando al cortarlo, salpica desde la inserción del bisturí) se estimó la presencia de líquido al momento del corte.
- ⊕ Fisuras internas: Con una escala hedónica de seis puntos siendo cero cuando no existen fisuras en el cotiledón y cinco gran cantidad y profundidad de las fisuras, se pondero la presencia de fisuras en el área del grano expuesta por el corte.

2.3. Metodología de laboratorio

2.3.1. Secado

Se secaron los granos de cacao fermentados en una estufa eléctrica marca QUINCY LAB modelo 30GC. Se colocaron los granos de cacao fermentados a una temperatura de 55°C, por 32 horas.

2.3.2. Análisis bromatológicos

Se llevaron 26 muestras (tres repeticiones de cada tratamiento y dos muestras frescas de cacao), al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en donde se analizaron los contenidos de proteína por el método de Kjeldahl, grasa por el método de Soxhlet y cenizas por el método gravimétrico, siguiendo las marchas del AOAC (1980).

2.3.3. Determinación del grado de fermentación y calidad del grano

El grado de fermentación y calidad del grano fermentado se obtuvieron mediante la aplicación de las pruebas siguientes:

- ⊕ Prueba de agua: 100 granos fermentados y secos se vertieron en un cilindro graduado de 1000 ml, conteniendo 1000 ml de agua destilada. Se mezclaron y se dejaron reposar por 3 min. A continuación, se tomó la lectura de la cantidad de granos a lo largo de la columna de agua en el cilindro, los granos que flotan en el cuarto superior del cilindro son considerados bien fermentados, granos localizados en el medio son considerados ligeramente fermentados y granos depositados en el fondo son considerados no fermentados.
- ⊕ Prueba de corte y calidad del grano: Se pesaron 100 granos con una balanza digital marca ADAM con capacidad de 5.0 kg, y se cortaron longitudinalmente a lo ancho con un bisturí de hoja N° 20 para exponer un área interna máxima de los cotiledones. Evaluando color, fisuras internas y presencia de defectos según la norma INTE/ISO 23-02-04-09. Cacao y productos derivados del cacao.

2.4. Metodología Estadística

El montaje de la investigación se realizó bajo un diseño factorial 2^3 en bloques, ya que estudia por cada semana de fermentación (Bloque), el efecto de tres factores considerando dos niveles en cada uno (Cuadro 1), permitiendo el estudio del efecto individual y de interacción entre ellos.

Cuadro 1. Factores y niveles de la investigación

Factor	Niveles	
Contenido de mucilago	Categoría A	Categoría B
Método de fermentación	Sin presecado	Con presecado
Tipo de fermentador	Caja de madera	Saco de yute

Fuente: Elaboración propia.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- ⊕ T1: Cacao categoría A, con presecado por 24 horas y fermentado en caja de madera.
- ⊕ T2: Cacao categoría A, con presecado por 24 horas y fermentado en sacos de yute.
- ⊕ T3: Cacao categoría A, sin presecado y fermentado en caja de madera.
- ⊕ T4: Cacao categoría A, sin presecado y fermentado en sacos de yute.
- ⊕ T5: Cacao categoría B, con presecado por 24 horas y fermentado en caja de madera.
- ⊕ T6: Cacao categoría B, con presecado por 24 horas y fermentado en sacos de yute.
- ⊕ T7: Cacao categoría B, sin presecado y fermentado en caja de madera.
- ⊕ T8: Cacao categoría B, sin presecado y fermentado en sacos de yute.

Se determinó si los datos cumplían con los supuestos de normalidad por medio de la prueba de Shapiro Wilks. A los que la cumplieron, se les aplicó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey si el ANVA evidencia la existencia de diferencias significativas a $\alpha = 0.05$. Se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson para determinar la correlación entre los indicadores: temperatura, pH, grados Brix, porcentaje de alcohol, y ácido acético.

El procesamiento de datos fue realizado con el Software Estadístico InfoStat, de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

2.5. Costeos de los tratamientos

Se desarrolló el costeo considerando el uso del fermentador (caja o saco) según el tratamiento, excluyendo costos variables como el cacao y cualquier otro insumo. Además, se elaboró la proyección de uso durante seis meses y un año.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Condiciones ambientales de la fermentación

El registro de la temperatura ambiente y humedad relativa dentro del centro de acopio se resume en Cuadro 2.

Cuadro 2. Monitoreo de temperatura y humedad relativa promedios en el centro de acopio de ACPACI de R.L. durante el proceso de fermentación

Día	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)		
	Media	Max.	Min.	Media	Max.	Min.
0	30.3	32.9	26.3	69.4	72.5	66.3
1	30.6	33.1	25.9	69.5	75.9	66.1
2	31.0	33.2	26.3	69.0	76.1	63.0
3	30.6	33.0	25.8	67.9	71.1	65.5
4	30.1	33.0	25.8	67.5	75.3	61.5
5	30.0	32.8	25.7	67.9	70.0	66.5
6	30.2	32.9	25.9	69.2	76.8	63.2
7	30.4	33.0	25.8	72.5	75.8	67.8

Fuente: Elaboración propia.

Según Bravo y Mingo (2011), al inicio del proceso la temperatura ambiente ejerce un papel importante. Esto es debido a que las fluctuaciones en la temperatura ambiente, perjudican el aumento continuo de temperatura en los granos de cacao; para contrarrestar este efecto fue necesaria la utilización de plástico y sacos para cubrir los fermentadores.

3.2. Monitoreo del proceso de fermentación

3.2.1. Medición de temperatura de los granos categoría A

Debido al presecado los granos en ambos fermentadores (T1 y T2), iniciaron el proceso con temperaturas altas (35.3°C y 37.4°C respectivamente), pero en lugar de aumentarla o mantenerla por unos días, ésta fue disminuyendo, hasta llegar a valores por debajo de la temperatura ambiente promedio (Figura 1).

En cambio, los tratamientos sin presecado (T3 y T4), iniciaron con temperaturas de 31°C y 30°C respectivamente, aumentando gradualmente durante el periodo de fermentación, alcanzando el punto máximo entre los días 3 y 4 con temperaturas de 36.1°C y 41.0°C correspondientemente.

A pesar que, los granos fueron sometidos al mismo método de fermentación, la notable diferencia de temperatura entre ambos tratamientos (T3 y T4), se debió al tipo de fermentador. Según Bravo y Mingo (2011) los sacos de yute generan mayores temperaturas que las cajas de madera, situación que fue observada en el proceso.

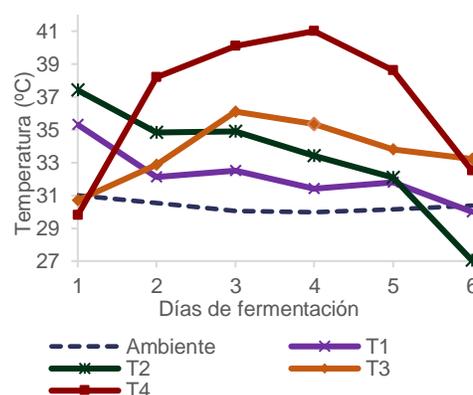


Figura 1. Comportamiento de la temperatura de los granos con mayor contenido de mucilago (categoría A) durante la fermentación.

3.2.2. Medición de temperatura de los granos categoría B

Los granos categoría B que recibieron presecado (T5 y T6) comenzaron el proceso, con temperaturas altas (35.5°C y 38.7°C respectivamente) (Figura 2). Sin embargo, al igual que los granos categoría A (T1 y T2), no lograron el aumento gradual de temperatura, disminuyendo luego del presecado. Por su parte los granos que no fueron presecados (T7 y T8) al igual que los granos categoría A (T3 y T4) mostraron un incremento gradual con una temperatura inicial de 29.5°C y 31.0°C respectivamente, alcanzando su valor máximo en el día 4 (33.7°C y 40.9°C respectivamente), concordando para los fermentados en sacos de yute (T8) con los resultados de la Sociedad Alemana de Corporación Técnica, citada por Riera (2009), quienes afirman que en el cuarto día se debe alcanzar una temperatura de 40°C.

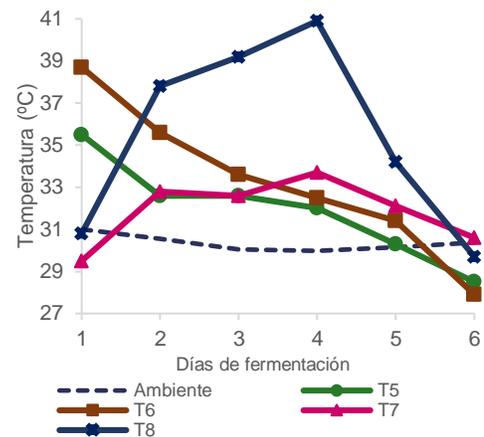


Figura 2. Comportamiento de la temperatura de los granos con menor cantidad de mucilago (categoría B) durante la fermentación.

Nuevamente el tipo de fermentador influyó en la temperatura de los granos de cacao, ya que, en las cajas de madera (T5 y T7), se alcanzaron menores picos de temperatura que en los fermentados en sacos de yute (T6 y T8). A pesar de ello, los ocho tratamientos tuvieron un considerable aumento de temperatura, de forma inducida para los que recibieron presecado y natural para los tratamientos sin presecado. Dicho aumento es muy importante, ya que, «es responsable en parte de la muerte del embrión y del inicio de las reacciones enzimáticas en los tejidos del cotiledón que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate» (Braudeau, citado por Graziani *et al.* 2003). Sin embargo, ningún tratamiento logró una temperatura promedio de 45°C en su punto máximo tal como menciona Wood, citado por Palacios (2008), debido a que la temperatura generada en la masa de fermentación está relacionada con la temperatura ambiente y micro fauna del lugar (Hardy, citado por Sánchez 2007). No obstante, los granos de categoría A y B fermentados en saco de yute, sin presecado (T4 y T8), tuvieron un punto máximo de temperatura de 41.0°C y 40.9°C respectivamente, similar al obtenido por Graziani *et al.* (2003) en un fermentador de caja (41.3 °C), logrando una buena fermentación de los granos.

3.3. Comportamiento de la fermentación en los granos categoría A

3.3.1. Granos sometidos al presecado

El comportamiento de la fermentación en la etapa anaerobia para los granos categoría A, fermentados en cajas de madera (T1) (Figura 3) y fermentados en sacos de yute (T2) (Figura 4), fue limitada debido al presecado, causando una baja transformación de los azúcares en alcohol con una correlación directa entre ambos parámetros ($r=0.85$ y $r=0.95$ para T1 y T2 respectivamente). En contraste, en la etapa aerobia la fermentación aumentó luego del primer volteo (día 2) en ambos tratamientos, ya que según Braudeau, citado por Enríquez (1985) las bacterias acéticas oxidan el alcohol etílico en ácido acético, el cual penetra en el cotiledón por lo que, existe una relación inversamente proporcional entre el alcohol de la testa

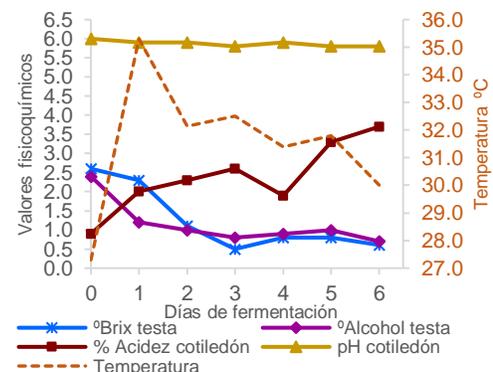


Figura 3. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría A, presecados y fermentados en caja de madera (T1)

y el ácido en el cotiledón, siendo ésta mayor para los granos fermentados en cajas ($r=-0.80$) y menor para los fermentados en sacos ($r=-0.15$). La reacción planteada por Braudeau, citado por Enríquez (1985) es exotérmica, causando una elevación en la temperatura de la masa de fermentación, con una correlación directa entre temperatura y acidez, débil para los granos fermentados en caja de madera ($r=0.25$) y moderada para los fermentados en saco de yute ($r=0.44$). Logrando de manera inducida en este último, la fermentación total descrita por Bravo y Mingo (2011). Ya que luego de aplicar el presecado (día 1) se registró la temperatura más alta, y pH más bajo, con una baja correlación ($r=-0.37$) entre ambos parámetros. A pesar que en los granos fermentados en caja de madera (T1) la correlación fue inversa con $r=-0.36$, no logró dicho aumento de temperatura y disminución de pH en el mismo día. Por lo que el tipo de fermentador utilizado para los granos presecados influyó en la fermentación.

3.3.2. Granos sin proceso de presecado

La fermentación alcohólica generada en la testa de los granos categoría A, sin presecado, fermentados en caja de madera (T3) (Figura 5), y fermentados en sacos de yute (T4) (Figura 6), fue baja, al igual que en los tratamientos con presecado. Con una correlación directa entre grados Brix y grados de alcohol con $r=0.08$ y $r=0.42$ para T3 y T4 respectivamente. En cambio, la fermentación acética aumento luego del primer volteo (día 2), validándose con la correlación inversa existente entre grados de alcohol y porcentaje de acidez con valores de $r=-0.12$ para T3 y $r=-0.69$ para T4. Así como, con el aumento de la temperatura y acidez en el cotiledón con $r=0.46$ y $r=0.59$ para T3 y T4 correspondientemente. Alcanzando además, la máxima temperatura y menor pH, en el día 3 para los granos fermentados en cajas de madera (T3) y en el día 4 para los fermentados en sacos de yute (T4), corroborándose con la alta correlación inversa entre ambos parámetros con valores de $r=-0.88$ para T3 y $r=-0.95$ para T4.

3.4. Comportamiento de la fermentación en los granos categoría B

3.4.1. Granos sometidos al presecado

El proceso de fermentación en la etapa anaerobia para los granos categoría B, fermentados en cajas de madera (T5) (Figura 7), y en sacos de yute (T6) (Figura 8), al igual que en los tratamientos categoría A (T1 y T2), fue afectado por el presecado.

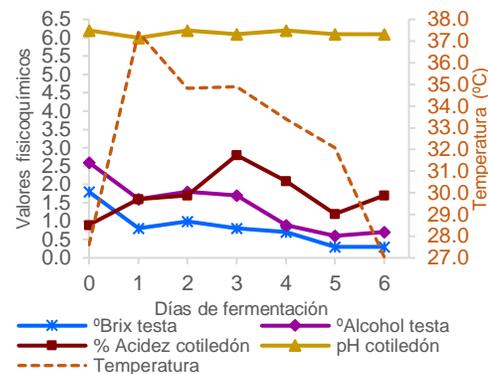


Figura 4. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría A, presecados y fermentados en saco de yute (T2)

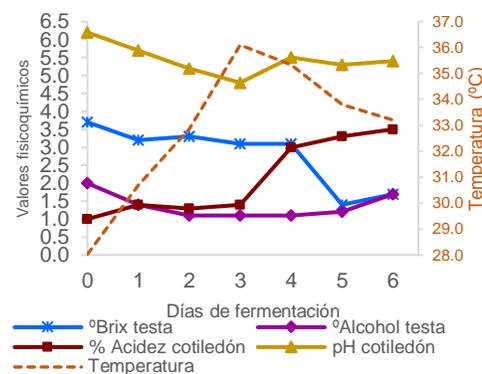


Figura 5. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría A, sin presecado y fermentados en caja de madera (T3)

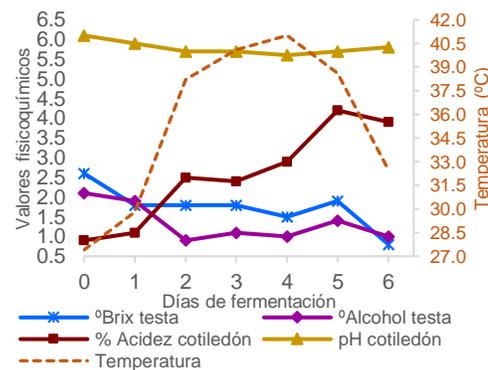


Figura 6. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría A, sin presecado y fermentados en sacos de yute (T4)

Por lo que, no se percibió el incremento de grados alcohol y disminución de grados Brix, siendo la correlación entre ambos factores directamente proporcional con $r=0.96$ y $r=0.99$ para T5 y T6 respectivamente. Por su parte, la fermentación acética inició desde el día 1, mermando la cantidad de alcohol formado en testa, verificándose con una correlación inversa entre los grados de alcohol y el porcentaje de acidez con $r=-0.78$ y $r=-0.65$ para T5 y T6 respectivamente. Consiguiendo, además, para los granos fermentados en saco de yute (T6), la relación directa entre la temperatura y la acidez ($r=0.69$), la cual fue inducida debido al presecado aplicado. Obteniendo en ese día el valor más alto en temperatura y más bajo de pH, con una correlación inversa entre ambos ($r=-0.16$). En cambio, para los granos fermentados en caja de madera (T5) no existió una correlación entre el pH más bajo y la temperatura más alta. Por lo que el tipo de fermentador influye en el proceso de fermentación para los granos categoría B que recibieron presecado.

3.4.2. Granos sin proceso de presecado

El comportamiento de la fermentación alcohólica para los granos categoría B, sin presecado, fermentados en caja de madera (T7) (Figura 9) y fermentados en saco de yute (T8) (Figura 10) mostró una tendencia similar a la de los demás tratamientos, con una débil transformación de los azúcares en alcohol con una correlación directamente proporcional con $r=0.86$ y $r=0.97$ para T7 y T8 respectivamente. Por el contrario, la fermentación acética se desarrolló desde el primer volteo (día 2), con una relación inversa entre el alcohol en testa y el ácido penetrado dentro del cotiledón con una correlación $r=-0.44$ en los fermentados en caja (T7) y $r=-0.78$ en los fermentados en saco (T8). Evidenciando que esta fermentación es exotérmica con una correlación positiva entre la acidez del cotiledón y la temperatura de los granos con valores de $r=0.55$ y $r=0.53$ para T7 y T8 respectivamente. Alcanzando para los granos fermentados en saco de yute (T8) en el día 4, el máximo de temperatura promedio (40.9°C) y pH mínimo en el cotiledón (5.9), creando una fuerte correlación inversa ($r=-0.80$) durante todo el proceso. En cambio, en los granos fermentados en caja de madera (T7) a pesar de la fuerte correlación entre temperatura y pH del grano ($r=-0.75$), no logró la fermentación total, ya que no se alcanzó el máximo valor de temperatura y mínimo de pH en un día determinado.

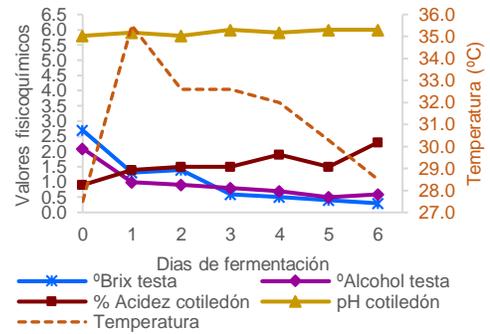


Figura 7. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría B, presecados y fermentados en caja de madera (T5)

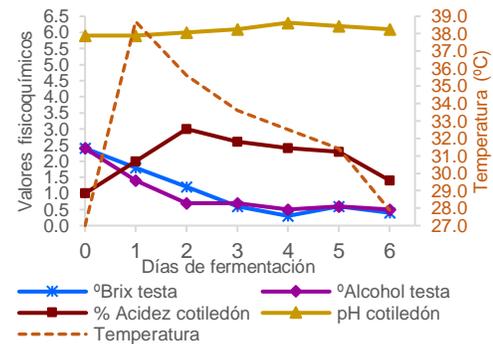


Figura 8. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría B, presecados y fermentados en saco de yute (T6)

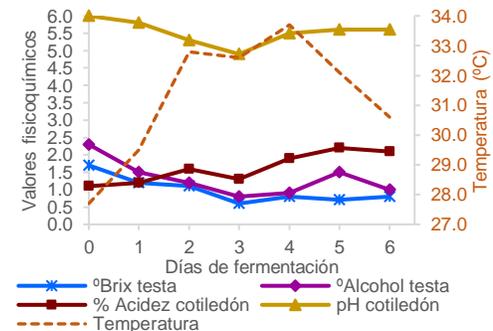


Figura 9. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría B, sin presecado y fermentados en caja de madera (T7)

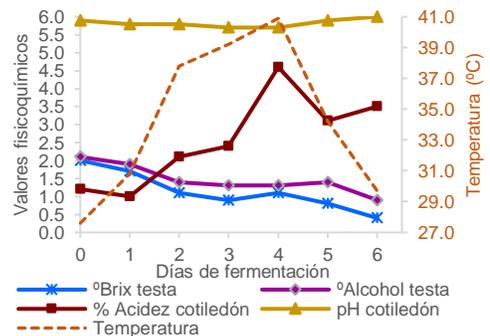


Figura 10. Comportamiento de la fermentación para los granos categoría B, sin presecado y fermentados en saco de yute (T8)

3.5. Estado del grano

3.5.1. Color interno del grano

Se evidenció la afirmación de Bravo y Mingo (2011), «El color de los cotiledones varía de morado claro a rojizo - marrón para los granos bien fermentados». Observando el cambio interno de color morado claro a rojizo para los granos categoría A y B, fermentados en cajas y sacos (T3, T4, T6, T7 y T8), Siendo mayor para los granos fermentados con sacos de yute (T4, T6 y T8) (Cuadro 3). Así como el cambio de color morado a marrón para los granos que recibieron presecado (T1, T2, y T5), en el último día de fermentación (Figura 11).

Cuadro 3. Comportamiento de color interno de los granos de cacao bajo dos métodos de fermentación, dos fermentadores, en dos categorías de grano, expresado en el modelo de color RGB

Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	R 145	R 156	R 142	R 141	R 134	R 162	R 169	R 167
	G 108	G 101	G 96	G 101	G 72	G 104	G 110	G 125
	B 116	B 122	B 99	B 101	B 71	B 101	B 106	B 135
1	R 114	R 107	R 142	R 141	R 110	R 130	R 169	R 167
	G 72	G 58	G 96	G 101	G 64	G 79	G 110	G 125
	B 74	B 61	B 99	B 101	B 64	B 75	B 106	B 135
2	R 110	R 107	R 144	R 141	R 110	R 130	R 169	R 167
	G 69	G 58	G 95	G 101	G 64	G 79	G 110	G 125
	B 77	B 61	B 101	B 101	B 64	B 75	B 106	B 135
3	R 91	R 107	R 116	R 144	R 110	R 134	R 118	R 145
	G 69	G 58	G 71	G 71	G 64	G 66	G 68	G 88
	B 72	B 61	B 76	B 65	B 64	B 55	B 69	B 99
4	R 91	R 99	R 106	R 144	R 95	R 112	R 118	R 145
	G 69	G 65	G 51	G 71	G 51	G 54	G 68	G 88
	B 72	B 56	B 46	B 65	B 64	B 43	B 69	B 99
5	R 91	R 108	R 106	R 87	R 95	R 112	R 112	R 145
	G 69	G 68	G 51	G 46	G 51	G 54	G 59	G 88
	B 72	B 56	B 46	B 42	B 64	B 43	B 53	B 99
6	R 91	R 108	R 106	R 115	R 120	R 112	R 112	R 138
	G 69	G 68	G 51	G 56	G 54	G 54	G 59	G 49
	B 72	B 56	B 46	B 46	B 38	B 43	B 53	B 17

Fuente: Elaboración propia.

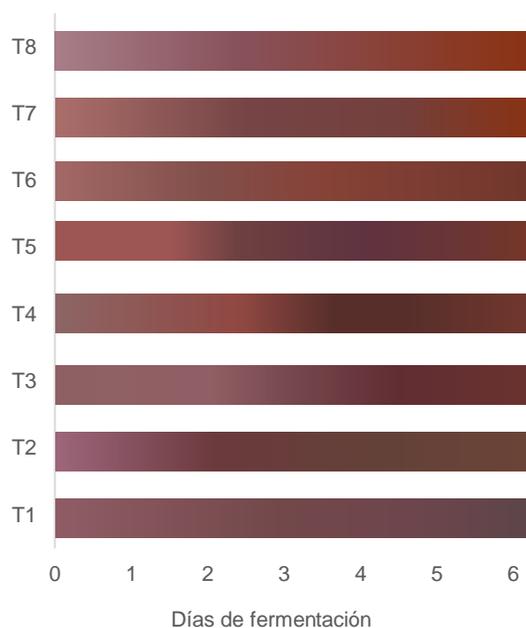


Figura 11. Comportamiento de color interno del grano en los ocho tratamientos

3.5.2. Mortalidad del embrión

Para los granos categoría A y B, fermentados en cajas y sacos (T1, T2, T5 y T6), el presecado provocó la muerte de los embriones desde el día 1 (Cuadro 4). En cambio, para los granos de ambas categorías sin presecado (T3, T4, T7 y T8) la muerte del embrión inició a partir del día 3. A pesar de esta diferencia, los granos categoría A sin presecado, fermentados en caja (T3) y en saco (T4), obtuvieron la mayor cantidad de embriones muertos. Por el contrario, los granos categoría B con igual fermentador y método de fermentación (T7 y T8), resultaron con la menor cantidad de embriones muertos.

Cuadro 4. Mortalidad de embriones en los granos de cacao

Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	10	10	10	10	10	10	10	10
1	8	7	10	10	7	5	10	10
2	6	3	10	10	4	3	10	10
3	4	3	6	5	4	2	8	7
4	3	3	5	4	2	2	7	5
5	2	2	4	2	2	2	6	5
6	2	2	1	1	1	2	4	3

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Presencia de líquido y fisuramiento interna

En los granos categoría A y B sometidos al presecado (T1, T2, T5 y T6) la cantidad de líquido (Cuadro 5) y fisuras internas (Cuadro 6) son bajas, debido a la exposición directa al sol. Ya que el mucílago en la testa disminuye, perdiendo humedad, compactando internamente al grano, limitando las condiciones normales del proceso de fermentación. Al contrario, los granos que no recibieron el presecado (T3, T4, T7 y T8), generaron mayor cantidad y profundidad en las fisuras, así como, en la cantidad de líquido desprendido. Siendo superiores

para los fermentados en sacos de yute (T4 y T8). Por lo que, fermentar con sacos de yute, sin presecado, genera un mayor fraccionamiento y liquido interno en ambas categorías de grano.

Cuadro 6. Estimación del contenido de líquido dentro de los granos de cacao

Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.3	0.0	0.0	0.3	0.7	0.3	0.0	0.3
3	0.7	0.0	2.0	1.7	0.7	0.3	1.0	2.7
4	0.8	0.0	2.7	3.7	0.7	1.0	2.0	3.3
5	1.2	0.0	3.3	3.7	0.7	1.2	3.3	4.0
6	1.2	0.0	3.7	4.0	0.7	1.2	3.7	4.0

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5. Valoración de las fisuras internas en los granos de cacao

Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
1	2.5	1.3	2.0	2.0	2.3	2.3	2.0	2.0
2	2.8	1.7	2.0	2.3	3.0	2.3	2.0	2.0
3	2.8	2.0	2.7	3.0	3.0	2.7	2.7	3.0
4	3.1	2.0	3.7	4.3	3.3	3.0	3.3	3.0
5	3.1	2.0	3.7	4.0	3.0	3.0	3.5	3.8
6	3.1	2.3	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Secado

Se midió el pH, los sólidos solubles totales (grados Brix), grados de alcohol y porcentaje de acidez del grano luego del secado, en el cotiledón y testa de cada tratamiento (Cuadro 7). Obteniendo un descenso en acidez, alcohol y grados Brix y un aumento en el pH, confirmando la aseveración de Wood, citado por Sánchez (2007) quien menciona que «el contenido de agua, la acidez, la astringencia del grano disminuye y el pH aumenta».

Cuadro 7. Parámetros físico químicos después del secado para cotiledón y testa

Tratamiento	Humedad (%)	pH		Grados Brix		Grados de Alcohol		Acidez (%)	
		Cotiledón	Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón	Testa
1	6.8	5.9	6.1	1.2	0.6	1.2	0.9	1.4	1.1
2	6.9	6.3	6.3	1.2	0.4	1.2	0.5	1.4	0.7
3	7.1	5.7	5.9	2.3	1.3	1.8	1.2	1.8	1.7
4	7.0	6.1	6.3	0.8	0.7	1.0	0.7	1.1	1.6
5	6.9	6.1	6.2	1.0	0.7	1.0	0.6	1.3	0.8
6	6.7	6.2	6.2	1.1	0.5	1.2	0.5	1.2	0.6
7	7.0	6.1	6.2	1.5	0.6	1.3	0.7	1.5	1.0
8	7.0	6.0	6.4	1.1	0.6	1.3	0.7	1.4	0.9

Fuente: Elaboración propia.

En el cotiledón el pH fluctuó entre 5.7 a 6.3 (Figura 12). Siendo estos valores mucho mayores a los reportados por Enríquez (1985), quien indica que, «el pH sube en forma lenta llegando hasta 5.4». Al evaluar dicho parámetro con un análisis de varianza, no se detectaron diferencias significativas (p -valor >0.05), en la combinación de los tratamientos. Con el secado se evidenció la disminución de los sólidos solubles totales, grados de alcohol y acidez, llegando a valores de 1.0 a 1.3 para los grados de alcohol, y de 1.1 a 1.4% para la acidez. Estos últimos siendo concordantes a los de Armijos (2002), quien afirma que, «el contenido de ácidos orgánicos compuestos que aportan a la acidez del perfil sensorial del cacao, varía entre el 1.2% y 1.6%».

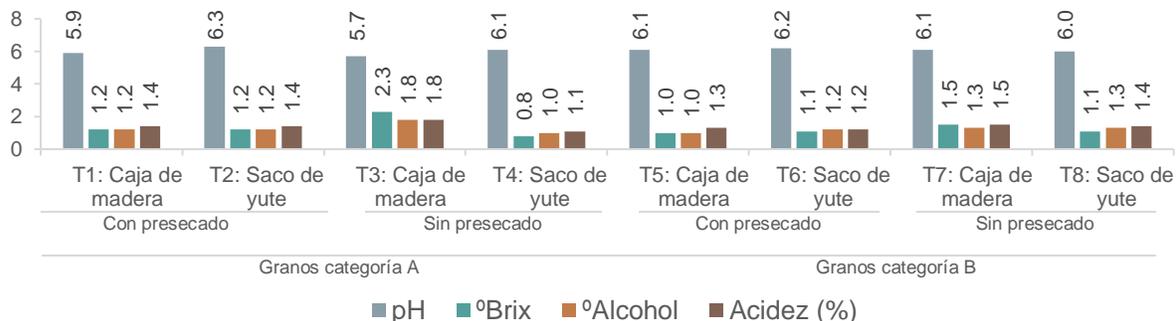


Figura 12. Parámetros físico químicos después del secado en los cotiledones

3.7. Análisis bromatológico

Se analizó el contenido de grasa proteína y ceniza antes del proceso de fermentación (grano fresco) y después del proceso de secado (Figura 13), no constituyéndose en el campo un dato que puede ser valorado, sin embargo, se cuantifica con la finalidad de establecer un criterio que permita generalizar en parte la aceptación del producto generado en la zona de trabajo y que sea de interés para la industria cacaotera.

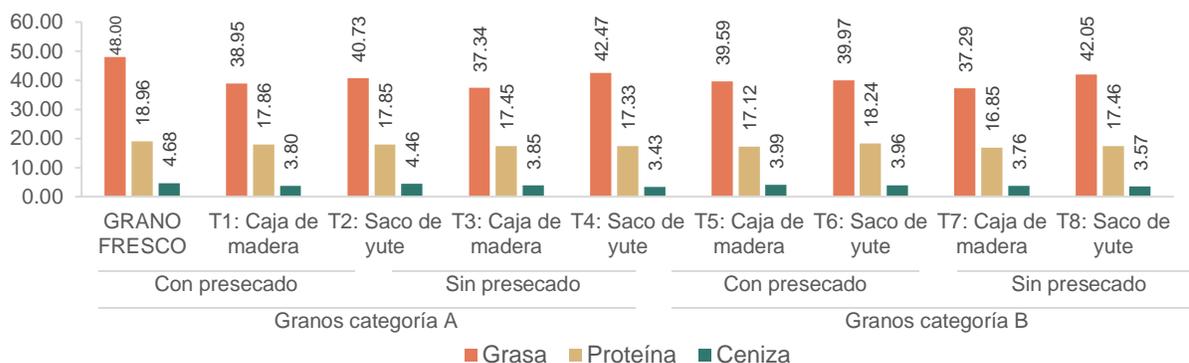


Figura 13. Análisis bromatológico de los granos de cacao

El porcentaje de grasa en el grano fresco (48.0%), es levemente menor al obtenido por Wakao, citado por Palacios (2008), (54.0%). Según Bravo y Mingo (2011), este parámetro está relacionado a factores como: calidad de suelo, genotipo (variedad) y clima (microclima). Luego de los procesos de fermentación y secado estos valores se redujeron entre 5 y 11%. Efecto verificado por Asep *et al.* (2008), determinando que el rendimiento de la manteca de cacao extraída de granos no fermentados es mayor que la de los granos con fermentación completa. Siendo esta reducción mayor para los granos categoría A y B, sin presecado, fermentados en caja de madera (T3 y T7). Y menor para los granos categoría A y B, sin presecado, fermentados en sacos de yute (T4 y T8). No obstante, al realizar el análisis de varianza no existió diferencia significativa entre los tratamientos (p -valor >0.05) a un nivel de 5%.

En cambio, el porcentaje de proteína (18.96%) y ceniza (4.68%) es superior al registrado por Wakao, citado por Palacios (2008), 11.5% y 2.60% respectivamente; los cuales luego de la fermentación y secado sufren una leve disminución. A dichos valores se les realizó un análisis de varianza, siendo no significativos (p -valor >0.05) para el porcentaje de proteína y ceniza.

3.8. Determinación del grado de fermentación y calidad del grano

3.8.1. Prueba de agua

La mayoría de tratamientos obtuvieron porcentajes de fermentación por arriba del estándar (70%), únicamente los granos categoría A sin presecado y fermentados en caja de madera (T3) mostraron un bajo nivel de fermentación (Cuadro 8). No obstante, según Bravo y Mingo (2011) la prueba de agua da criterios poco cercanos a la realidad ya que durante el proceso de fermentación todos los granos deben fraccionarse internamente y aumentar de volumen siendo difícil debido al espesor de la testa. Dando resultados diferentes con la prueba de corte la cual se considera más concluyente.

Al evaluar con un análisis de varianza los granos bien fermentados y mal fermentados, se determinó que no existen diferencias significativas (p -valor > 0.05) con un nivel del 5% entre los tratamientos.

Cuadro 8. Prueba de agua para los granos fermentados y secos.

Tratamiento	Bien fermentados (%)	Mal fermentados (%)
T1	85	15
T2	91	9
T3	35	65
T4	85	15
T5	95	5
T6	97	3
T7	71	29
T8	97	3

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2. Prueba de corte

Los granos de cacao categoría A y B con mayor porcentaje de buena fermentación y menor de levemente fermentado fueron los que no recibieron presecado y fermentados en saco de yute (T4 y T8) con 76.3 y 78.7% respectivamente, así como los granos categoría B, sin presecado, fermentados en caja de madera (T7) con 77% (Cuadro 9). Sin embargo, los análisis de varianza no detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ambas variables con un nivel de significancia del 5%. El menor porcentaje de granos violeta se registró en los tratamientos categoría B, siendo los granos fermentados en caja de madera y sin presecado (T7), los que obtuvieron los mejores resultados. En cambio, para los granos categoría A, el tratamiento sin presecado y fermentado con sacos de yute (T4), fue el que tuvo un menor porcentaje. Pese a esto, al evaluarlos mediante un análisis de varianza, no se observaron diferencias significativas (p -valor > 0.05) a un nivel del 5%.

Con respecto al porcentaje de granos pizarrosos, los mejores resultados se obtuvieron en los granos categoría A y B, sin presecado y fermentados en sacos de yute (T4 y T8). Al realizar el análisis de varianza para la interacción principal (tratamientos), no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) a un nivel del 5%. A pesar que no fue sensible estadísticamente, los granos categoría B, con presecado y fermentados en saco de yute (T6), tienen la mayor cantidad de granos pizarrosos, comparados con el resto de tratamientos. Al evaluar la presencia de moho, tienen ausencia de este defecto los tratamientos de grano categoría A que recibieron presecado (T1 y T2), así como los granos categoría B fermentados en caja (T5). Pese a esto, al realizar el análisis de varianza no se detectaron diferencias significativas (p -valor > 0.05) entre los tratamientos con un nivel del 5%.

Cuadro 9. Evaluación de los factores físicos de calidad de los granos de cacao fermentados en dos tipos de fermentadores y dos métodos de fermentación

Factores		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Cantidad de granos en 100g		84	79	84	89	89	89	92	91
Humedad (%)		6.8	6.9	7.1	7.0	6.9	6.7	7.0	7.0
Fermentación (%)	Buena	54.7	53.7	52.3	61.0	54.3	48.0	60.0	67.0
	Leve	16.3	21.0	18.7	15.3	21.0	18.7	17.0	11.7
	Total	71.0	74.7	71.0	76.3	75.3	66.7	77.0	78.7
Defectos (%)	Violeta	25.7	22.7	23.3	22.3	21.0	22.7	19.3	20.0
	Pizarroso	3.3	2.7	5.3	0.7	3.7	9.3	2.0	1.0
	Con presencia de moho	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	1.3	1.7	0.3
	Total	29.0	25.3	29.0	23.7	24.7	33.3	23.0	21.3

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los resultados de la prueba de corte con la clasificación planteada por INTECO (2009) en la norma INTE 23-02-04-09, a pesar que todos los tratamientos cumplen con el peso y humedad requerida (95 granos máximo y 7.5%), únicamente los granos categoría A y B, sin presecado, fermentados en sacos de yute (T4 y T8), se catalogaron como granos fermentados grado I. Siendo estos los que lograron el máximo de temperatura para el día 4. Así como, el mejor comportamiento en los parámetros físico químicos y mayor cantidad y profundidad de fisuras internas. Los granos categoría A, presecados, fermentados en sacos de yute y los granos categoría B sin presecado, fermentados en caja de madera (T2 y T7), clasificaron como granos fermentados grado II. Los granos categoría A, con y sin presecado, fermentados en caja de madera (T1 y T3), al igual que los granos categoría B, presecados, con ambos tipos de fermentadores (T5 y T6), se consideran como granos sin fermentar, debido a la cantidad de granos pizarrosos.

3.9. Costeo de los tratamientos

El menor costo de un proceso de fermentación es sin la aplicación del presecado, con el uso de sacos como fermentador (T4 y T8) con un valor de: \$257.33. Igualmente, al realizar la estimación para seis meses en cuyo periodo se hacen doce procesos de fermentación (considerando que el cacao se recibe cada quince días), ambos tratamientos requieren de una menor inversión, obteniendo resultados similares al hacer la proyección a un año (Cuadro 10).

Cuadro 10. Proyección de costo de aplicación de un método y un fermentador

Método	Detalle	Unidad	Precio unitario (\$)	Proyección Para 6 Meses			Proyección Para 1 Año		
				Cantidad	Sub Total (\$)	Total (\$)	Cantidad	Sub Total (\$)	Total (\$)
Con presecado	Caja 1m ³	Unidad	430.00	3	1290.00	2885.14	3	1290.00	4480.28
	Personal	Jornada diaria	8.22	192	1578.24		384	3156.48	
	Sacos	Unidad	2.43	5	12.15		10	24.30	
	Plástico	Yarda	0.95	5	4.75		10	9.50	
	Sacos	Unidad	1.87	90	168.30	1804.64	180	336.60	3609.28
	Personal	Jornada diaria	8.22	192	1578.24		384	3156.48	
	Sacos	Unidad	2.43	20	48.60		40	97.20	
	Plástico	Yarda	0.95	10	9.50		20	19.00	
Sin presecado	Caja 1m ³	Unidad	430.00	3	1290.00	2687.86	3	1290.00	4085.72
	Personal	Jornada diaria	8.22	168	1380.96		336	2761.92	
	Sacos	Unidad	2.43	5	12.15		10	24.30	
	Plástico	Yarda	0.95	5	4.75		10	9.50	
	Sacos	Unidad	1.87	90	168.30	1607.36	180	336.60	3214.72
	Personal	Jornada diaria	8.22	168	1380.96		336	2761.92	
	Sacos	Unidad	2.43	20	48.60		40	97.20	
	Plástico	Yarda	0.95	10	9.50		20	19.00	

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, las cajas de madera tienen un tiempo de vida útil más largo, por lo que, no requiere una reinversión a corto plazo; debido a esto, su costo se va dividiendo a medida que se hace uso de ellas, obteniendo costos menores a largo plazo (5 años). Caso contrario el de los sacos, pues el desgaste de ellos es más rápido y se requiere de una nueva compra en poco tiempo.

4. CONCLUSIONES

La mejor interacción entre tipo de fermentador y método de fermentación para el cacao acopiado en ACPACI de R.L., fue el uso de sacos de yute sin presecado en ambas categorías de grano (T4 y T8), obteniendo un cacao de calidad grado I, con el menor costo de inversión.

El saco de yute comparado con la caja de madera fue el tipo de fermentador que mostró los mejores resultados para la fermentación del cacao de ACPACI de R.L.

El método con presecado no tiene un beneficio verificable debido a que los cacaos trinitarios en las fincas en estudio no presentaban un exceso en la cantidad de mucilago.

La clasificación de categoría de grano en A y B, basada en la cantidad de mucilago, no genera diferencias significativas en el proceso de fermentación, siendo esta poco práctica e innecesaria al momento de fermentar.

5. RECOMENDACIONES

En ACPACI de R.L. se pueden mejorar los resultados en la fermentación con las siguientes recomendaciones:

Realizar una separación por colores de las mazorcas antes del proceso de fermentación.

Caracterizar los materiales vegetales por finca con el fin de uniformizar la cosecha y fermentación.

En El Salvador es necesario generar nuevas investigaciones sobre cacao tales como:

Evaluar otros tipos de fermentador como cajas Rohan y cajones en escalera para la fermentación de cacao.

Indagar sobre el perfil microbiológico del proceso de fermentación.

Investigar sobre los periodos de aguante en la mazorca y su influencia en la fermentación.

Evaluar el proceso de degradación de las grasas durante los procesos de fermentación y secado del grano de cacao.

Investigar sobre los contenidos de alcohol y acidez en cotiledón, testa y lixiviado evaluando su comportamiento según el tipo de cacao y su incidencia en la fermentación.

6. BIBLIOGRAFÍA

AOAC (Association of official analytical chemist). 1980. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist. Decimotercera edición. USA. 1018 p.

Armijos, A. 2002. Características de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao L.*) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación. (En línea). Consultado: 19 sep. 2016. Disponible en: https://books.google.com.sv/books?id=iXszAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Asep, E; Jinap, S; Tan, T; Russly, A; Harcharan, S; Nazimah, S. 2008. The effects of particle size, fermentation and roasting of cocoa nibs on supercritical fluid extraction of cocoa butter. (En línea). Consultado: 1 feb. 2017. Disponible en: http://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/asep2008.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). Consultado: 23 jun. 2015. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4951>

Enríquez, E. 1985. Curso sobre el cultivo de cacao. Coedición Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas CATIE. Costa Rica. 240p.

INTECO (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica). 2009. Norma técnica Cacao y productos derivados del cacao — Cacao en grano — Clasificación y requisitos. (En línea). Consultado: 19 ene. 2017. Disponible en: http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_INTE_23-02-04-09.pdf

Graziani, L; Ortiz, L; Álvarez, N; Trujillo, A. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. (En línea). Consultado: 23 nov. 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000200005

Lambert, S. s.f. Fermentación del cacao. Aspectos generales. (En línea). Consultado: 5 may. 2016. Disponible en: http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/19_Fermentacion_del_Cacao.pdf

Loor, N. 2006. Rehabilitación de huertas y fermentación del cacao fino de aroma bajo riego. (En línea). Consultado: 1 jul. 2015. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/5499>

Martínez, L. 2015. Estandarización del sistema de fermentación de cacao semilla. (En línea). Consultado: 23 jun. 2015. Disponible en: https://es.scribd.com/doc/280702732/Estandarizacion-de-Fermentacion-Cacao?secret_password=pEB0z2NVBbxc2jbqmVuA

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). Consultado: 1 jun. 2016. Disponible en: www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ESTABLECIMIENTOS_PARAMETROS.pdf

Ramos, G. 2017. Aspectos generales sobre la fermentación del cacao. In Análisis sensorial del licor de cacao y Primer concurso nacional de calidad de cacao: Revitalizando el Cacao fino de aroma (1, 2017, La libertad. El Salvador).

Riera, M. 2009. Evaluación de tecnologías para la fermentación del cacao beneficiado CCN-51 (*Theobroma cacao L.*). (En línea). Consultado: 24 jun. 2015. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/157905210/TESIS-FERMENTACION-DE-CACAO-pdf>

Rufino, L; Morete, M; López, A. 2012. Mejoramiento del sistema de calidad del cacao fino de aroma en el proceso de post cosecha de la región tumbes. (En línea). Consultado: 23 ene. 2017. Disponible en: http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manualesboletines/cacao/resumen_completo.pdf

Sánchez, S. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao L.*), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. (En línea). Consultado: 5 oct. 2016. Disponible en: http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Caracterizacion_organoleptica_cacao%20Theobroma%20cacao%20L._seleccion_arboles_%20perfiles_sabor_interes_comercial.pdf

7. AGRADECIMIENTOS

A Catholic Relief Services por parte del financiamiento de la investigación.

A la Asociación Cooperativa de Producción Agropecuaria Cacao “LOS IZALCOS” de Responsabilidad Limitada (ACPACI de R.L.).