

Establecimiento de la frecuencia de volteo en la fermentación de cacao de la variedad
TCS 01, para la finca el diviso, san Vicente de chucuri, Santander

Marco Jose Rodriguez Silva

Trabajo de Grado para Optar el título de administrador agroindustrial

Director

Cesar Andrés Valenzuela Casanova

Ingeniero Agroecológico

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Bucaramanga

2022

Agradecimientos

Agradecer primeramente a Dios por permitirme culminar esta carrera, agradecido con mis padres por su ayuda, consejos y esfuerzos para poder lograr esta meta en mi vida, agradecido con mis hermanos por brindarme su conocimiento y apoyo y por último agradecido con la universidad industrial de Santander, por brindarme la oportunidad de ser profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción.....	1
1. Objetivos.....	9
1.1 Objetivo General	9
1.2 Objetivos Específicos	9
2. Cuerpo del Trabajo.....	10
2.1 Marco Referencial.....	10
2.1.1 Marco teórico	10
2.1.2 Antecedentes	14
2.2 Método.....	16
2.2.1 Explicación general del experimento	17
2.2.2 Explicación de Variables de medición y análisis de varianza del experimento	18
2.3 Resultados.....	21
2.3.1 Toma de temperatura.....	21
2.3.2 Prueba de corte.....	23
2.4 Aálisis y Discusión.....	24
3. Conclusiones.....	35
Referencias bibliográficas	36

Lista de Tablas

	pag
TABLA 1. Registro de temperaturas frecuencia 1	21
TABLA 2 Registro de temperaturas frecuencia 2	21
TABLA 3.Registro de temperaturas frecuencia 3	22
TABLA 4.Porcentajes de efectividad de fermentación	23
TABLA 5.Temperaturas en la ejecución de las frecuencias	28
TABLA 6.Promedios de temperaturas	29
TABLA 7.Resumen análisis de varianza de la toma de temperatura	30
TABLA 8.Análisis de varianza de la toma de temperatura	31
TABLA 9.Porcentaje de efectividad de la fermentación	32
TABLA 10.Resumen análisis de varianza prueba de corte	33
TABLA 11.Análisis de varianza de un solo factor prueba de corte	34

Lista de figuras

	pag
FIGURA 1.Temperaturas idoneas de la fermentacion de cacao	12
FIGURA 2.Comparación frecuencia 1(48-24-24-24), con rangos de temperatura estándar en la fermentación.	25
FIGURA 3.Comparacion frecuencia 2 (24-12-12-12-12-12-12-12) con rangos de temperatura estándar en la fermentación.	26
FIGURA 4.Comparacion frecuencia 3 (24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6) con rangos de temperatura estándar en la fermentación.	27

Resumen

Título: Establecimiento de la frecuencia de volteo en la fermentación de cacao de la variedad TCS 01, para la finca el diviso, san Vicente de chucuri, Santander

Autor: Marco Jose Rodriguez Silva

Palabras Clave: *frecuencia, volteo, temperatura, cacao*

El diseño experimental se realizó en el municipio de San Vicente de Chucuri, Santander en la finca el Diviso, donde se estableció cual es el mejor método de fermentación del cacao para la variedad TCS 01 a través de tres diferentes frecuencias de volteos, registrando la temperatura en el proceso de fermentación en diferentes horas del proceso. La cantidad de cacao para el experimento fue de 15 kg de cacao fresco, se inicia el proceso de fermentación y la frecuencia de volteos fueron así, frecuencia uno (horas :48-24-24-24-), frecuencia dos (horas :24-12-12-12-12-12-12-12-12) y la frecuencia tres (horas :24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6), son 120 horas de fermentación y después se realizó el secado con exposición solar. El anterior proceso se repitió tres veces, al tener el cacao seco del experimento, se le realizó una prueba de corte para determinar el porcentaje de efectividad, así mismo se comparó las temperaturas promedias de las frecuencias con temperaturas idóneas descritas en el trabajo de Smilja Lambert y también se realizó aun análisis de varianza. Con los anteriores procesos se definió que la mejor frecuencia para la variedad TCS 01 fue (48-24-24-24-) en la finca el diviso, ya que las características que el grano mostro durante todo el proceso fermentativo fueron excelentes, porque se asemejo a las temperaturas idóneas, porque el porcentaje de efectividad (94,6%) de la fermentación obtenido de la prueba de corte y el análisis de varianza era el más alto en comparación a las frecuencias dos y tres.

Summary

Title: Establishment of the turning frequency in the fermentation of cocoa of the variety tcs 01, for the el Diviso farm, San Vicente de Chucuri, Santander

Author: Marco Jose Rodriguez Silva

Keywords: *frequency, turning, temperature, cocoa*

The experimental design was carried out in the municipality of San Vicente de Chucuri, Santander on the El Diviso farm, where the best cocoa fermentation method for the TCS 01 variety was established through three different turning frequencies, recording the temperature. in the fermentation process at different times of the process. The amount of cocoa for the experiment was 15 kg of fresh cocoa, the fermentation process began and the frequency of turning was like this: frequency one (hours: 48-24-24-24-), frequency two (hours: 24 -12-12-12-12-12-12-12-12) and frequency three (hours: 24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6) , there are 120 hours of fermentation and then drying with sun exposure was carried out. The previous process was repeated three times, having the dry cocoa from the experiment, a cut test was carried out to determine the percentage of effectiveness, likewise the average temperatures of the frequencies were compared with the ideal temperatures described in the work of Smilja Lambert. and an analysis of variance was also performed. With the previous processes, it was defined that the best frequency for the TCS 01 variety was (48-24-24-24-) in the El Diviso farm, since the characteristics that the grain showed during the entire fermentation process were excellent, because it was similar to the ideal temperatures, because the percentage of effectiveness (94.6%) of the fermentation obtained from the cut test and the analysis of variance was the highest compared to frequencies two and three.

Introducción

La finca el Diviso es una finca productora de cacao, está ubicada en San Vicente de chucuri, Santander, en esta finca se realizó el experimento el cual está enfocado en la fermentación del cacao con tres diferentes frecuencias de volteos, se hizo con el fin de establecer con qué frecuencia de volteo se obtiene el mejor porcentaje de fermentación, y este a su vez seguir aplicándolo en la finca. “El proceso fermentativo consta de tres etapas importantes, la primera es la fermentación anaeróbica (sin presencia de aire), la segunda la fermentación aerobia, etapa oxidativa para que se dé la descomposición interna del grano y se liberen pigmentos y compuestos como los polifenoles y alcaloides que, junto con las enzimas endógenas, generen precursores de sabor, olor y color”, (Garcia, 2021, pag 34). Lo que se piensa resolver en este experimento consiste si al aumentar la cantidad de volteos durante la fase aeróbica se obtiene un buen porcentaje de fermentación por le contrario al realizar más volteos el porcentaje es el mismo, aumenta o disminuye. Para este experimento se escogio el clon de cacao TCS 01, clon investigado por Agrosavia, catalogado como fino de sabor y aroma y que actualmente esta generando buenas producciones en la finca, se realizan tres frecuencias, con cacao fresco de esta variedad, son 15 kg frescos, las frecuencias están ejecutadas así:-frecuencia uno, el proceso de fermentación duro 120 horas (igual para todos los ensayos) y se realizó el primer volteo a las 48 horas y luego volteos cada 24 horas (horas: 48-24-24-24-24), frecuencia 2, primer volteo a las 24 horas y después cada 12 (horas: 24-12-12-12-12-12-12-12-12), frecuencia 3 , primer volteo a las 24 y después cada 12 y 6 horas (horas: 24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6) y cada frecuencia se repitió 3 veces. Durante la fermentación se registró la temperatura, para compararla a través de una gráfica con temperaturas idóneas establecidas por (Smilja Lambert, cadenacacao, 2019) en el proceso de fermentación de cacao. Cuando el cacao

termino su proceso de fermentación, se llevó a cabo el secado en elba tradicional a exposición solar y después de tener el cacao seco, se realizó la prueba de corte para determinar el porcentaje de fermentación efectiva en cada repetición de los ensayos. Y por último se aplicó el análisis de varianza con los datos recolectados de la prueba de corte para determinar que frecuencia de volteo es la mejor para la fermentación del cacao de la finca el Diviso.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Establecer la mejor frecuencia de volteo para la fermentación del grano de cacao del material genético TCS 01, para la finca el diviso, en San Vicente de Chucuri, Santander.

1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar tres diferentes frecuencias de volteo para la fermentación del cacao de la variedad TCS 01, en la finca el Diviso del municipio de San Vicente de Chucuri, Santander
- Comparar las frecuencias a través de los rangos de temperatura de cada proceso fermentativo y a su vez con rangos de temperatura idóneas en la fermentación descrito por (Smilja Lambert, cadenacacao, 2019), para determinar con qué frecuencia de volteo se adquiere las temperaturas idóneas, con la variedad TCS 01, de la finca el Diviso del municipio de San Vicente de Chucuri, Santander

- Identificar a través del corte de las almendras del cacao, que frecuencia de volteo tiene mejor porcentaje de efectividad de fermentación, para la variedad TCS 01, de la finca el Diviso del municipio de San Vicente de Chucuri, Santander.
- Determinar el efecto de las frecuencias de volteos sobre el grano de cacao TCS 01 de la finca, el Diviso, de San Vicente de chucuri.

2. Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Marco teórico

2.1.1.1 clon TCS 01. Agrosavia (2016) publica en su página web, que el TCS 01 (teobroma cacao la suiza) corresponde a una nueva variedad de cacao fino de aroma. Es un clon de tipo genético híbrido, procedente de mezclas de cacao trinitario con un crecimiento erecto y de porte bajo. su producción inicia a los 20 meses. Las mazorcas son de gran tamaño. En estado inmaduro presentan una tonalidad roja con pigmentación verde y al momento de la maduración sobresalen los colores naranja y amarillo. En cuanto al índice de mazorcas, es superior (9 mazorcas / kg de cacao seco). Esto se debe a que el número de semillas en promedio es de 38 por fruto y el índice de semillas es alto (3,0 g / grano seco, presentó rendimientos de 3,3 kg / árbol / año después de cuatro años de estar establecido.

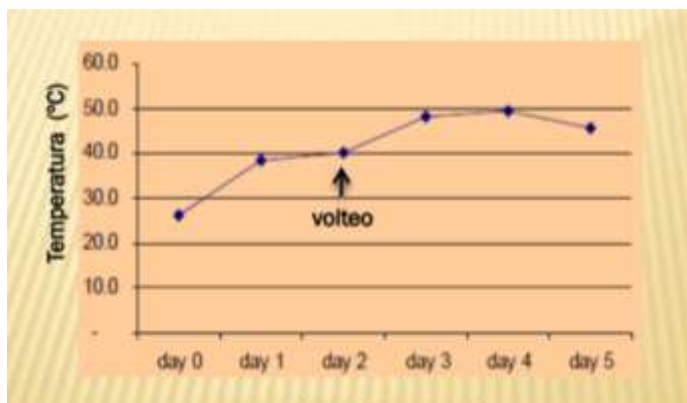
2.1.1.2 Grano del cacao. El grano del cacao son las almendras que contienen las mazorcas, estas son recolectadas, y llevadas para que inicie su proceso de fermentación y secado en estructuras especiales para poder obtener al final el grano seco. “Los granos de cacao frescos, sin fermentar, contienen aproximadamente 40% agua, 30-35% lípidos, 4-6% polifenoles o sus derivados y 1.5% xantinas, el resto son proteínas, almidón, celulosa y azúcares. Los polifenoles mejor estudiados son las antocianinas, leucocianidinas, la epicatequina y las procianidinas. La teobromina es la xantina mayoritaria y la que confiere al cacao sus legendarias propiedades afrodisiacas, pero también su actividad bronco dilatadora, antitusiva y antiasmática. Los polifenoles por otro lado, se consideran responsables de todas sus otras cualidades magníficas (Biotecnologías, 2020).

2.1.1.3 la fermentación del cacao. La fermentación es el proceso que inicia después de que el cacao es desgranado, este proceso consiste en colocar el cacao fresco en un cajón de madera, durante ese proceso el cacao pierde hasta el 26% de sus líquidos y dura un promedio entre 5 y 6 días. Durante esos días es necesario que haya remoción del cacao a través de volteos para permitir el flujo de aire con el fin de eliminar el ácido acético y homogenizar la fermentación”. (Smilja Lambert, cadenacacao, 2019, pág. 13). El proceso fermentativo consta de tres etapas importantes, la primera es la fermentación anaeróbica, la segunda la fermentación aerobia y la tercera es la etapa oxidativa para que se dé la descomposición interna del grano y se liberen pigmentos y compuestos como los polifenoles y alcaloides que, junto con las enzimas endógenas, generen precursores de sabor, olor y color. A lo largo de estas etapas la población microbiológica varía asociada a factores como la temperatura y pH. (Garcia, 2021, pag 34)

2.1.1.3.1 fermentación de los azúcares de la pulpa. Causado por una sucesión microbiana (levadura, bacterias de ácido láctico, acetobacterias) 1. Fase anaeróbica –primeras 48 horas (la pulpa no permite la circulación de aire) Fermentación de la levadura –azúcar en la pulpa se transforma en alcohol –etanol □Aumenta la temperatura –reacción exotérmica y Formación de ácido láctico (Smilja Lambert, cadenacacao, 2019, pág. 16).

Figura 1

Temperaturas alcanzadas en la fermentación del cacao en 120 horas de fermentación



Nota: Adaptado de cartilla cadena cacao, temperaturas en la fermentación, por Smilja Lambert, (2019, pag 20).

2.1.1.4 infraestructura. El proceso de fermentación se debe realizar en infraestructuras elaboradas con maderas blancas, secas, libres de olores, deben estar ubicadas bajo techo y en un espacio cerrado. Los cajones deben estar levantados del piso 15 a 20 cm, deben tener huecos en el fondo para escurrir los azúcares o baba del cacao y deben tener unas dimensiones máximas de 70 cm de profundidad y de 80 cm de ancho. Los cajones deben contar con un número adecuado de ranuras y orificios de ½ cm de diámetro, para permitir el drenaje de los líquidos. La madera permite que el gradiente de temperatura se conserve durante el día y la noche en el tiempo que requiere ser fermentado en un rango de 50 a 60°C.

2.1.1.5 prueba de corte en granos secos de cacao. La prueba de corte es el análisis más utilizado para controlar y reportar la calidad de grano seco. Como su nombre lo indica, consiste en cortar longitudinalmente los granos de cacao y efectuar un análisis visual de las dos caras del cotiledón, para determinar los posibles defectos que puedan presentar así como el grado de fermentación (Poscosechacacao, 2019). Las pruebas de corte se realizan para evaluar la salud de los granos de cacao. También, son una manera de determinar si un lote de cacao se ha fermentado correctamente o no.

Para realizar una prueba de corte, simplemente se cortan por la mitad los granos de cacao fermentados para evaluar su corazón. Por lo general, se realizan en al menos diez granos para tener una muestra representativa de cada lote. Por lo menos el 70% de los granos debe estar fermentado al nivel correcto para que la prueba se considere exitosa. De acuerdo a la mayoría de las normativas, la muestra final del lote obtenida se mezcla de forma homogénea y se divide varias veces por el método de cuarteo hasta obtener una unidad de muestra (Grind, 2019, pag 1).

La reducción de la muestra por el método del cuarteo consiste en extender la muestra sobre una superficie limpia y dividirla en cuatro cuadrantes (A, B, C y D); luego, se eliminan los granos de dos cuadrantes opuestos seleccionados al azar. Si aún es demasiado grande la muestra, se vuelven a esparcir en toda la superficie y se divide en cuatro cuadrantes, de los cuales se eliminan dos cuadrantes opuestos al azar. Esta operación se repite hasta obtener la muestra compuesta requerida (Aguilar, 2016).

2.1.2 Antecedentes

Seijas (2012, 2-5) planteo en su nota técnica, que la fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao, operación involucra dos fenómenos distintos, pero no independientes, primero una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginoso presente en las almendra y segundo, induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones, que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular, a la formación de los precursores del aroma. Estas reacciones son inducidas por elevación de la temperatura de la masa de cacao durante la fermentación a que realizo frecuencias de volteo de cacao parecidas a las del experimento, en su experimento realizo diferentes frecuencias de volteos, la frecuencias manejadas fueron (FR1 = 24 + 24 + 24 + 24 + 24 horas; FR2 = 24 + 48+ 24 + 24 horas y FR3 = 48 + 24 + 24 + 24 horas), con estas frecuencias de volteos también fueron aplicadas en 120 horas de fermentación, la conclusión que llego el señor Marcelo, consiste en que el cacao La frecuencia de remoción (FR2), permitió lograr los más altos índices de fermentación en los tres diferentes tiempos de fermentación en comparación a FR1 y FR3

María (2016, 89-93) plantea en su tesis, que se efectuaron fermentaciones de 5 y 7 días con una fase anaerobia de 48 h, en la fase aerobia se aplicaron frecuencias de volteo correspondientes

a 0, 12, 24 y 36 h, y en este ensayo se llega a la conclusión Las prácticas que se llevan a cabo durante la fermentación determinan las características de los granos de cacao, tanto física como química. En este estudio se mostró la influencia de la frecuencia de volteo para obtener una buena fermentación. Los resultados mostraron que cuando la masa se voltea cada 12 o 24 h, se obtienen granos de mejores atributos físicos, sin embargo, a esas frecuencias de volteo, la concentración de los polifenoles totales disminuye lo mismo que la actividad antioxidante.

Flores (2014), en su trabajo describe un proceso de fermentación de cacao distinto, en su trabajo el cacao es desgranado tres días después de su cosecha, y se la frecuencia de volteo se realizan así, El primero se volteó una vez a las 48 horas, el segundo tres veces a las 48, 96 y 120 horas y el tercero cinco veces a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas, en este experimento se analizó temperatura, PH, Los resultados demostraron que al aumentar el tiempo de almacenamiento, la fermentación fue más rápida y se alcanzaron temperaturas más elevadas en la masa de cacao

Clímaco Alvares (2010), realiza un experimento con diferentes fermentadores y diferentes frecuencias de volteos en la fermentación, en este experimento realizo las siguientes frecuencias de volteos FR1: 24, 48, 72 y 96 h; FR2: 24 y 48 h y FR3: 48 y 96 h, la fermentación duro 5 días, los resultados del experimento se llegaron a la conclusión de que el mayor grado de fermentación se obtuvo para una frecuencia de remoción cada 24 horas con un 86% de granos fermentados. Con los anteriores experimentos, con los anteriores experimentos, se puede decir que la frecuencia de volteos si genera un cambio en la fermentación del cacao, por ende, con el experimento a realizar en la finca el Diviso, se espera poder obtener unos buenos resultados finales

2.2 Método

Diseño en bloques completos al azar, se trata de un factor con tres niveles (tabla 1) . Nos interesa saber si los distintos tratamientos influyen en la temperatura de la fermentación y en el porcentaje efectivo de fermentación, por lo que se contrasta con la siguiente hipótesis, la cual será refutada con el análisis de varianza de un solo factor.

$$H_0 \equiv \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{10} \quad \text{vs} \quad H_1 \equiv \beta_i \neq \beta_j \quad \text{para algún } i \neq j.$$

Cuadro 1

Realización del experimento, ejecución de frecuencia 1, 2 y 3

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3
<input type="checkbox"/> frecuencia 1(F1) 48- 24-24-24	frecuencia 2(F2) 24-12-12-12- 12-12-12-12-12	frecuencia 3(F3) 24-6-12-6-6-12- 6-6-12-6-6-12-6
<input type="checkbox"/> frecuencia 1(F1) 48- 24-24-24	frecuencia 2(F2) 24-12-12-12- 12-12-12-12-12	frecuencia 3(F3) 24-6-12-6-6-12- 6-6-12-6-6-12-6
<input type="checkbox"/> frecuencia 1(F1) 48- 24-24-24	frecuencia 2(F2) 24-12-12-12- 12-12-12-12-12	frecuencia 3(F3) 24-6-12-6-6-12- 6-6-12-6-6-12-6

frecuencia 1: el grano de cacao después de dejarlo cubierto en el cajón fermentador, 48 horas después se realizó la toma de temperatura y el primer volteo, se repitió el proceso cada 24 horas hasta completar las 120 horas. Frecuencia de volteo (horas:48-24-24-24).

frecuencia 2: el grano de cacao después de dejarlo cubierto en el cajón fermentador, 24 horas después, se tomó la temperatura y se realizó el primer volteo, desde ese momento se tomó la temperatura y se realizó el volteo cada 12 horas hasta completar 120 horas. Frecuencia de volteo (horas:24-12-12-12-12-12-12-12-12)

frecuencia 3: el grano de cacao después de dejarlo cubierto en el cajón fermentador, se deja 24 horas, y después de este tiempo se toma la temperatura y se realiza el primer volteo, desde ese momento se tomó la temperatura y se realizó el volteo cada 12 y 6 horas hasta completar los 5 días (120 horas). Frecuencia de volteo (horas:24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6).

2.2.1 Explicación general del experimento

El diseño experimental se realizó en tres bloques diferentes, cada bloque tendrá 3 repeticiones, el ensayo comenzó obteniendo el grano fresco de cacao de la variedad TCS 01, 15 kg en grano fresco, después de obtenido el grano se procede a iniciar la fermentación, depositando el grano en el cajón fermentador, para este proceso se adecuo uno con medidas más pequeñas, porque las muestras de cacao no son tan grandes, pero que de igual forma permite que las almendras, levaduras y bacterias realicen los procesos normalmente.

Durante las 120 horas que dura la fermentación se tomó la temperatura y se realizó las diferentes frecuencia de volteos al grano de caco, el volteo consiste en mover el cacao dentro del cajón de un lado a otro para que la fermentación sea correcta, la toma de temperatura se hace

antes de realizar el volteo del cacao, con el fin de observar cómo aumenta la temperatura en este proceso, después de obtener el grano fermentado se procedió a realizar el secado en elba tradicional a libre exposición solar durante todo el día, las muestras de cacao se extienden en la elba de forma homogénea, para que el secado del grano sea lo más rápido posible, por último se realizó la prueba de corte al grano para determinar el porcentaje de efectividad de la fermentación, con los anteriores datos se realizó un análisis de varianza.

2.2.2 Variables de medición y análisis de varianza del experimento

La variable de medición para el experimento son la toma de temperaturas la cual su unidad de medida son los grados centígrados, y la otra variable de medición es la prueba de corte y su unidad de medida es el porcentaje de efectividad de la fermentación para cada repetición de la frecuencia, por ende, se realizan un análisis de varianza para cada unidad de medición.

Toma de temperatura El registro de la temperatura se hace en la frecuencia de volteos, es decir cada vez que se realice un volteo en la fermentación, se toma la temperatura, por eso en los ensayos 2 y 3 hay más registros de temperaturas, pues hay más volteos, las temperaturas tomadas serán comparada con el trabajo de Smilja Lambert (2015, pag 20) una gráfica para ser analizada, pues en este trabajo se describía rangos de temperatura idóneas en la fermentación de cacao, así mismo se realiza el análisis de varianza con un solo factor, para contrastar la siguiente hipótesis:

$$H_0 \equiv \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{10} \quad \text{vs} \quad H_1 \equiv \beta_i \neq \beta_j \quad \text{para algún } i \neq j.$$

Hipótesis nula: no hay diferencia en las medias de los 3 bloques

Hipótesis alternativa: al menos una media difiere de otra,

Prueba de corte: Cuando el grano de cacao este seco, se procede a realizar una prueba de corte, se hace el método de cuarteo hasta obtener 25 almendras seleccionadas, se hace corte transversal y se analiza que tan eficiente fue la fermentación y el secado. Descartando semillas mal fermentados o con daños. En este proceso se obtiene un porcentaje de eficiencia de la fermentación, este proceso se realizó en cada repetición de cada bloque. Se realizó el análisis de varianza con un solo factor para contrastar las siguientes hipótesis:

$$H_0 \equiv \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{10} \quad \text{vs} \quad H_1 \equiv \beta_i \neq \beta_j \quad \text{para algún } i \neq j.$$

Hipótesis nula contrastamos que no hay diferencia en las medias de los 3 bloques, es decir las diferentes frecuencias no influyen en el porcentaje de efectividad de la fermentación.

Hipótesis alternativa, de que al menos una media difiere de otra, es decir que las diferentes frecuencias no influyen en el porcentaje de efectividad de la fermentación o que al menos un tratamiento afecta el porcentaje de fermentación,

la realización del análisis de varianza ANOVA con un solo factor, se hace para determinar que hipótesis es aceptada, se realizó en software de Excel para facilitar el análisis y operaciones matemáticas de los datos recolectados.

Cuadro 2

Fórmulas para del análisis de varianza

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	$SC_{et} = \frac{\sum(x_i)^2}{n_i} - \frac{(\sum x)^2}{N}$	k-1	$CM_{entre} \frac{SC_{entre}}{g.l.}$	$F = \frac{CM_{entre}}{CM_{dentro}}$
Dentro tratamiento (error experimental)	$SC_{dt} = SCT - SC_{et}$	N-k	$CM_{dentro} \frac{SC_{dentro}}{g.l.}$	
TOTAL	$SCT = SC_{et} + SC_{dt} = \sum(x_i)^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$	N-1		

2.2.3 Materiales

- Grano de cacao de la variedad TCS 01, 15 kg de cacao fresco.
- Cajón fermentador, pequeño, para los ensayos se tuvo que adaptar un cajón pequeño para la realización de la fermentación debido a que la cantidad de cacao es poca y no se requiere un cajón muy grande.
- Pala de madera para realizar el volteo en la fermentación.
- Elba para secar el grano de cacao, con piso de madera
- Rastrillo de madera para realizar volteos en el secado
- termómetro
- Bolsas plásticas limpias para el almacenamiento del grano seco
- Navaja para hacer corte transversal en el grano para la prueba de corte

2.3 Resultados

Los resultados en el documento están organizados de la siguiente forma, primero se muestran todos los datos de las temperaturas de las diferentes repeticiones de las frecuencias, , seguidamente se muestran los datos de la prueba de corte para cada repetición de cada frecuencia.

2.3.1 Toma de temperatura

Tabla 1

Registro de temperaturas frecuencia 1 (48-24-24-24), repetición 1,2 y 3

FRECUENCIA 1- REPETICIÓN 1		FRECUENCIA 1- REPETICIÓN 2		FRECUENCIA 1- REPETICION 3	
HORAS	T°	HORAS	T°	HORAS	T°
0	27	0	27	0	27
24	38	24	38	24	38
48	40	48	40	48	40
72	48	72	47	72	47
96	50	96	45	96	45
120	45	120	45	120	45

Tabla 2

Registro de temperaturas frecuencia 2 (24-12-12-12-12-12-12-12) repetición 1,2 y 3

FRECUENCIA 2- REPETICIÓN 1		FRECUENCIA 2- REPETICIÓN 2		FRECUENCIA 2- REPETICION 3	
HORAS	T°	HORAS	T°	HORAS	T°
0	24	0	24	0	24
24	25	24	25	24	25
42	35	42	35	42	37

54	37	54	37	54	40
66	45	66	45	66	45
78	45	78	45	78	45
90	43	90	43	90	43
102	38	102	40	102	42
114	35	114	40	114	41
120	30	120	40	120	42

Tabla 3

Registro de temperaturas frecuencia 3 (24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6), repetición 1,2 y 3.

FRECUENCIA 3- REPETICIÓN 1		FRECUENCIA 3- REPETICIÓN 2		FRECUENCIA 3- REPETICION 3	
HORAS	T°	HORAS	T°	HORAS	T°
0	24	0	24	0	24
24	26	24	26	24	26
30	28	30	28	30	28
42	30	42	30	42	30
48	32	48	32	48	35
54	35	54	35	54	38
66	42	66	42	66	40
72	44	72	44	72	42
78	45	78	45	78	42
90	40	90	40	90	42
96	38	96	40	96	45
102	38	102	42	102	45
114	35	114	42	114	42
120	32	120	40	120	40

2.3.2 Prueba de corte

Tabla 4

Porcentajes de efectividad de fermentación frecuencia 1,2,3 y repetición 1,2, y 3

REPETICION 1			
	FRECUENCIA	FRECUENCIA	FRECUENCIA
	1	2	3
N° almendras para la prueba	25	25	25
almendra bien fermentadas	23	22	21
almendras mal fermentadas	2	3	4
porcentaje de efectividad	92	88	84
REPETICION 2			
	FRECUENCIA	FRECUENCIA	FRECUENCIA
	1	2	3
N° almendras para la prueba	25	25	25
almendra bien fermentadas	24	23	23
almendras mal fermentadas	1	2	2
porcentaje de efectividad	96	92	92
REPETICION 3			
	FRECUENCIA	FRECUENCIA	FRECUENCIA
	1	2	3
N° almendras para la prueba	25	25	25
almendra bien fermentadas	24	22	21
almendras mal fermentadas	1	3	4
porcentaje de efectividad	96	88	84

Nota: Por método del cuarteo se obtuvieron 25 almendras por cada repetición de cada frecuencia, las cuales fueron cortadas longitudinalmente para analizar el porcentaje de efectividad, en las

almendras se noto un excelente color interno y externo, se presentó buen arriñonamiento de las almendras.

2.4 Aálisis y Discusión

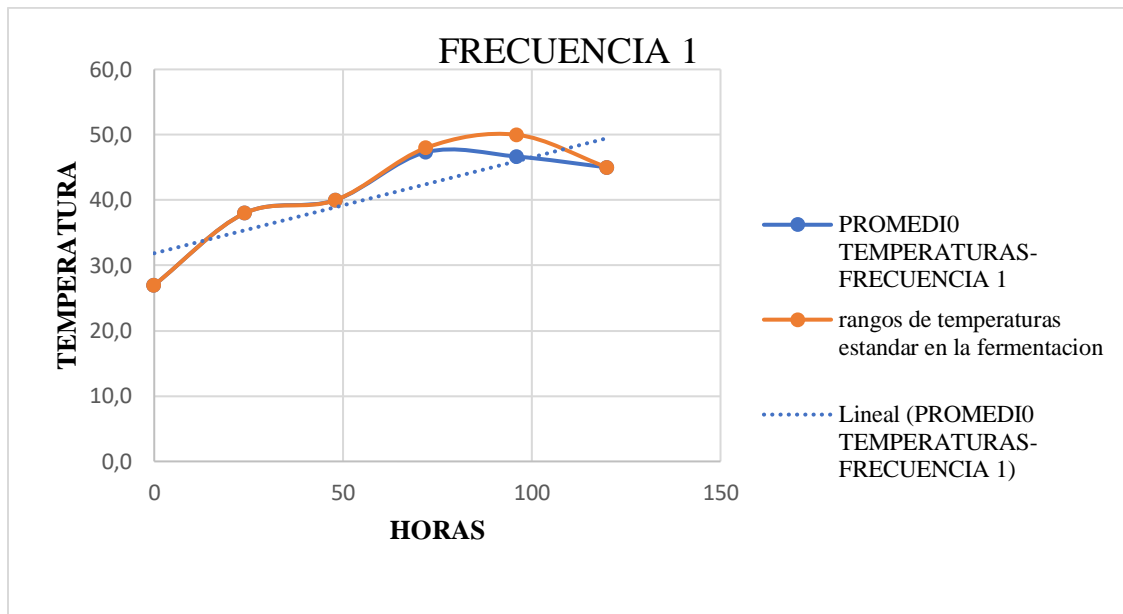
El Análís y discusión está organizado de la siguiente forma, primero se muestra una comparación grafica individual de las temperaturas obtenidas en las diferentes frecuencias en contraste con los rangos de temperatura obtenidos del documento cadena de cacao, por Smilja Lambert (2019, pag 20), seguidamente se muestra el análisis de varianza de la toma de temperaturas de las frecuencias y por último se muestra el análisis de varianza de la prueba de corte.

2.4.1 Comparación grafica de las frecuencias

La comparación grafica se hace con el promedio de los rangos de temperaturas obtenido de las tres repeticiones de cada frecuencia.

Grafica 2

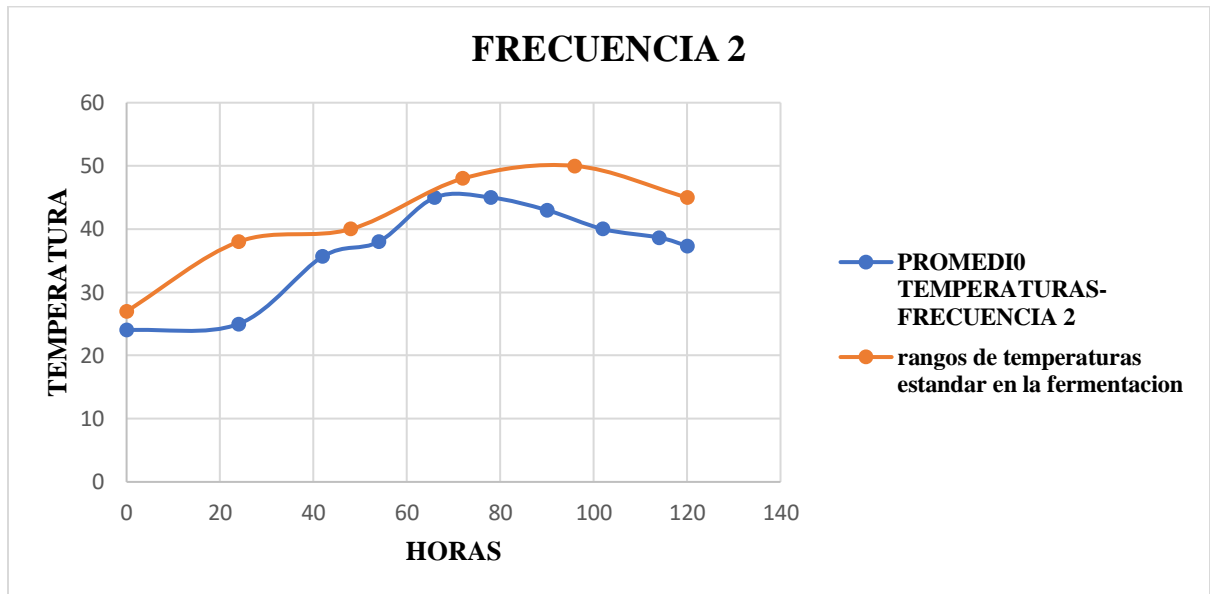
Comparación frecuencia 1(48-24-24-24), con rangos de temperatura estándar en la fermentación.



Nota: los rangos de temperatura son obtenidos del documento cadena de cacao, por Smilja Lambert (2019, pág. 20). En esta gráfica, el primer ensayo, se puede observar que la temperatura no es igual a los rangos de temperatura de la literatura Smilja Lambert solo en la hora 120 fue igual, también s, la temperatura máxima fue de 47,3 grados lograda en la hora 96 con el tercer volteo, esto se debe por que la masa de cacao fermentada del ensayo es baja, se puede decir que fue una excelente fermentación porque su curva es similar a la expuesta por Smilja Lambert.

Grafica 3

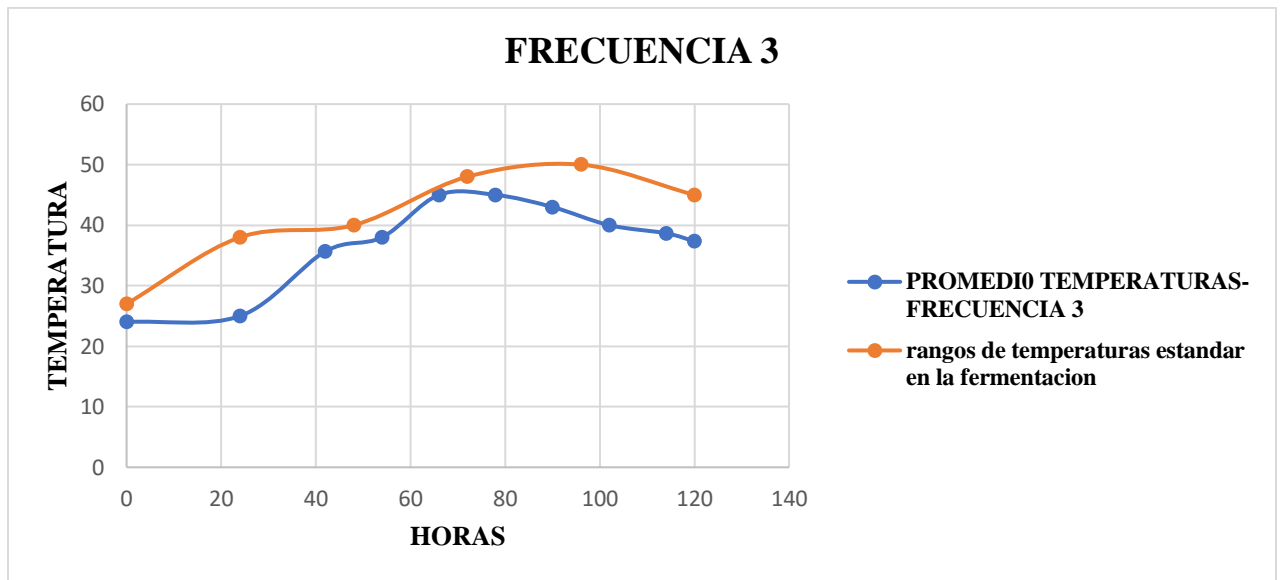
Comparación frecuencia 2 (24-12-12-12-12-12-12-12) con rangos de temperatura estándar en la fermentación.



Nota: los rangos de temperatura son obtenidos del documento cadena de cacao, por Smilja Lambert (2019, pág. 20).El ensayo 2 muestra un aumento espontaneo hasta la hora 66 en el cuarto volteo, alcanzo máxima temperatura de 45 grados, desde ese momento hasta la hora 120, se puede notar la disminución de la temperatura, terminado en la hora 120 con 37grados, se nota la diferencia con los rangos de Smilja Lambert.

Grafica 4

Comparación frecuencia 3 (24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6) con rangos de temperatura estándar en la fermentación.



Nota: los rangos de temperatura son obtenidos del documento cadena de cacao, por Smilja Lambert (2019, pág. 20). En el ensayo 3 se puede notar un aumento homogéneo de la temperatura hasta la hora 78, en el octavo volteo, alcanzó su máxima temperatura la cual fue de 44 grados, a partir de la hora 78 del octavo volteo, la temperatura empezó a descender, llegando al hora 120 de fermentación, con el treceavo volteo con 32 grados, al hacer la comparación con los rangos de (Smilja Lambert, cadenacacao, 2019), se observa que el ensayo no logró las temperaturas expuestas en esta literatura, solo se acercó un poco en la hora 78.

2.4.1.1 Analisis genral de las fraficas frecuencia 1, 2 y 3. Ninguna frecuencia la temperatura máxima expuesta por milja Smilja Lambert, (2019,pag 20), la cual era 50 grados en la hora 96, la temperatura máxima durante el experimento fue de 47 grados promedio, la frecuencia 2 alcanzo más rápido la temperatura alta durante el experimento, alcanzo 45 grados en la hora 66 con el cuarto volteo. Se presentó una disminución de la temperatura en las frecuencias 2 y 3 , siendo mucho más notable en la frecuencia 2, el cual termino con temperatura de 37 grados promedio en el último volteo, la frecuencia de volteo 48-24-24-24, con cuatro volteos durante la fermentación, fue el ensayo que se asemeja más a las temperaturas idóneas expuestas por Smilja Lambert (2019, pág. 20) alcanzo su máxima temperatura en la hora 96 en el tercer volteo y la mantuvo hasta la hora 120, por lo que se puede decir que el ensayo 1 es la mejor frecuencia para ejecutar la fermentación en la finca el Diviso.

2.4.2 análisis de varianza de un solo factor de la toma de temperatura

Tabla 5

Comparacion temperaturas en la ejecución de las frecuencias 1,2,3 en el proceso de fermentación, repetición 1,2 y3

F1-R1	F1-R2	F1-R3	F2-R1	F2-R2	F2-R3	F3-R1	F3-R2	F3-R3
27	27	27	24	24	24	24	24	24
38	38	38	25	25	25	26	26	26
40	40	40	35	35	37	28	28	28

48	47	47	37	37	40	30	30	30
50	45	45	45	45	45	32	32	35
45	45	45	45	45	45	35	35	38
			43	43	43	42	42	40
			38	40	42	44	44	42
			35	40	41	45	45	42
			30	40	42	40	40	42
						38	40	45
						38	42	45
						35	42	42
						32	40	40

F=FRECUENCIA
R=REPETICION

Tabla 6

Promedios de temperaturas durante e proceso de fermentación de la frecuencia 1, 2, 3

PROMEDIO TEMPERATURAS-FRECUENCIA 1		PROMEDIO TEMPERATURAS-FRECUENCIA 2		PROMEDIO TEMPERATURAS-FRECUENCIA 3	
hora	temperatura	hora	temperatura	hora	temperatura
0	27	0	24	0	24
24	38	24	25	24	26
48	40	42	36	30	28
72	47	54	38	42	30
96	47	66	45	48	33
120	45	78	45	54	36
		90	43	66	41
		102	40	72	43
		114	39	78	44
		120	37	90	41
				96	41
				102	42
				114	40
				120	37

2.4.2.1 Hipótesis para el análisis de varianza de la toma de temperatura

Al analizar la tabla ANOVA nuestro objetivo es ver si se cumple nuestra hipótesis inicial: si el valor F es mayor al valor crítico de F, vamos a rechazar la hipótesis de que los promedios de los grupos son iguales. Es decir, si F es mayor al valor crítico, vamos a decir al menos uno de los promedios de estos grupos es estadísticamente distinto.

- se acepta la hipótesis nula si el valor F es menor que el valor crítico para F
- se acepta la hipótesis alternativa si el valor F es mayor que el valor crítico para F

Hipótesis nula: no hay diferencia en las medias de los 3 bloques, es decir al realizar mas volteos no hay cambios en el comportamiento de la temperatura de la fermentación.

Hipótesis alternativa: al menos una media difiere de otra, al menos en una del as frecuencias el comportamiento es distinto

Tabla 7

Resumen análisis de varianza de la toma de temperatura

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
PROMEDIO TEMPERATURAS- FRECUENCIA 1	6	244	40,66666667	58,71111111
PROMEDIO TEMPERATURAS- FRECUENCIA 2	10	371,6666667	37,16666667	54,5987654
PROMEDIO TEMPERATURAS- FRECUENCIA 3	14	506	36,14285714	45,6190476
valor alfa= 0,05				

Tabla 8*Análisis de varianza de la toma de temperatura*

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>medio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	86,69312169	2	43,34656085	0,84932067	0,438816319	3,354130829
Dentro de los grupos	1377,992063	27	51,03674309			
Total	1464,685185	29				

4.2.2.2 Interpretación análisis de varianza de la toma de temperatura

- El mejor promedio de temperatura lo tiene la frecuencia 1, con un promedio de 40,66.
- Se acepta la hipótesis nula, el valor de $F= 0,847$ es menor al valor crítico para $F=3,35$, es decir al realizar más volteos no hay cambios en el comportamiento de la temperatura en la fermentación, aunque se le hagan mas volteos al grano de cacao. Es decir, aunque se hagan más volteos la temperatura siempre tendrá el mismo comportamiento la cual es aumentar hasta cierto punto, Sin embargo, un análisis tipo ANOVA no nos dice qué grupo (o grupos) es (son) el distinto(s) ni si es mayor o menor que el resto.

2.4.3 Análisis de varianza de solo factor para prueba de corte corte

Tabla 9

Porcentaje de efectividad de la fermentación, frecuencia 1,2 y 3, repetición 1,2, y 3

		porcentaje de efectividad de fermentación		
		frecuencia 1	frecuencia 2	frecuencia 3
repetición 1		92	88	84
repetición 2		96	92	92
repetición 3		96	88	84

Análisis de varianza de una sola entrada, realizado con Excel, al analizar la tabla ANOVA nuestro objetivo es ver si se cumple nuestra hipótesis inicial: si el valor F es mayor al valor crítico de F, vamos a rechazar la hipótesis de que los promedios de los grupos son iguales. Es decir, si F es mayor al valor crítico, vamos a decir al menos uno de los promedios de estos grupos es estadísticamente distinto.

- Se acepta la hipótesis nula si el valor F es menor que el valor crítico para F
- Se acepta la hipótesis alternativa si el valor F es mayor que el valor crítico para F

Hipótesis nula: todas las medias son iguales, es decir con diferentes de frecuencias de volteos el comportamiento del porcentaje de efectividad es igual.

Hipótesis alternativa: al menos dos medias son diferentes, es decir que al desarrollar diferentes frecuencias de volteos el porcentaje de efectividad de fermentación puede cambiar.

Tabla 10

Resumen análisis de varianza prueba de corte

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
frecuencia 1	3	284	94,6666667	5,33333333
frecuencia 2	3	268	89,3333333	5,33333333
frecuencia 3	3	260	86,6666667	21,3333333
Alfa: 0,05				

Tabla 11*Análisis de varianza de un solo factor prueba de corte*

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	99,555556	2	49,777778	4,6666667	0,05991617	5,14325285
Dentro de los grupos	64	6	10,666667			
Total	163,555556	8				

2.4.3.1 Interpretación

- Se aprueba la hipótesis nula, esto se debe a que el valor de F es menor que el valor crítico para f.
- Se aprueba la hipótesis nula, por que el valor de probabilidad 0,05991617 es mayor al de alfa 0,05
- La hipótesis que se aprueba para el experimento es todas las medias son iguales, es decir con diferentes frecuencias de volteos el comportamiento del porcentaje de efectividad de fermentación es relativamente igual
- Para poder definir la mejor frecuencia de volteo para la variedad de cacao TCS 01, se elige la frecuencia con el mejor promedio del porcentaje de efectividad de fermentación, siendo la frecuencia 1, la que se tienen el mejor promedio, 94,66% de efectividad, ya que, un análisis tipo ANOVA no nos dice qué grupo (frecuencia) es el distinto, ni si es mayor o menor que el resto.

- La frecuencia 2 2 (24-12-12-12-12-12-12-12) y la frecuencia 3 (24-6-12-6-6-12-6-6-12-6-6-12-6), lo que significa que el porcentaje de efectividad de fermentación no aumenta considerablemente, aunque tenga más volteos en la etapa fermentativa.

3. Conclusiones

- Analizando los rangos de temperatura durante la fermentación, obtenido en las frecuencias 1, 2, 3, se puede decir que la mejor frecuencia de volteo para el cacao TCS 01 de la finca el Diviso, la cual aumento, y mantuvo la temperatura durante la fermentación, de inicio a fin, en comparación a través de gráficas, con temperaturas idóneas de fermentación de Smilja Lambert (2019), fue la frecuencia uno, es decir, la frecuencia de volteo a las 48 horas y después cada 24 horas durante 120 horas, con un total de 4 volteos, alcanzando su máxima temperatura de 47 grados en el 3 volteo en la hora 96 de fermentación, obtuvo un mejor aumento de temperatura y sobresaliendo de las frecuencias dos y tres.
- Al realizar la prueba corte, se puede confirmar que el mejor porcentaje de fermentación efectiva se obtiene con la frecuencia 1 (48-24-24-24), se obtiene un grano de cacao con una mayor calidad, con fermentación homogénea y con excelentes características.
- Con el análisis de varianza de un solo factor para la toma de temperaturas, se puede decir que las frecuencias de volteo sobre el grano de cacao de la variedad TCS 01,

hace que la temperatura aumente en el proceso fermentativo, este efecto es igual en las tres frecuencias, pero se puede observar diferentes rangos de temperatura para cada frecuencia, siendo la frecuencia uno con el mejor promedio y varianza.

- Al realizar más volteos en la fase aeróbica de la fermentación, se llega a la conclusión que el porcentaje de efectividad de la fermentación no tiene aumento considerable, proceso que no sirve para ser implementado en la fermentación del cacao de la finca el diviso.
- Con el anterior experimento se determino que al realizar mas volteos el grano de cacao, sufre daños internamente, por lo que no es viable, por que su calidad disminuye.

Referencias Bibliográficas

Agrosavia. (s.f.). Obtenido de <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/0337-variedad-de-cacao-tcs-01>

Agular, H. (2016). *Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao*. La Lima.

Alfonso, A. (2018). *DIAGNOSTICO ACTUAL EN EL CAMBIO DE CASA ELBAS POR MARQUESINAS PARA EL PROCESO DE FERMENTACION Y SECADO DE CACAO EN*

- EL MUNICIPIO DE CUBARRAL META.* Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21079/52481244.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Biotecnologias. (s.f.). Obtenido de <https://biotecnologias.tumblr.com/post/118017997679/el-grano-de-cacao-sin-fermentar-no-sabe-a#:~:text=Los%20granos%20de%20cacao%20frescos,%2C%20almid%C3%B3n%2C%20celulosa%20y%20azucares>.
- Climaco ÁLVARES, L. T. (2010). *Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (Theobroma cacao L.) usando dos tipos de fermentadores.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Miranda). Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaCalidadComercialDelGranoDeCacaoTheob-3909942.pdf>
- Flores, 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. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11036/3352>
- Grind, P. D. (23 de AGOSTO de 2019). *PERFECT DAILY GRIND.* Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2019/08/23/que-es-la-prueba-de-corte-del-cacao-y-cuando-puede-ser-util/#:~:text=Las%20pruebas%20de%20corte%20se,ha%20fermentado%20correctamente%20o%20no>.
- Maria, L. (2016). *Influencia del proceso de fermentación sobre las.* medellin. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/82873989/43987710.2017-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668394026&Signature=KBy9umul6LUnaNbWY0UDvBmg7OOz7rZ7>

4CAe7iINg5eqEsI1Ok-awn2i4KhMq8oG-

3EGF7qZyKlL58F4wSHf3jHCj5vhLVgMPTSB8gIiCAT4bReqaa8levJmACgAQT-

w~zq~1Yp~SS8yXv

Poscosechacacao. (s.f.). Obtenido de <https://poscosechacacao.blogspot.com/2019/07/prueba-de-corte-en-cacao.html>

Seijas, M. G. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la. 2-5.

Smilja Lambert, M. I. (2019). *cadencacao*. Obtenido de http://cadencacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Fermentacion_del_Cacao.pdf

Smilja Lambert, M. I. (2019). *cadencacao*. Obtenido de http://cadencacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/19_Fermentacion_del_Cacao.pdf