

**Efectos del secado en la fermentación y
características del cacao (*Theobroma cacao L*)
de almendra blanca var. Carmelo**

Daniela Ivany Galvez Del Cid

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efectos del secado en la fermentación y
características del cacao (*Theobroma cacao L*)
de almendra blanca var. Carmelo**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Daniela Ivany Galvez Del Cid

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Efectos del secado en la fermentación y características del cacao (*Theobroma cacao L*) de almendra blanca var. Carmelo

Daniela Ivany Galvez Del Cid

Resumen. El cacao es un cultivo originario de Mesoamérica con alta importancia cultural y económica. En México este producto tiene un consumo per cápita de 0.5 kg que representa el 0.6% del gasto realizado en alimentos en el país. La investigación se realizó en Finca La Frida, Tapachula, México con el objetivo de evaluar los efectos del secado en la fermentación y características del cacao (*Theobroma cacao L*) de almendra blanca var. Carmelo. En este estudio, se han usado dos subespecies, *T. cacao sp cacao* y *T. cacao sp. sphaerocarpum*. La primera presenta frutos alargados con surcos pronunciados y granos blancos, mientras que la subespecie *sphaerocarpum* presenta frutos redondeados con surcos escasamente evidentes y sus granos son de color púrpura o violeta, la cruce de ambos produce el cacao trinitario. El de mayor importancia para esta investigación es conocido como cacao criollo o cacao Carmelo de grano blanco, el cual suele ser demandado para chocolatería fina y elaboraciones más selectas. Se evaluaron tres tratamientos y un control. Los tratamientos fueron: secado en suelo (control), secado en tarima, pre secado en tarima antes de fermentar y secado en tarima, pre secado en suelo antes de fermentar y secado a suelo. Los parámetros de calidad evaluados fueron: grados brix, temperaturas durante la fermentación, pH y niveles de fermentación. El tratamiento de pre secado y secado en tarima presento una mayor calidad en base a las características establecidas. Se recomienda cambiar los métodos utilizados tradicionalmente mejorar la calidad.

Palabras clave: Grados brix, pH, prueba de corte, temperatura.

Abstract. Cocoa is a crop originated from Mesoamerica with a high cultural and economic importance. In Mexico, this product has a per-capita consumption of 0.5 kg that represents 0.6% of food expenditure in this country. The research was carried out in Finca La Frida, Tapachula, Mexico with the main objective of evaluating Effects drying on the fermentation and characteristics of cocoa (*Theobroma cacao L*) of white almond var. Carmel. Two species were used in this research; *T. cacao sp cacao* and *T. cacao sp. sphaerocarpum*. The first one has elongated fruits with pronounced grooves and white grains, while the subspecies *sphaerocarpum* have rounded fruits with scarcely evident furrows and their grains are purple or violet; a hybrid of both is called trinitarian cocoa. The principal specie for this research was Creole cocoa or White Grain Carmel cocoa, which is usually demanded for customers to produce fine chocolate and other select elaborated products. This investigation consisted in four different treatments: soil drying (control), drying on a pallet, pre-drying on a pallet before fermenting and then drying on a pallet, soil pre drying before fermenting and then soil drying. The quality parameters evaluated were: brix grade, temperature control during fermentation, pH and fermentation. The pre-drying treatment, with fermenting and drying in flooring presented a higher quality on the basis of the established characteristics.

Key words: Brix grade, cutting test, pH, temperature.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	10
5. RECOMENDACIONES	11
6. LITERATURA CITADA.....	12
7. ANEXOS	15

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Contenido de grados brix durante el pre secado de cacao de almendra blanca durante 9 horas de fermentación.....	6
2. Variación promedio de temperaturas (°C) obtenidos a través del pre secado del cacao de almendra blanca durante 9 horas de fermentación	7
3. pH obtenido durante el pre secado de cacao de almendra blanca durante 9 horas de fermentación	8
4. Efecto en porcentaje del pre secado y secado en las características del grano de cacao de almendra blanca mediante la prueba de corte al finalizar el proceso de secado	8
5. Relación de la temperatura (°C) promedio de los granos de cacao al final de la fermentación con la prueba de corte al finalizar el secado en cuatro tratamientos evaluados	9

Anexos	Página
1. Ficha de evaluación de calidad de cacao en prueba de corte	15
2. Método de secado tradicional en suelo.....	16
3. Método de pre secado y secado en tarima	16
4. Fermentación en cajas de madera de árbol primavera.....	17
5. Clasificación para pruebas de corte	17

1. INTRODUCCIÓN

La palabra cacao, proviene del vocablo Maya Ka'kaw, así como la palabra maya Chocol'ha y el verbo chokola'j que significan "beber chocolate juntos". El cacao es un cultivo originario de Mesoamérica con alta importancia cultural y económica. Este producto tiene un consumo per cápita de 0.5 kg que representa el 0.6% del gasto realizado en alimentos en México (SIAP 2016). Los mayas creían que el cacao fue descubierto por los dioses en una montaña alrededor del año 600 (FAO 2018). De acuerdo a la mitología maya el dios Junahpu fue quien les dio el cacao a nuestros ancestros, siendo asociado con el lujo y el poder de comercio (Salas 2015).

El grano de cacao es fuente de proteína, grasa y fibra; la grasa es rica en ácido esteárico, además, contiene minerales como potasio, magnesio y fósforo los cuales son primordiales en la dieta humana (INIFAP 2014). Tradicionalmente, el cacao es cultivado en los países productores y vendidos a la exportación en forma de habas o por transformación del cacao para la fabricación de productos terminados o semi elaborados como manteca de cacao, licor de cacao, cacao en polvo, chocolate, etc. (Sánchez 2016).

Los estados de Tabasco y Chiapas producen el 99.45% del total nacional de cacao; Tabasco es el Estado con mayor superficie de cultivo, con aproximadamente 60,325 hectáreas y Chiapas ocupan el segundo lugar con 35000 hectáreas (Solís 2017). En México se conocen alrededor de 20 a 22 especies dentro del género *Theobroma*; las cuales se distinguen por el tamaño de la planta, la forma de sus hojas, el tamaño, forma y color del fruto y la semilla, y las cualidades nutritivas del grano (INIFAP 2017).

De las especies más importantes de *Theobroma cacao L.*, se han descrito dos subespecies, *T. cacao sp cacao* y *T. cacao sp. Sphaerocarpum* (Medina 2011). La primera presenta frutos alargados con surcos pronunciados y granos blancos, mientras que la subespecie *sphaerocarpum* presenta frutos redondeados con surcos escasamente evidentes y sus granos son de color púrpura o violeta, sin embargo, a la cruce de ambos se le conoce como el cacao trinitario (Becerra 2015).

El cultivo de mayor importancia para esta investigación es mejor conocido como cacao criollo o cacao Carmelo, el cual suele ser demandado para chocolatería fina y elaboraciones más selectas. Esta variedad se distingue por que tiene frutos alargados que terminan en una punta delgada. La mazorca se reconoce por tener surcos bien marcados a lo largo, los cuales son más profundos con lomos que sobresalen: son arrugados e irregulares, sus semillas son de color blanco y sabor dulce, por naturaleza estos granos son de mayor calidad (Plascencia 2016).

Uno de los parámetros químicos más empleados es el alto contenido de grasa en el grano, esto proporciona un mejor sabor y aroma al chocolate y por lo tanto genera al mercado internacional un grano de cacao con atractivo aroma natural y que presente características aromáticas especiales (Martinez 2016).

Durante catas del producto se puede detectar un amargor suave, sabores ácidos y afrutados. Son pocos astringentes, con una sutileza y delicadeza aromática. Además, pueden detectarse sabores a frutas ácidas como cítricos y frutas del bosque (González 2012).

Se ha demostrado que existen varios factores que influyen en la fermentación y calidad del cacao, entre ellos el tipo de cacao, tiempo de almacenamiento del fruto o mazorca antes de la apertura, el desgrane, el tipo de fermentador usado, tiempo del proceso, frecuencia de remoción de la masa fermentante, el volumen de la masa y el volteo durante el proceso. (Teneda 2016).

La fermentación consiste en colocar los granos, incluida la pulpa, en una caja de madera, donde los microorganismos empiezan a actuar propiciando la aparición de levaduras y bacterias, las cuales generan un aumento de temperatura que pueden alcanzar los 45 o 48 °C (Arango 2017). Durante este proceso, los factores que influyen en la formación de alcoholes permiten que se formen ácidos y compuestos poli fenólicos, que matan el embrión (Bucheli 2001). Los microorganismos, las variaciones de temperatura, pH y humedad, son los que disminuyen el sabor amargo y causan reacciones a nivel físico y bioquímicos mediante tres fases las cuales son una conversión de glucosa a ácido pirúvico, fermentación alcohólica y una fermentación acética que forman el chocolate (Steinau 2017).

Las levaduras que se encuentran inicialmente en la pulpa del grano en un ambiente anaeróbico actúan durante la primera fase de la fermentación, en la segunda fase se desarrollan las bacterias lácticas y en la tercera las bacterias acéticas que liberan CO₂ que aumentan temperatura y aireación asegurando una fermentación uniforme (Teneda 2016).

Entre los cambios bioquímicos en el cacao está el desarrollo de la pigmentación color marrón a partir de compuestos fenólicos (Cros y Jeanjean 1995), lo cual, es un indicativo de la fermentación del grano de cacao.

La investigación y desarrollo de este proyecto tiene los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto del tipo de superficie de secado en la fermentación.
- Evaluar el efecto del tipo de superficie en las prácticas de pre secado en pH, grados brix y temperatura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El proyecto se realizó en la finca la Frida carretera Tapachula-Puerto Madero Km2; zona naval Barra Cahoacan Tapachula, estado de Chiapas, México, durante los meses de enero a mayo que es la estación seca de la región en la cual, la temperatura ambiente tiene un promedio de 35 °C, una humedad relativa de 80% y una precipitación promedio de 9 mm a 11 msnm.

Materiales.

Para la evaluación se usaron mazorcas cosechadas de las diferentes parcelas encontradas dentro de la finca la cual cuenta con una extensión de 50 hectáreas de cacao Carmelo. Se utilizaron cajas fermentadoras de 50x50 cm, las cuales son de madera de árbol primavera (*Tabebuia donnell-smithii*) debido a que estas no generan resinas ni olor que pueda tener efecto alguno en el cacao. Se utilizó un potenciómetro, un termómetro digital, un refractómetro y tarimas para pre secado y secado.

Fase I. Aplicación de un pre secado sobre diferentes superficies.

Pre secado. Se utilizaron tarimas de madera directamente sobre el suelo donde la masa fermentada fue extendida con remoción cada 30 minutos durante 8 horas por 24 horas para luego entrar a fermentación.

Fermentación. Se utilizaron cajas de madera (árbol de primavera) con capacidad de 100 kg de cacao húmedo por caja, durante un tiempo de fermentación de tres días para cacao criollo con volteo a las 24, 48 y 72 horas en los cuales la masa de cacao se voltea con el fin de airearla y lograr una fermentación uniforme (Dubon 2016).

Análisis físicos.

Humedad. Fueron realizados en campo con un medidor portátil de humedad OHAUS MC2000. La humedad fue tomada al final de los tratamientos manteniéndolos en un rango entre 6.5-7% para evitar una pérdida de material y al mismo tiempo evitar el crecimiento de mohos y bacterias.

Grados Brix. La medición de grados brix se realizó con el objetivo de evaluar la cantidad de azúcares disponibles al inicio de la fermentación y el proceso de cambio con el paso del tiempo, medidos a través de un refractómetro ANPRO BRIX 0-32%. Tanto los grados brix

como la temperatura durante la fermentación fueron registrados diariamente cada hora durante 9 horas (de 8 am a 5 pm) y antes de cada volteo (a las 24, 48 y 72 horas).

Temperatura. La temperatura se midió cada hora durante 9 horas las cuales fueron tomadas durante las horas más calientes del día (8 am a 5 pm), también se midió antes de cada volteo (cada 24, 48 y 72 horas). Se midió la temperatura de cada tratamiento con un termómetro digital en tres puntos de la caja fermentadora abarcando el área central, área superior e inferior. El rango de temperatura debería ser alrededor de 40-50 °C (Zurita 2014).

pH. Durante el proceso de fermentación se tomaron muestras de granos con mucílago diariamente cada 2 horas durante 9 horas (8 am a 5 pm) y antes de cada volteo (cada 24, 48 y 72 horas) para determinar cambios en el pH según metodología establecida por la AOAC 970.21 en la cual se mide directamente sobre la pulpa del grano, para lo que se colocó la superficie del potenciómetro Hi 98103 de Hanna directamente en la pulpa del grano.

Fase II. Uso de diferentes superficies para secar el cacao luego de fermentación.

Secado. Para el secado, la masa fermentada fue extendida sobre el suelo y sobre una tarima de madera, siendo removida diariamente cada 2 h para facilitar la evaporación del agua. El tiempo de secado fue de 9 h diarias (de 8 am a 5 pm).

Prueba de corte. Se evaluó la calidad del grano según el método internacional de la FCC (Federation of Cocoa Commerce 2017). Esta norma establece la clasificación y los requisitos de calidad que debe cumplir el cacao en grano y los criterios que deben aplicarse para su clasificación. Para la evaluación de las muestras se tomó un total de 50 granos de cacao los cuales fueron cortados longitudinalmente con bisturís por el centro del grano con la finalidad de exponer al máximo la superficie de sus cotiledones. Se utilizó la siguiente clasificación: granos bien fermentados, semi fermentados, germinados y granos pizarrosos.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Para ambas fases se usó un Diseño Completamente al Azar. Se evaluaron tres tratamientos y un control con tres repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron evaluados en dos fases: aplicando en la primera un pre secado, fermentado y secado en suelo y pre secado, fermentado y secado en tarima, la segunda fase consiste en utilizar al final del proceso de fermentación dos superficies diferentes de secado; secado en suelo y secado en tarima. A continuación, se muestra el modelo estadístico utilizado para explicar las fuentes de variación (ecuación 1).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad [1]$$

Donde:

Y: variables dependientes: grados brix, pH, temperatura, prueba de corte.

μ : Media general de la población.

T_i : Efecto del tratamiento evaluado.

ε_{ij} : Error experimental.

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y para la comparación de medias de los tratamientos se utilizó una prueba Duncan para evaluar diferencias significativas entre ellos ($P < 0.05$), los análisis fueron realizados por triplicado utilizando el programa estadístico “Statistical Analysis Software” (SAS®).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Grados Brix.

En el cuadro 1 se observa el comportamiento de los grados brix a lo largo de las horas evaluadas (de 8:00 am-17:00 pm). El tratamiento pre secado fermentado y secado en suelo no se tomó en cuenta para los resultados de este estudio debido a que el mucilago se secó casi por completo impidiendo la toma de datos para esta evaluación. A medida el tiempo transcurre la disponibilidad de mucilago se ve reducido debido a los microorganismos que permiten el aumento de temperatura (Santana 2018). El único tratamiento evaluado durante las diferentes horas del estudio fue el tratamiento pre secado, fermentado y secado en tarima, en el cual, no se observaron diferencias significativas en el contenido de grados brix en la evaluación realizada desde la hora ocho hasta la hora 17 ($P < 0.05$). El alto coeficiente de variación fue producto de las diferencias que hubo entre las repeticiones pudiendo ser ocasionadas por error humano, mala calibración del equipo o falta de homogeneidad entre las muestras.

Cuadro 1. Contenido de grados brix durante el pre secado de cacao de almendra blanca durante nueve horas de fermentación.

Horas de fermentación	PSTARIMA
	Media \pm D.E
Hora 8	20.16 \pm 1.52 ^A
Hora 9	20.00 \pm 1.22 ^A
Hora 10	19.11 \pm 1.26 ^A
Hora 11	18.33 \pm 1.41 ^{AB}
Hora 12	17.33 \pm 1.93 ^B
Hora 13	16.55 \pm 2.55 ^C
Hora 14	15.88 \pm 2.31 ^C
Hora 15	15.44 \pm 2.18 ^{CD}
Hora 16	14.44 \pm 1.81 ^{DE}
Hora 17	13.77 \pm 2.22 ^E
CV	8.92

^{A-E} Medias seguidas con letra diferente en cada columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

D.E. = Desviación estándar

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje

PSTARIMA: pre secado, fermentado y secado en tarima

Temperatura.

En el cuadro 2 se observa diferencias de temperatura existentes entre cada uno de los tratamientos a través de las horas evaluadas (de 8:00 am-17:00 pm). Todos los ensayos tenían las mismas condiciones en cuanto a área, volumen y tiempo de exposición al sol, factores que influyen sobre dicha variable. Sin embargo, los tratamientos de un pre secado fermentado y secado en suelo y pre secado fermentado y secado en tarima muestran una diferencia significativa probablemente por el tipo de pre secado donde la cantidad de mucilago varió entre ambos. El tratamiento de pre secado, fermentado y secado en tarima fue significativamente diferente que el resto de los tratamientos ($P < 0.05$) debido a la mayor cantidad de mucilago observado los cuales, presentan en la fermentación un crecimiento de levaduras importantes para el proceso de fermentación (Romero 2012).

Cuadro 2. Variación promedio de temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) obtenidos a través del pre secado del cacao de almendra blanca durante nueve horas de fermentación.

Horas de fermentación	PSTARIMA	PSSUELO
	Media \pm D.E	Media \pm D.E
Hora 8	46.16 \pm 2.58 ^{Ax}	41.91 \pm 9.51 ^{Bx}
Hora 9	44.88 \pm 2.84 ^{Ax}	39.88 \pm 4.40 ^{Bx}
Hora 10	45.66 \pm 2.82 ^{Ax}	40.55 \pm 4.27 ^{Bx}
Hora 11	46.44 \pm 2.87 ^{Ax}	41.22 \pm 4.26 ^{Bx}
Hora 12	46.77 \pm 2.90 ^{Ax}	41.77 \pm 4.02 ^{Bx}
Hora 13	47.00 \pm 2.78 ^{Ax}	42.22 \pm 4.14 ^{Bx}
Hora 14	47.55 \pm 2.87 ^{Ax}	42.88 \pm 4.10 ^{Bx}
Hora 15	47.77 \pm 2.68 ^{Ax}	43.55 \pm 4.27 ^{Bx}
Hora 16	48.11 \pm 2.75 ^{Ax}	44.11 \pm 4.42 ^{Bx}
Hora 17	48.77 \pm 2.43 ^{Ax}	44.55 \pm 4.55 ^{Bx}
CV	8.66	

^{A-B} Medias seguidas con letra diferente en cada columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

^x Medias seguidas con letra igual en cada fila son estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

D.E. = Desviación estándar

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje

PSSUELO: pre secado, fermentado y secado en suelo, PSTARIMA: pre secado, fermentado y secado en tarima.

pH.

En el cuadro 3 se puede observar que no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre cada uno de los tratamientos, por lo que ninguno de los tratamientos (pre secado fermentado y secado) afectó el pH de la masa fermentada. El pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 4.1 a 5.4 cualquier cacao con un pH menor a 5.0 indica presencia de ácidos no volátiles que podrían ser indeseables los cuales no se presentaron en este caso, sin embargo, el pH no garantiza el buen sabor del chocolate (CAOBISCO/ECA/FCC 2015).

Cuadro 3. pH obtenido durante el pre secado de cacao de almendra blanca durante nueve horas de fermentación.

Tratamientos	Media ± D.E.
PSSUELO	4.95 ± 0.41 ^A
PSTARIMA	4.71 ± 0.34 ^A
CV	7.76

^A Medias estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

D.E. = Desviación estándar

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje

PSSUELO: pre secado, fermentado y secado en suelo, PSTARIMA: pre secado, fermentado y secado en tarima,

Fase II. Prueba de corte.

El cuadro 4 indica los resultados de la prueba de corte, la cual está basada en el análisis de la coloración interna del grano, así como las estrías que se forman al momento de una buena fermentación (Recalde 2007). En el caso de los diferentes tratamientos aplicados no hubo diferencia significativa en cuanto a las tres características evaluadas: granos germinados, granos blancos y granos con hongos, sin embargo, entre el tratamiento de pre secado, fermentado y secado en suelo con el tratamiento de pre secado, fermentado y secado en tarima hubo diferencia significativa entre los niveles de fermentación ($P < 0.05$) debido a que presentaron un mayor porcentaje de granos fermentados con un 92%, en tanto que los demás tratamientos se mantuvieron con un porcentaje inferior (58.6 - 80%).

Cuadro 4. Efecto en porcentaje del pre secado y secado en las características del grano de cacao de almendra blanca mediante la prueba de corte al finalizar el proceso de secado.

Característica	PSTARIMA	PSSUELO	STARIMA	SSUELO
Bien Fermentados	92.00 ^A	80.00 ^B	72.00 ^B	58.67 ^C
Semi Fermentados	8.00 ^A	13.33 ^A	22.00 ^B	35.33 ^C
Germinados	0.00 ^A	0.00 ^A	2.00 ^B	2.67 ^B
Blanco	0.00 ^A	6.67 ^B	2.67 ^C	3.33 ^C
Hongos	0.00 ^A	0.00 ^A	1.53 ^B	0.00 ^C

Datos obtenidos del promedio de las repeticiones en los tratamientos.

^{A-C} Medias en cada fila seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

PSSUELO: pre secado, fermentado y secado en suelo, PSTARIMA: pre secado, fermentado y secado en tarima, SSUELO: secado en suelo, STARIMA: secado en tarima.

Evaluación del tipo de secado.

En el cuadro 5 se observan valores superiores al 92% en el índice de fermentación en los granos bien fermentados, los cuales señalan una mejora en el proceso de fermentación como consecuencia de las mayores temperaturas que se alcanzaron en la masa fermentada. En el transcurso de secado las reacciones bioquímicas continúan, brindando calidad al cacao generando un mejor aroma (Mundaca 2016). La variación de este índice durante el secado fue ocasionada por las diferentes técnicas de secado las cuales permiten prolongar la fase fermentativa (Nogales 2006) debido al tiempo que tarda en secarse y la fuente de calor recibida, permitiendo una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados ($P < 0.05$), obteniendo mejores resultados del tratamiento de pre secado, fermentado y secado en tarima, mientras que para los tratamientos con secado en suelo, en el cual no hubo un cambio significativo.

Cuadro 5. Relación de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) promedio de los granos de cacao al final de la fermentación con la prueba de corte al finalizar el secado en cuatro tratamientos evaluados.

Tratamientos	Temperatura \pm D.E	Prueba de corte
PSTARIMA	46.88 \pm 2.85 ^A	92 ^A
PSSUELO	42.19 \pm 4.44 ^B	80 ^B
STARIMA	41.52 \pm 7.26 ^B	72 ^B
SSUELO	39.74 \pm 6.31 ^C	59 ^C
CV	12.63	

^{A-C} Medias seguidas con letra diferente en cada columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

D.E. = Desviación estándar

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje

PSSUELO: pre secado, fermentado y secado en suelo, PSTARIMA: pre secado, fermentado y secado en tarima, SSUELO: secado en suelo, STARIMA: secado en tarima.

4. CONCLUSIONES

- El pre secado y secado en tarima resulto ser el mejor método para el proceso de fermentación.
- El pre secado en tarima tuvo efecto en la temperatura de fermentación y concentración de grados brix a lo largo del proceso, sin embargo, no influyo en el pH.
- El pre secado en suelo no funcionó debido a que el grano se secó por completo por las altas temperaturas del suelo.

5. RECOMENDACIONES

- Cambiar el método de secado en suelo por el uso de tarimas de madera aplicando un pre secado durante ocho horas con remoción cada 30 minutos, fermentado por tres días moviéndolo cada 24 h y secado sobre la misma tarima para aumentar el nivel de fermentación y calidad del grano.
- Construir tarimas que permitan pre secar y secar el cacao con un mayor flujo de aire y más higiénico.
- Realizar esta investigación durante la estación lluviosa para evaluar si los tratamientos aplicados tienen el mismo efecto.

6. LITERATURA CITADA

- Arango A. 2017. Fermentación del cacao mejora con pre secado. Colombia: universidad nacional de Colombia. [Consultado el 12 de jun. de 2019]. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/fermentacion-del-cacao-mejora-con-presecado.html>.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemist 970.21-1974, PH of cacao products. Potentiometric method. [Consultado el 3 de jun. de 2019]. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1707
- Becerra M. 2015. Producción y comercialización de cacao y chocolate orgánico en Tabasco. Tabasco: Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. [Consultado el 22 de jul. de 2019]. https://www.aepro.com/files/congresos/2005malaga/ciip05_0798_0814.153.pdf.
- Bucheli P, Rousseau G, Alvarez M, Laloi M, McCarthy Y J. 2001. Developmental Variation of Sugars, Carboxylic Acids, Purine Alkaloids, Fatty Acids, and Endoproteinase Activity during Maturation of *Theobroma cacao* L. Seeds. J. Agric. Food Chem. 49:5046-5051.
- CAOBISCO. 2015. Cacao en grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. union europea: chocolate and Cocoa Industry. [Consultado el 19 de jun. de 2019]. http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf.
- Cros E, Jeanjean N. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. Plantations, recherché, développement 24:25-27. [Consultado el 5 de ago. de 2019]. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR9602461>
- Dubón A. 2016. Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao. (V. González, y R. Tejada, Edits.) La Lima, Cortés, Honduras: FHIA-Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. [consultado el 8 de ago. de 2019]. http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Protocolo_para_el_Beneficiado_y_Calidad_del_Cacao_2016.pdf
- FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 2018. Cacao: operaciones de postcosecha. [Consultado el 9 de ago. de 2019]. <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>.
- Federation of Cocoa Commerce. 2017. Instructivo para el control de calidad de granos de cacao. Swisscontact Colombia. [Consultando el 3 de ago. de 2019]. https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Instructivo_control_calidad.pdf

- González A. 2012. Modelo de empresa asociativa acopiadora de Cacao Fino de Aroma para los productores del cantón Quinsaloma. Guayaquil. [Consultado el 3 de ago. de 2019]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2748/6/UPS-GT000274.pdf>.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigación Forestal. 2014. La fermentación y el secado al sol de granos de cacao. Tapachula, Chiapas. Mexico: (vol. 31). [Consultado el 6 de agos. De 2019]. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/4312?show=full>
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigación Forestal. 2017. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. [Consultado el 6 de ago. de 2019]. Disponible en: [http://www.inifap.gob.mx:Documents/inicio/Agendas_Tec > 2017](http://www.inifap.gob.mx:Documents/inicio/Agendas_Tec%202017)
- Martínez N. 2016. Evaluación de componentes físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao L.*) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila. Bogota, Colombia: universidad nacional de colombia. [Consultado el 6 de ago. de 2019]. <http://bdigital.unal.edu.co/52543/7/NubiaMart%C3%ADnez.2016.pdf>.
- Medina D, Ortiz M, Coronel A. 2011. CACAO: Operaciones Postcosecha. (D. Mejía, Edit.). [Consultado el 6 de ago. de 2019]. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>
- Mundaca G. 2016. Análisis de la calidad del grano de cacao mediante imágenes hiperespectrales usando técnicas de visión artificial. Universidad de Piura. Perú. [Consultado el 8 de ago. De 2019]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2756>
- Nogales J. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Agronomía tropical. Vol. 56. [Consultado el 25 de jun. de 2019]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000100001
- Plascencia A. 2016. Cacao criollo almendra blanca tabasco 160/366. tabasco. [Consultado el 25 de jun. de 2019].
- Quintanilla G. 2017. Análisis físicos del grano de cacao. el salvador. [Consultado el 25 de jun. de 2019]. http://www.alianzacacao.org/uploads/analisis_f%C3%ADsico_de_los_granos_de_cacao.pdf
- Recalde A. 2007. evaluación del efecto del presecado y tiempo de fermentación, en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volátiles en dos genotipos de cacao. ecuador: universidad central del ecuador. [Consultado el 25 de jun. de 2019]. <https://books.google.hn/books?id=78wbAgAAQBAJ&lpg=PR15&ots=qJT6shcU8&dq=evaluaci%C3%B3n%20del%20efecto%20del%20presecado%20y%20tiempo%20de%20fermentaci%C3%B3n%2C%20en%20los%20contenidos%20de%20polifenoles%20totales%2C%20alcaloides%20y%20%C3%A1cidos%20vol%C3%A1tiles%20en%20dos%20genotipos%20de%20cacao&pg=PP1#v=thumbnail&q&f=false>
- Romero C, Zambrano A. 2012. Análisis de azúcares en pulpa de cacao por colorimetría y electroforesis capilar. Universidad de Los Andes (ULA), México. [Consultado el 25 de jun. de 2019]. <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12103>
- Salas J. 2015. Cacao, una aportación de México al mundo. Revista ciencia. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Cacao.pdf

- Sanchez A. 2016. Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Chontalpa, Tabasco, México. [Consultado el 28 de jul. de 2019]. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016001002817&script=sci_arttext.
- Santana P. 2018. Mucílago de cacao, nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante. 4. 179-189. Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Los Ríos, Ecuador. [Consultado el 28 de jul. de 2019]. https://www.researchgate.net/publication/332186978_MUCILAGO_DE_CACAO_NACIONAL_Y_TRINITARIO_PARA_LA_OBTENCION_DE_UNA_BEBIDA_HIDRATANTE
- Siap, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. Planeación agrícola nacional 2017-2030. SAGARPA. México. [Consultado el 28 de jul. de 2019]. <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/TPS/pdf/03-planeacion-agricola-nacional-sagarpa.pdf>
- Solis J. 2017. Monografía del cacao de Tuxtla Chico, Chiapas. Chiapas, México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. [Consultado el 12 de ago. de 2019]. <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/1052/1/GAS%20633.74%20S65%202017.pdf>.
- Steinau I. 2017. Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario. El Salvador: Universidad de El Salvador. [Consultado el 13 de ago. de 2019]. <http://ri.ues.edu.sv/14635/>
- Teneda W. 2016. Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao. España: universidad internacional de Andalucía. [Consultado el 12 de ago. de 2019]. <https://www.unia.es/busqueda-por-ano/item/proceso-de-fermentacion-del-cacao>
- Zurita M. 2014. Evaluación del almacenamiento en mazorca y frecuencia de volteo del grano durante la fermentación de cacao (*Theobroma cacao L.*). Escuela agrícola panamericana. Zamorano. [Consultado el 12 de ago. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3352>

Anexo 2. Método de secado tradicional en suelo.



Anexo 3. Método de pre secado y secado en tarima



Anexo 4. Fermentación en cajas de madera de árbol primavera.



Anexo 5. Clasificación para pruebas de corte.

