

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

MENCIÓN EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EL OREADO EN LA FERMENTACIÓN Y SU EFECTO EN EL
CONTENIDO DE ÁCIDO ACÉTICO Y CALIDAD DEL GRANO DE
CACAO (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 SECO**

TESIS

Para optar al grado académico de:

**MAESTRO INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS
MECIÓN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

EDGAR VICENTE SANTA CRUZ

TINGO MARÍA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 017-2019-EPG-UNAS


En la ciudad universitaria, siendo las 5:50 pm, del día miércoles 05 de junio del 2019, reunidos en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:


"EL OREADO EN LA FERMENTACIÓN Y SU EFECTO EN EL CONTENIDO DE ACIDO ACETICO Y CALIDAD DEL GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) CCN-51 SECO"


A cargo del candidato al Grado de Maestro en INGENIERIA de ALIMENTOS, mención Ingeniería Agroindustrial, nombre Edgar VICENTE SANTA CRUZ

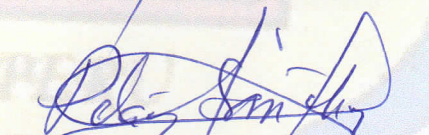
Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 6:50 pm. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
Mag. JORGE CASTRO GRACEY
Presidente del Jurado


.....
M.Sc. WILLIAMS ROLDAN CARBAJAL
Miembro del Jurado


.....
M.Sc JAIME EDUARDO BASILIO ATENCIO
Miembro del Jurado


.....
Dr. PEDRO PELAEZ SANCHEZ
Asesor

FICHA CATALOGRÁFICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

El presente trabajo investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi esposa Carlota Salazar Lugones y mi hija Sandra Vicente Salazar por su comprensión, apoyo y ánimo que me brindan cada día para alcanzar nuevos objetivos y metas.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Pedro Pablo Peláez Sánchez, asesor del presente trabajo por su vital apoyo con sugerencias y recomendaciones en la ejecución y culminación de la Tesis.

Al, Presidente del jurado calificador Ingeniero Jorge Enrique Castro Gracey por su contribución y sugerencias para mejorar el presente trabajo de investigación.

Al Ingeniero Williams Roldán Carbajal, miembro de jurado calificador, por haber contribuido a través de sus observaciones a mejorar la presente Tesis.

Al Ingeniero Jaime Eduardo Basilio Atencio, miembro de jurado calificador, por haber contribuido a través de sus observaciones a mejorar la presente Tesis.

A Sissy Meryll Pérez Peláez y Darlyn Reátegui Díaz por el apoyo en la ejecución del trabajo de investigación y en especial a Cristina Elena Quiñones Ruiz por su colaboración permanente para la ejecución del presente trabajo.

A todos mis maestros del posgrado por haber contribuido con mi formación como maestro y haberme facilitado información que contribuyeron a la ejecución de mi tesis.

A mis colegas de estudio de la maestría por su compañerismo durante mis años de estudio y a la Universidad Nacional Agraria de la Selva por haber contribuido en mi formación profesional.

Gracias a mis amigos, que brindaron su apoyo moral y humano, necesarios para el logro del trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

Página

INDICE GENERAL	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Definiciones.....	6
2.2.1 Botánica	6
2.2.2 CCN-51 (Colección Castro Naranjal)	7
2.3 BENEFICIO DEL CACAO	8
2.3.1 Grano de cacao.....	8
2.3.2 Cosecha.....	9
2.3.3 Quiebra	9
2.3.4 Fermentación	10
2.3.5 Secado.....	13
2.4 MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD DE CACAO.....	14
2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Lugar de ejecución del trabajo de investigación.....	16
3.2 Muestras de granos de cacao	16
3.3 Equipos, materiales y reactivos.....	16
3.3.1 Equipos de laboratorio	16
3.3.2 Materiales de laboratorio.....	17
3.3.3 Reactivos y solventes	17
3.4 Métodos de análisis.....	18
3.5 Metodología experimental	19
3.5.1 Diagrama de bloques poscosecha del cacao CCN-51	19
3.5.2 Descripción de las operaciones del beneficio de cacao CCN-51 ...	19
IV. RESULTADOS	21
4.1 EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN	21
4.2 Contenido de polifenoles totales	22
4.3 El pH.....	23

4.4	Acidez total.....	24
4.5	Acidez volátil	25
4.6	Teobromina.....	26
4.7	Cafeína.....	27
V.	DISCUSIONES	29
5.1.	Porcentaje de fermentación de granos de cacao	29
5.2.	Acidez fija y volátil	30
5.3.	Polifenoles totales	30
5.4.	pH.....	32
5.5.	Teobromina	34
5.6.	Cafeína.....	35
	CONCLUSIONES	37
	RECOMENDACIONES	38
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
	ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación Taxonómica.....	6
Cuadro 2. Sinopsis del proceso de fermentación de cacao	12
Cuadro 3. Porcentaje de granos de cacao fermentado de los tratamientos...	21
Cuadro 4. Prueba de rangos múltiples de Tukey del porcentaje de fermentación.	21
Cuadro 5. Contenido de polifenoles totales en los granos de cacao, según tratamientos.	22
Cuadro 6. Prueba de Tukey del contenido de polifenoles EAG/100g.	22
Cuadro 7. Valores de pH en granos de cacao fermentados y secos.	23
Cuadro 8. Pruebas de rangos múltiples (Tukey) del pH del cacao fermentado seco.	24
Cuadro 9. Valores obtenidos del porcentaje de acidez total de los granos de cacao.	24
Cuadro 10. Pruebas de rango múltiples (Tukey) de la acidez total del cacao..	25
Cuadro 11. Valores obtenido del porcentaje de acidez volátil en los granos de cacao.	25
Cuadro 12. Pruebas de Tukey de la acidez volátil del cacao.	26
Cuadro 13. Contenido de teobromina en los granos de cacao, según tratamiento.	26
Cuadro 14. Pruebas de Múltiple Rangos del contenido de teobromina.	27
Cuadro 15. Contenido de cafeína en los granos de cacao según tratamiento.	27
Cuadro 16. Pruebas de Múltiple Rangos del contenido de cafeína.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Acción microbiana en la pulpa.	11
Figura 2. Diagrama de bloques de beneficio de cacao CCN-51	19
Figura 3. Gráfica del comportamiento del pH en la fermentación.	23

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Análisis de varianza del porcentaje de fermentación.....	47
Anexo 2. Análisis de varianza del contenido de polifenoles.....	47
Anexo 3. Análisis de varianza del pH del cacao fermentado seco.....	48
Anexo 4. Análisis de varianza de la de la acidez total del cacao.	48
Anexo 5, Análisis de varianza de la de la acidez total del cacao.	49
Anexo 6. Análisis de varianza del contenido de teobromina.	49
Anexo 7. Análisis de varianza de del contenido de cafeína	50
Anexo 8. Análisis de varianza de la actividad antioxidante	50
Anexo 9. Valores promedio del pH en durante el tiempo de fermentación del cacao CCN-51.....	51
Anexo 10. Análisis de calidad del grano seco en la planta Naranjillo.....	52
Anexo 11. Galería de fotos	56

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es determinar como afecta el oreado de los granos de cacao en la operación de fermentación, en el contenido de ácido acético y calidad del grano de cacao CCN-51 seco. Para el análisis de los resultados se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) a un nivel de significancia del 5%, los tratamientos en estudio fueron: T₀ (Sin oreado), T₁ (Oreado 3 h), T₂ (Oreado 6 h) y T₃ (Oreado 9 h). Para el establecimiento de las unidades experimentales se usó los frutos de cacao CCN-51 de la fina del Sr. Niceforo Agüero Rojas, lugar donde se realizó las diferentes operaciones de beneficio hasta obtener el cacao seco, producto al que se realizaron análisis tales como: porcentaje de fermentación, acidez total, acidez fija, contenido de polifenoles, pH y contenido de alcaloides (teobromina y cafeína). En la evaluación de los tratamientos con el DCA, se encontró diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), por lo que se aplicó la prueba de rangos múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$), siendo el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) el que presento una mayor porcentaje fermentación (prueba de corte: 87%), sin embargo fue el que presento los menores valores de contenido de polifenoles 3,771g EAG/100g, pH 5,43, acidez total 0,1052 %, acidez volátil 0,0743 % y alcaloides (Teobromina 0,858 g Tb/100 g y Cafeína 0,093 g Cf/100 g). El resultado del análisis sensorial, se determinó que la intensidad de acidez percibida es menor en granos de cacao oreados durante el fermentado respecto a los granos de cacao fermentado y secados de manera tradicional.

Palabras claves: acidez total, acidez volátil, polifenoles, teobromina, cafeína.

ABSTRACT

The principal objective of the research is to determine how the drying of cacao beans affects the fermentation process, the acetic acid content and the bean quality of dry CCN-51 cacao. For the analysis of the results, a completely randomized design was used (CRD; DCA in Spanish), at a 5% significance level; the treatments in study were: T₀ (without drying), T₁ (3 h of drying), T₂ (6 h of drying) and T₃ (9 h of drying). To establish the experimental units, CCN-51 cacao fruit from Mr. Niceforo Agüero Rojas' farm was used, which is the place where the different harvesting processes were done in order to obtain the dried cacao, from which the analyses will be done, such as: fermentation percentage, total acidity, fixed acidity, polyphenol content, pH and alkaloid content (theobromine and caffeine). In evaluating the treatments with the DCA, significant statistical differences were found ($p \leq 0.05$), thus, the Tukey ($\alpha = 0.05$) multiple range test was applied, with treatment T₃ (9 h of drying) being that which presented the greatest percentage of fermentation (cutting test: 87%); nonetheless, it was that which presented the lowest values in polyphenol content 3.771g EAG/100g, pH 5.43, total acidity 0.1052 %, volatile acidity 0.0743 % and alkaloids (Theobromine 0.858 g Tb/100 g and Caffeine 0.093 g Cf/100 g). The results of the sensory analysis determined that the intensity of the perceived acidity is lower in cacao beans dried during fermentation than in the cacao beans that are fermented and dried in a traditional manner.

Keywords: total acidity, volatile acidity, polyphenols, theobromine, caffeine

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivo agroindustriales de jerarquía para los productores agrarios en el Perú y en la amazonía peruana se encuentran en pleno desarrollo en los departamentos de San Martín, Ucayali y Amazonas y según datos del ministerio de agricultura en el 2017, este cultivo ha contribuido eliminar de la pobreza a más de 90 mil familias en la amazonía del Perú.

Para el uso Agroindustrial del cacao es necesario que una vez cosechados los frutos sean beneficiados adecuadamente para conservar las características intrínsecas de los diferentes variedades y clones que se encuentran en producción, esto implica desde la cosecha de frutos adecuadamente maduros, selección de los frutos cosechados, evitar el daño a las almendras durante el despulpado y continuar con el fermentado del cacao que es la operación que causa desintegración de las células; provocando que los contenidos queden expuestos a los diferentes elementos que se encuentran en la estructura del grano generando cambios bioquímicos que conllevan a desarrollar diferentes características físicas y sensoriales en atributos como el sabor, color y olor. La formación de pigmento marrones en los granos durante la fermentación de debe a la presencia de polifenoles, que al producirse la oxidación se tienen como producto quinonas, asimismo la En la fermentación aerobia se forman en los granos pigmentos marrones constituidos por polifenoles; la epicatequina y catequina se oxidan a quinonas, y la licuefacción de las sustancias proteicas con los polifenoles traen como consecuencia una disminución del amargor y astringencia. Los granos de cacao secos y con baja acidez son materia importante en la industria chocolatera.

Además de la contribución nutricional de cacao en la alimentación, se cuenta con investigaciones del contenido de polifenoles y otros componentes bioactivos que contribuyen en la salud.

El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar en distintos tiempos de oreado durante la fermentación el efecto en el contenido de acidez y calidad del cacao seco.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

Según Navia *et al.*, (2012) manifiesta que es importante reducir las cualidades negativas como la astringencia, la acidez y el sabor amargo en la operación de la fermentación del CCN-51. En esta operación intervino mediante la adición de enzimas como: Proteasa y Polifenoloxidasa, las que actuaron reduciendo o disminuyendo la cantidad de sustancias fenólicas, efecto que se evaluó sensorialmente con una reducción de la astringencia y del sabor amargo, asimismo por acción de la proteasa debido a su actividad endo/exopectica se acentuó el sabor a chocolate.

Según Rivera (2012) menciona en su artículo científico que la calidad química del cacao indica que las características sensoriales del cacao se mejoran con la disminución de sustancias fenólicas así como también de los alcaloides, esto lo indica en su artículo denominado “Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional”, investigación realizada al cacao donde trabaja con diferentes fermentadores aplicando varios tiempos de fermentación, llegando a la conclusión que en el cacao Tipo Nacional se logran mejores características de calidad en el cacao, fermentándolo con periodos de 4 y 5 días en estructuras de madera.

Portillo *et al.*, (2011), concluye en su trabajo de investigación que los resultados de temperatura y contenido de ácido en los granos de cacao dependen del tiempo de fermentación.

Según el trabajo de investigación desarrollado por (Kadow Daniel; NiemenK Nicolas; Rohn Sascha, 2015). Manifiesta que el cacao es la materia prima y que sin ella no se puede fabricar chocolate. Siendo necesario que se fermente la pulpa de la fruta que rodea las semillas que es degradado por levaduras y bacterias. Esta degradación resulta en calor y la formación de ácido

orgánico efecto del calor y la acidificación de los tejidos son los parámetros clave que guían la formación de precursor de aroma.

El trabajo desarrollado por (León, Noemí; Mohamed Abderrahim; Nuñez Luis, Arribas Silvia; Luis Condezo, 2016). Menciona que varios procedimientos se usan actualmente para determinar el porcentaje de almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el control de calidad. Se planteó validar un procedimiento cuantitativo basado en una imagen simple, utilizando la medición del color y de redes neuronales artificial (RNA) modelos de RNA basados en mediciones de color se ensayaron para predecir el índice de fermentación (FI) de los granos de cacao fermentados.

Según (Bortolini Cristian; Patrone Vania; Puglisi Edoardo; Morelli Lorenzo, 2016). En el trabajo de investigación denominado: "Detailed analyses of the bacterial populations in processed cocoa beans different geographic origin, subject to varied fermentation conditions", publicado en International Journal of food Microbiology, donde concluyen en su trabajo que la calidad del chocolate depende de varios parámetros, uno de los cuales es la diversidad bacteriana durante la fermentación y el secado; un factor crucial para la generación de los precursores del sabor del cacao óptimo.

El trabajo de investigación desarrollado por Deesuttha *et al.*, (2016), determinan que la aireación es uno de los factores significativos que afectan la fisiología de la levadura y la producción de etanol, por tal motivo optimizaron la velocidad de aireación y la hora de altos niveles de producción de etanol a muy alta gravedad de fermentación (VHG) por *Saccharomyces*. Logrando resultados que mostraron que la tasa de aireación óptima y tiempo de aireación para la fermentación VHG eran 0,31 vvm y 12.01 h, respectivamente.

Huanca *et al.*,(2010), en la investigación denominada "Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera", concluyeron que el índice de fermentación aumento al transcurrir el secado, disminuyendo el contenido de agua en el grano, el ácido, y

los azúcares, lo contrario sucedió con los taninos que se vieron incrementados sin embargo no pudieron definir como se comportan el pH y las proteínas. Es decir concluyeron que el diseño del fermentador conjuntamente con el tiempo de secado influyen en las características químicas.

Zapata *et al.*, (2013), en la investigación denominada “Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano”, concluyeron que las características sensoriales del cacao luego de la fermentación reducen el potencial antioxidante, y que en consecuencia son cambios químicos y bioquímicos importantes para desarrollar características sensoriales favorables en los productos finales de la industria chocolatera.

Portillo *et al.*, (2011), en la investigación denominada “Influencia de las condiciones del tratamiento poscosecha sobre la temperatura y acidez en granos de cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*)”, concluyeron que el tiempo de fermentación es uno de los factores que tiene influencia sobre la temperatura, acidez total y pH. La remoción y aguante de la mazorca no tiene influencia sobre los valores de temperatura y acidez.

Alvares *et al.*, (2010), en la investigación denominada “Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores”, concluyó que las características físicas de cacao no varían ya sea usando cajones de madera o cestas plásticas; sin embargo, los valores más altos de porcentaje de fermentación se lograron al remover cada veinticuatro horas logrando valores de fermentación de 86 % en las almendras de cacao seco. Las fermentaciones realizadas en cajas de madera dieron como resultado porcentaje de fermentación de ochenta y tres por ciento y las cestas plásticas cribadas lograron porcentaje de fermentación de 83%. Recomendando usar las cestas plásticas por sus características de durabilidad, fácil operación y bajo costo.

Bardón *et al.*, (2017), en su investigación denominada “Selección de cacaos (*Theobroma cacao L.*) según índice de teobromina – cafeína, determinación de metilxantinas, catequinas en grano fresco, fermentado, seco, licor y análisis sensorial del licor”, donde evaluó muestras de cacao de la zona de Tingo María,

San Alejandro y Curimana, concluyeron que el contenido de Teobromina y Cafeína en el grano fresco, fue afectado por factores como: zona de producción y forma de beneficio del cacao ya que estos valores disminuyeron durante el beneficio de los granos, presentando los mayores valores la zona de producción de Tingo María.

Dura (2012), en su investigación denominada “Estudio del valor nutricional y funcional de cacao en polvo con diferentes grados de alcalinización” concluye que durante el beneficio de cacao se puede aplicar sustancias para incrementar el pH con el objetivo de neutralizar, esto contribuiría con el color y aroma por efecto de las desarrollar aromas y color siendo consecuencia de las reacciones químicas y bioquímicas generando las sustancias desde las cuales que dan lugar a las características de fragancia además de desarrollar el color característico del chocolate, sin embargo estas sustancias alcalinas pueden afectar a otros componentes presentes en la almendra de cacao. En el perfil nutricional las variaciones no son estadísticamente significativas, sin embargo se ve afectado sus características funcionales como en la capacidad antioxidante.

Zapata *et al.*, (2013), en su trabajo de investigación realizado a cinco clones de cacao cultivados en Colombia evaluaron luego de la operación del torrefacto como se ven afectados los metabolitos de segundo orden el efecto del tostado sobre el contenido de metabolitos secundarios y como se ve afectado el antioxidante, y llegaron a la conclusión el efecto del tostado en la cantidad de polifenoles totales, catequina, teobromina, cafeína, antocianinas totales, taninos condensados, y epicatequina, sin embargo como consecuencia de las reacciones probocadas durante el tostado de los granos como los compuestos fenólicos, y también las reacciones de pardeamiento no enzimático (Maillard), pueden influir en la variación de características sensoriales así como en la capacidad antioxidante.

Camacho Serrano (2014), en su investigación denominada “Influencia del porcentaje del clon CCN-51 en las características físicoquímicas y organolépticas del licor de cacao procedente de Pucacaca y Huingoyacu”,

determinaron que la zona y el tiempo de fermentado, influyen en las características físicas y químicas de los granos de cacao secos.

Reyes Paz (2014), en su trabajo de investigación cuantificó polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante mediante los radicales libres DPPH y ABTS⁰⁺ y realizó el análisis sensorial en los granos de cacao criollo y CCN-51 con y sin beneficio, concluyendo que los granos de cacao CCN-51 fresco sin fermentar presentó el mayor contenido de polifenoles totales 9,19 EAG/100g, antocianinas 5,639 mg y capacidad antioxidante frente al radical DPPH y ABTS IC₅₀ 35,557 µg/mL y IC₅₀ 30,101 µg/mL respectivamente, mientras que en la evaluación sensorial el cacao criollo presentó mejores atributos sensoriales con características específicas floral, panela, nuez, afrutado.

2.2 Definiciones

2.2.1 Botánica

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica

Ubicación taxonómica	Nombre científico
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>
Orden	<i>Málvales</i>
Familia	<i>Sterculiaceae</i>
Genero	<i>Theobroma</i>

Fuente: (Riera Trelles, 2009).

Existen variedades de árboles de cacao, las cuales según (García Carrion, 2000), se conocen como cultivares estas son:

- Cultivares trinitario
- Cultivares forastero
- Cultivares criollo o nativo

2.2.2 CCN-51 (Colección Castro Naranjal)

El cacao CCN-51 (Colección Castro Naranjal) es producto de la investigación realizada en el Ecuador, en la zona de Naranjal, por el agrónomo Homero Castro, el clon número 51 es la que obtuvo éxito y brindó las características requeridas, este clon presenta características de alta producción y tolerancia a las enfermedades, pero no tiene el aroma que posee el criollo (Guillin y Lara, 2010).

Planta de 5 a 6 m de altura, con 3 a 4 raíces principales, posee un tallo de donde emergen las ramas, las hojas son grandes de color verde oscuro; son plantas hermafroditas, pues en sus flores tienen es decir, tienen tanto gametos masculinos como femeninos, el fruto es una baya, que se conoce como mazorca y se encuentran distribuidas desde la parte basal hasta la parte superior del árbol, la mazorca es de color rojo con contenido alto de mucílago, generalmente contienen en su interior de 35 a 45 granos de forma aplanada, de 2 a 4 cm de longitud, recubiertos por pulpa dulce y ligeramente ácida (Campoverde, 2010).

El cultivo de cacao CCN-51, necesita clima tropical y mojado con temple medio anual 23 a 26°C, con lluvias que alcanzan anualmente entre 1500 a 2500 mm con un exiguo mensual entre 100 a 120 mm. También es muy significativo tener en cuenta que cuando el clima es frío se reduce la presencia de floración, mientras que a temperaturas cálidas superior a 25 °C, se da una generación creciente de floración que trae como consecuencia el cuajado de mayor cantidad de mazorca.

Para lograr una mazorca de CCN-51 desde flor hasta mazorca es necesario tener en cuenta si el clima es fresco demora más días que cuando el clima es cálido, por ejemplo indica que en climas frescos la mazorca se logra en aproximadamente 160 días mientras en climas cálidos 140 cuarenta días aproximadamente. Un indicador para reconocer que el fruto está maduro es el color donde se observa para el caso del CCN51 en la cascara (pericarpio) de la mazorca una variación de color en su superficie cambiando de color roja a un

color entre amarillo y anaranjado fuerte. Otra forma de determinar que el fruto alcanzó madurez es realizarle golpes con los dedos al pericarpio y si el fruto está maduro producirá un sonido hueco (Crespo y Crespo, 1997).

El clon CCN-51 tiene buen rendimiento y resistencia a las enfermedades fungoides comunes, haciéndole una alternativa aceptable también puede competir en los mercados exigentes en lo que se refiere a la calidad, con un manejo pos cosecha y una buena fermentación alcanza rendimientos sobre 4,000 kg de grano seco/Ha (ESPINOSA *et al.*, 2006).

Alcanzando niveles estables de productividad de 50 - 55 quintales por Ha. por año, a partir del sexto año (Hugenin, 2004).

2.3 BENEFICIO DEL CACAO

2.3.1 Grano de cacao

La NTP-ISO 2451 (ESPECIFICACIONES) (2006), define que el grano de cacao es la semilla proveniente del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) sana, limpia, fermentada adecuadamente y secada (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI, 2006).

La NTP 208.040 (BUENAS PRACTICAS PARA LA COSECHA Y BENEFICIO DEL CACAO) (2008), define que las buenas prácticas de cosecha y poscosecha del cacao en operaciones básicas que consisten en hacer una buena fermentación es necesario una selección que significa una adecuada limpieza, una y clasificación para separar frutos en diferentes estadios de madurez marcada, así como los frutos enfermos, el secado como aspecto importante para el grano tenga una humedad de no afecte su almacenamiento para conservar en el cacao la calidad.

Esta norma también indica que para una adecuada poscosecha es necesario contar con infraestructura básica como: cajas de madera que no transfiera olor o maderas resinosas, secadoras artificiales, eras de secado, o mantas para secado, además se debe contar con infraestructura para el

almacenamiento que cuente con ventilación adecuada, provistos de sacos de yute polipropileno y parihuelas sean de madera o plásticas (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -INDECOPI 2008, 2008).

2.3.2 Cosecha

La cosecha es una operación del benéfico del cacao donde se recomienda cosechar todas las frutas maduras, dañadas y sobre maduras y siguiendo un programa de cosecha de cada quince días o en periodos menores dependiendo de la época de cosecha.

Para obtener un cacao de calidad se utiliza las mazorcas sanas y maduras. Para realizar la cosecha se realiza cortando el pedúnculo con tijeras de podar para las que están al alcance de las manos, navaja o cuchillas curvas. Mientras para los frutos que se encuentran en la parte alta se deben utilizar herramientas como el pico de loro adecuadamente afilas para evitar el desgarre de las ramas del árbol de cacao al momento de cosechar. Hay que evitar el uso del mache en la cosecha porque con esta herramienta se puede causar daño a los cojines florales de la planta y daño a las almendras que se encuentran dentro del fruto por un corte no adecuado. Todas las prácticas indicadas párrafos constituyen acciones en aplicación a la NTP: 208.040:2008 Cacao.

2.3.3 Quiebra

La quiebra es una operación que consiste en el partido o quebrado de la mazorca y se puede realizar con un machete corto al cual se le debe quitar el filo y se utiliza la parte del lomo, para que al proceder el operario a realizar la quiebra de la mazorca se dañen loas almendras con cortes que luego cuando es realizado el control de calidad se ve afectado.

El golpe que se aplica a la mazorca debe ser suave. Una vez partida la mazorca, se sacan los granos con las manos desprendiéndolas de placenta. Los granos deben depositarse en un recipiente limpio que pueden ser cajas de madera, cubetas de plástico o sacos con forro de plástico; no se recomienda el

uso de recipientes de metal. Se recomienda que los operarios usen guantes de hule durante el procedimiento para evitar daños en los dedos de la mano.

La quiebra es la segunda operación del beneficio de cacao que consiste en partir los frutos y extraer los granos; debe realizarse antes de los 5 días después de la cosecha (Arévalo, 2004).

2.3.4 Fermentación

Las almendras de cacao frescas o también cacao en baba, recién extraídos deben ser llevados a las instalaciones de fermentación lo más pronto posible, que pase de seis horas. El medio para el transporte del cacao fresco pueden ser cubetas plásticas, cubetas de madera, saco o bolsas envases que deben estar adecuadamente limpios. La pérdida por escurrido del exudado no afectara la fermentación ni el rendimiento.

La infraestructura ideal para fermentar cacao debe ser de madera con orificios de 0.5 cm de diámetro, evitando que los clavos o tornillos que se utilizan en la construcción del cajón no tengan contacto con el producto ósea con el cacao en baba, pues debido a la acidez del mucilago en contacto con las almendras de cacao hacen perder calidad.

Dependiendo del área a cosechar se determina el tamaño y numero de cajones para lo cual se debe considerar al volumen de cosecha esperado en la semana de mayor producción. Los diseños de cajones varían desde las formas en escalera a formas horizontales. Es necesario contar con divisiones móviles entre cajas para facilitar la remoción de una caja a otra. Cuando están diseñados en forma de grada o escalera, la gravedad facilita el volteo de la masa de un cajón a otro. Se recomienda consultar al especialista para su diseño.

El Cajón fermentador se debe llenar hasta 5 cm o 10 cm del borde superior y luego tapar el grano con hojas de plátano y costales de preferencia de

yute. Esta protección además de evitar el contacto directo con insectos ayuda a conservar el calor generado por efecto de la fermentación.

El ambiente donde esté instalado el cajón o los cajones fermentadores debe estar bajo sombra protegido de la acción directa del sol, la lluvia y el viento para que estos factores no afecten la temperatura interna del cajón. Como parte de los instrumentos de control se debe contar con un termómetro ya sea manual o digital, para controlar como va cambiando la temperatura, esta se verifica colocando en el centro de la masa y verificar que la temperatura sube y se sostenga por encima de los cuarenta y cinco a partir del 3er día hasta alcanzar del centro de la masa y verificar que la temperatura suba y se mantenga arriba de 45 °C a partir del tercer día puede llegar hasta la temperatura de 50 °C.

La fermentación del cacao se da en dos etapas la fermentación aeróbica en la que participan las levaduras convirtiendo los azúcares en alcohol, seguidamente se la fermentación aeróbica en la que intervienen las bacterias acéticas. Ambas etapas en la fermentación generan reacciones exotérmicas por esta razón se percibe el aumento de temperatura que es favorable a los cambios químicos y bioquímicos que se dan en la almendra de cacao que contribuye a la producción de compuestos precursores de sabor y aroma a chocolate.

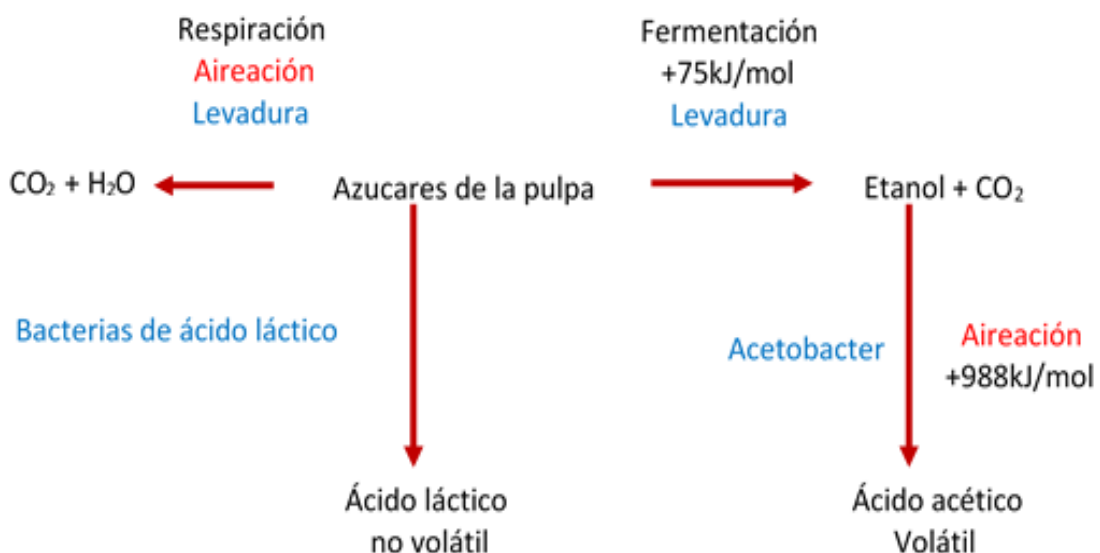


Figura 1. Acción microbiana en la pulpa.

Fuente: NTP 208.040-BPCB

La conservación del calor se logra, usando cajones con largo y ancho iguales o casi iguales. Es importante que la altura de los cajones no pase de los 60 cm con ello se logra un mejor control de la fermentación y calidad del grano. Los cajones deben estar en un lugar resguardado del sol, la lluvia y el viento para que esos factores no afecten la temperatura interna del cajón.

La penetración del ácido acético a través de los cotiledones y las membranas celulares, el ácido acético estimula la muerte del embrión y de las almendras al penetrar en el tejido del cotiledón y a su vez la permeabilidad de las paredes celulares. Todos estos cambios ocurren producto de la acumulación de energía productos de la fermentación entre temperaturas de 40 °C a 50 °C con un rango de 4 pH a 5 pH.

Las enzimas que se encuentran en las paredes celulares y dentro de las células tienen contacto con las sustancias fenólicas, los aminoácidos iniciando reacciones químicas (hidrolíticas) que se evidencian con cambios de color en los pigmentos, dando como resultado los iniciadores del gusto a chocolate.

Cuadro 2: Sinopsis del proceso de fermentación de cacao

1er día	3er-4o día	5o -V día
Mucilago muy acida	Masa acida (pH 4,5)	Masa acidulada (pH5,5)
Mucilago color blanco	Masa de color café claro	Masa de color café
6.5 pH en el cotiledón	4.5 pH en el cotiledón.	5.0 pH en el cotiledón
Cotiledón color violeta	Cotiledón color violeta, sus bordes de color café	Cotiledón color café
No hay variación de temperatura	Aumento de temperatura de los granos 45 °C a 50°C	°T de los granos se reduce a 40°C
Olor agridulce, aromático	Fuerte olor a ácido acético	Disminuye un poco el olor a ácido acético.

Fuente: (Sociedad Alemana De Cooperación Técnica, 2008)

- **Indicadores de fermentación**

En el trabajo de investigación realizado por (Cabrera S. & Carlos L, 2006), en cacao trinitario al cabo de 48 horas la temperatura de la masa debe estar por encima de 40 °C, la masa conformada por mucilago y granos de cacao comienza a cambiar de color blanco a un color entre rosado y rojo claro, cuando por efecto de la temperatura y la penetración de ácidos en la almendra de cacao cuando esta se corta longitudinalmente al separar los cotiledones el grano exuda un líquido color vino tinto.

También como producto del trabajo de investigación nos unas características observables para determinar que el cacao esta fermentado como son: la temperatura de la masa comienza a descender, las almendras se inflan como pelotas ovaladas, la coloración de del embrión es de color semejante al cotiledón. Al partir las almendras en sentido longitudinal, se observa un color pálido en el centro, rodeado por una circunferencia de color café oscuro.

2.3.5 Secado

Según la NTP 208 040. 2008, es necesario que el grano de cacao tenga la humedad necesaria para el almacenamiento y evitar el desarrollo de hongos e insectos.

Una vez concluida la fermentación el grano de cacao debe ser sacado de los cajones fermentadores, e inmediatamente orearlo bajo sombra. Seguidamente se procede al secado al sol sobre estructuras de materiales como pisos que estén a unos centímetros del suelo, mantas de secado, gavetas de madera.

El espesor de secado al inicio debe ser de un grosor no mayor de 5 cm y remociones constantes. Al inicio se recomienda un secado lento el primer día 2 horas de secado, el segundo día 4 horas, el tercer día 6 horas de secado y a partir del cuarto día se puede secar todo el día. Es importante que durante el secado se proteja a las almendras de cacao de las lluvias y las noches. Durante el secado cuando este se realice este bajo sombra o expuesto al sol se debe

remover con rastrillos de madera con una frecuencia de 30 minutos los tres primeros días y a partir de cuarto día, se debe remover cada 60 minutos. Si se realiza durante los primeros días un secado rápido se secará la parte exterior del grano dificultando la salida del agua y del ácido acético que se encuentra en el interior de los cotiledones. Trayendo como consecuencia un grano de baja calidad por su sabor ácido, se aplana y tiene una presentación no agradable a la vista. Cuando el secado es al sol depende de las condiciones climáticas, durando entre seis o más días, al alcanzar una humedad entre 6.5 a 75. Si las almendras de cacao no se secan lo suficiente están propensos al desarrollo de hongos y ataque de insectos. Si se secan las almendras de cacao a humedades inferiores al 6%, estas se hacen quebradizas.

No es recomendable secar el grano de cacao a orillas de la carretera o patios de cemento de tránsito de personas o animales, porque en estos lugares se contamina de polvo, humo de los vehículos, excremento de animales, olor a asfalto, etc. Esta exposición disminuye la calidad del grano de cacao. Cuando no se cuenta con las condiciones climáticas favorables para el secado solar se recomienda usar el secado artificial, teniendo en consideración que se debe iniciar el secado con temperaturas bajas (40 °C) y poco a poco hasta alcanzar la temperatura de 55 °C, el secado artificial tiene una duración de 20 a 36 horas, se debe evitar que el grano tenga contacto con el humo o combustible pues ocasionan pérdida de calidad del producto.

2.4 MÉTODOS DE CONTROL DE CALIDAD DE CACAO

Cabe indicar que si se realiza las actividades de poscosecha se obtiene un cacao de calidad: bien fermentado, seco y limpio que es un aspecto importante para la industria chocolatera. Para el control de la calidad del cacao se toman tres criterios básicos como son: el primero es las características genéticas del grano de cacao y de donde provienen; el segundo criterio está referido al manejo de la finca que puede ser convencional u orgánico teniendo en cuenta que para la segunda característica se debe contar con la certificación respectiva; el tercer criterio el cacao se clasifica en Calidad A y calidad B de acuerdo a cuatro

parámetros como son: humedad, peso promedio de grano, porcentaje de fermentación por la prueba de corte y el análisis sensorial.

Según la NTP – ISO 1114. 2006. Aplicada para evaluar el porcentaje de fermentación mediante la prueba de corte, en la cual se indican las características que debe tener el grano de cacao para ser considerado como cacao fermentado como es el color y algunas características físicas como estrías profundas y el grano se hincha, de manera que al colocarlo sobre el agua este flota. Como parte de la evaluación de la prueba de corte se determinan otros aspectos de calidad en el grano de cacao como: granos con mohos, granos quebrados, granos de frutos sobre maduros, granos atacados por insectos, grano pizarroso. La presencia de granos con mohos en el interior de los granos de cacao, se debe fundamentalmente a un secado inapropiado y a la presencia de granos provenientes de frutos sobre maduros.

Fórmula para conocer el porcentaje de grado de fermentación

$$\% \text{ Fermentacion} = \frac{Nf}{100 \text{ gramos}} \times 100$$

Dónde:

- % Fermentación = Grado de fermentación en %
- Nf = Número de granos fermentados.

Fuente: NTP - ISO 1114 (prueba de corte) (2006)

2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

Es una técnica reproducible para identificar, cuantificar y describir las características de un producto y determinar su calidad sensorial, JIMENEZ (2006), indica que la evaluación sensorial es una disciplina de los panelistas para medir, analizar e interpretar las reacciones de las características de los alimentos, percibidos por los órganos de los sentidos, para determinar el sabor y aroma. SALVADOR y GUTIERREZ (2008), dicen que la evaluación sensorial del grano de cacao, es una herramienta metodológica que permite conocer las cualidades del producto y promover propuestas para la mejora del mismo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas: la primera etapa en la finca del Sr. Nicéforo Agüero Rojas, ubicada en el caserío Bellavista, distrito de Irazola, provincia de Padre y la segunda etapa en el laboratorio CIDBAM de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2 Muestras de granos de cacao

Los granos de cacao CCN-51 se obtuvieron de la finca del Sr. Nicéforo Agüero Rojas ubicado en las coordenadas UTM: 18L este: 0482703 y norte: 9017126, tiene una altitud de 300 m s. n. m. en el caserío Bellavista, distrito de Irazola, quien cuenta con 10 ha de cacao CCN-51, se seleccionó 04 ha para la cosecha y todos los frutos cosechados se colocaron en una sola ruma o montón en un lugar estratégico de la hectárea y se seleccionaron los frutos sanos y maduros para la investigación, se aplicó la técnica del cuarteo para obtener 140 mazorcas por cada unidad experimental.

3.3 Equipos, materiales y reactivos

3.3.1 Equipos de laboratorio

- Espectrofotómetro modelo Genesys 10 (Thermo Electrón Corporation) SN 2M6G261002.
- Balanza analítica modelo ESJ-210-4 (Digital precisión).
- Estufa modelo ODH6 -9240A (TOMOS Heating Drying Oven).
- Congelador FFV-2065FW -20°C (Frigidaire, USA).
- Desionizador modelo D 7035 (Barnstead).
- Agitador magnético modelo 625 Standard.
- Homogenizador modelo VORTEX GENIE-2.
- Centrífuga modelo MIKRO 22R (Hettich).
- pH - metro (Mettler Toledo Seven Easy).
- Equipo Soxhlet, Gerhardt. Germany.
- Cocina eléctrica de plataforma Barnstead / Thermolyne. U. S. A.

- Digestor de proteína. Digest Automat K-438 BÜCHI labortechnik. AG.
- Horno Mufla LABOR Műszeripari Művek temperatura regulable de 250 °C a 900 °C.

3.3.2 Materiales de laboratorio

- Cubetas de poliestireno, (1cm x 1cm x 4.5cm).
- Matraces de Erlenmeyer de 150, 250 MI
- Pipetas graduadas de 10 MI.
- Vasos de precipitación (1000 mL, 500 mL, 100 mL, 50 mL)
- Fiolas (1000 mL, 500 mL, 100 mL, 50 mL, 10 mL)
- Gradillas
- Probetas graduadas de 10, 100 y 500 mL
- Micropipetas regulables de 10 – 100 µl y de 100 – 1000 µl
- Tubos de ensayo Gente Mate de 10 mL
- Campana de desecación con perlas de silicagel.
- Bureta automática.
- Otros materiales
- Tips, FISHERBRAND 200 y 1000 µl
- Microtubos (1,5-2,00 mL)
- Filtro de membrana de 0,2 µm
- Microfiltro de jeringa de 0,2 µm
- Pinzas
- Espátulas metálicas
- Campana de desecación con perlas de silicagel.
- Crisoles de porcelana, cap. 50 mL Haldenwanger Berlín.
- Espátulas metálicas, bolsitas filtrantes, papel de filtro.

3.3.3 Reactivos y solventes

- Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 50%.
- Ácido clorhídrico (HCl), 0,1N
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 50%
- Éter bidestilado

- 1, 1diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH).
- Ácido clorhídrico (HCL)(Merk) pureza 36,5%
- Ácido gálico (C₇H₆O₅) al 98,1% Sigma Aldrich;
- Cloruro de potasio (KCL) (sigma) pureza 99,5%
- Acetato de sodio (CH₃COONa) (Merk) pureza 99%
- Folin – Ciocalteu, 2N, Sigma Aldrich.
- Carbonato de sodio (Na₂CO₃) p.a. ISO. Scharlau
- Theobromine ≥99% (MW: 180,16 g/mol sólido sigma- Aldrich,
- Caffeine (C₈ H₁₀ N₄ O₂) MW: 194,19 g/mol meets Sigma- Aldrich,
- Etanol Sigma Chemical.
- Metanol (grado HPLC), Sigma Chemical.
- Etanol al 99,99% Merck
- Agua destilada desionizada (H₂O dd).

3.4 Métodos de análisis

La metodología que se empleó para el desarrollo de los análisis de calidad de cacao, características fisicoquímicas, contenido de polifenoles, alcaloides (teobromina y cafeína) y actividad antioxidante de los granos de cacao CCN-51 fermentadas con diferentes tiempos de oreados fue llevada a cabo en los ambientes del laboratorio en la Universidad Nacional Agraria empleado los siguientes protocolos:

- Determinación de granos fermentados (Prueba de corte): Según NTP - ISO 1114. (Ver Anexo).
- pH: potenciómetro. AOAC 981.12 (2005). (Ver Anexo 21A).
- Acidez volátil del grano de cacao, según NTP 209.023 (1970).
- Acidez fija del grano de cacao, según NTP 209.024 (81970).
- La determinación de polifenoles totales, se realizó por el método Folin Ciocalteu (SYMONOWICZ et al., 2012; SULTANA et al., 2012).
- Determinación de teobromina y cafeína se realizó por el método, NAZARUDDIN *et. al.*, (2001), F. LO COCO *et. al.*, (2007).
- Determinación de la actividad antioxidante se realizó por el método espectrofotométrico de luz visible a 517 nm descrito por Brand *et al.*, (1995)

3.5 Metodología experimental

Para la obtención del grano de cacao seco se siguieron las siguientes operaciones, las cuales está basada en la NTP 208.040:2008

3.5.1 Diagrama de bloques poscosecha del cacao CCN-51

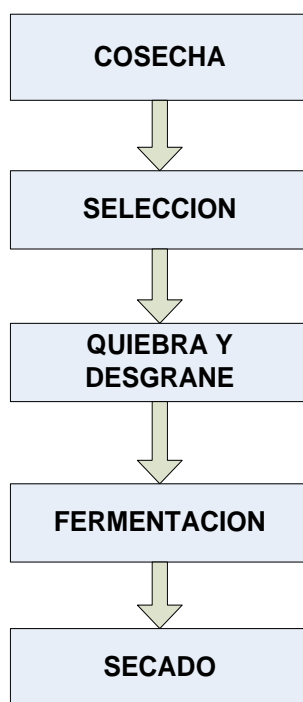


Figura 2. Diagrama de bloques de beneficio de cacao CCN-51

3.5.2 Descripción de las operaciones del beneficio de cacao CCN-51

a) Cosecha

La cosecha del cacao CCN-51 se realizó tomando en cuenta la maduración del fruto que esta presentaran una coloración anaranjado rojizo, una vez identificadas se procedió a cortar el pedúnculo con tijera de podar, para luego colocarlas en un solo grupo.

b) Selección

Se realizó tomando en cuenta cacaos sanos y descartando las mazorcas que presentan enfermedades y con daños físicos (golpes, quiebras).

c) Quiebre y desgrane

La quiebra consistió en partir la mazorca en forma longitudinal con un machete sin filo, sin dañar los granos, en cuanto al desgrane se realizó de forma manual, los granos de cacao fueron colocados en baldes de plástico para ser trasladados hacia el fermentador.

d) Fermentación

Los granos de cacao se colocaron en cajas de madera, cuyas dimensiones fueron 40 cm x 25 cm x 40 cm con agujeros de 0.5 mm de diámetro en las paredes laterales e inferior de la caja, forrada con poliestireno de pulgada de espesor, el grano fermenta durante 24 horas en las cajas de fermentación para luego ser sacadas al oreado que se realiza se realiza colocando los granos de cacao en mantas de polipropileno color negro expuestas al sol por período de tiempo de 3, 6 y 9 horas establecidos para cada tratamiento, luego del oreado el cacao nuevamente se coloca en las cajas fermentadoras donde debe ser adecuadamente cubiertas con hojas de plátano, seguidamente se realizó periódicamente la remoción de los granos cada 24 horas hasta terminar la fermentación (5 días).

e) Secado

Concluida la fermentación se realizó el oreado en sombra por 5 horas, posteriormente se realizó el secado solar en el tendal y se dispersó los granos fermentados obteniendo un secado uniforme, esta operación tuvo una duración de 5 días.

IV. RESULTADOS

4.1 EVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN

Cuadro 3. Porcentaje de granos de cacao fermentado de los tratamientos.

Repeticiones	T ₀ (%)	T ₁ (%)	T ₂ (%)	T ₃ (%)
R ₁	83	83	83	85
R ₂	82	84	84	86
R ₃	80	83	85	90
Promedio	82	83	84	87
DS	2	1	1	3

Los resultados de la evaluación del porcentaje del grano fermentado fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 1A) que el $p_v=0.0231$ es inferior $p_v \leq 0.05$, evidenciándose diferencias significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5%.

Cuadro 4. Prueba de rangos múltiples de Tukey del porcentaje de fermentación.

Tratamientos	Repeticiones	Media (%)
T ₃ (Oreado 9 h)	3	87 ± 3 ^a
T ₂ (Oreado 6 h)	3	84 ± 1 ^{a b}
T ₁ (Oreado 3 h)	3	83 ± 1 ^{a b}
T ₀ (Sin oreado)	3	82 ± 2 ^b

Valores con letras diferentes indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

En el Cuadro 3, se observa que el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) obtuvo el mayor porcentaje de fermentación 87%.

4.2 Contenido de polifenoles totales

Cuadro 5. Contenido de polifenoles totales en los granos de cacao, según tratamientos.

Contenido de polifenoles totales EAG/100g				
Repetición	Tratamiento			
	T₀ (Sin oreado)	T₁ (Oreado 3 h)	T₂ (Oreado 6 h)	T₃ (Oreado 9 h)
R ₁	8,271	7,848	6,135	3,515
R ₂	8,533	7,546	5,833	3,858
R ₃	8,110	7,606	5,390	3,939
Promedio	8,305	7,667	5,786	3,771
DS	0,214	0,160	0,375	0,225

Los resultados de la evaluación del contenido de polifenoles fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 2A)) que el $p_v=0.0001$ es inferior $p_v \leq 0.05$ evidenciándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 6. Prueba de Tukey del contenido de polifenoles EAG/100g.

Tratamientos	Repeticiones	Media (EAG/100g)
T ₀ (Sin oreado)	3	8,303 ± 0,214 ^a
T ₁ (Oreado 3 h)	3	7,670 ± 0,160 ^b
T ₂ (Oreado 6 h)	3	5,786 ± 0,375 ^c
T ₃ (Oreado 9 h)	3	3,770 ± 0,225 ^c

En el Cuadro 5, se observa que el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) obtuvo el menor contenido de polifenoles 0,04 g EAG/ 100 g, mientras que T₀ (Sin oreado) presentó el mayor valor 0,43 g EAG/ 100 g.

4.3 El pH

- pH durante la fermentación de cacao CCN-51.

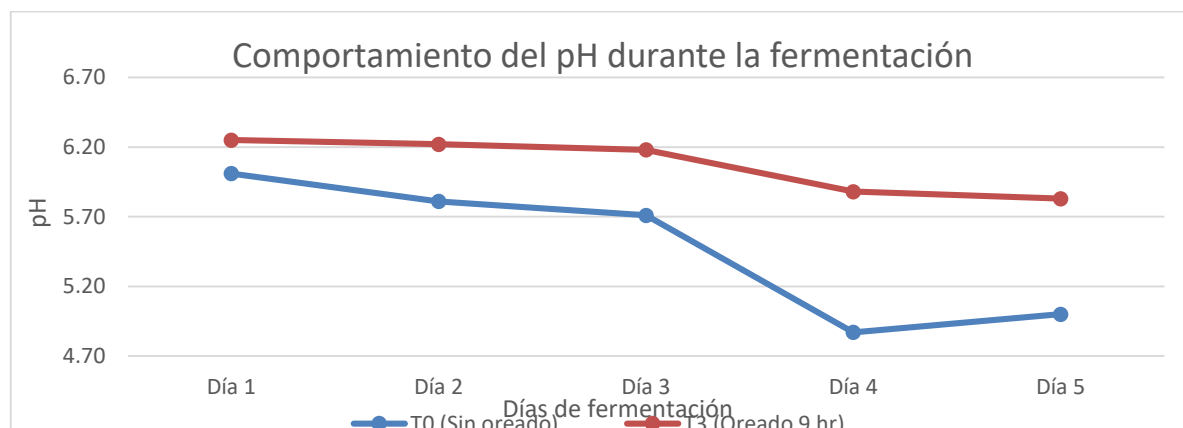


Figura 3. Grafica del comportamiento del pH en la fermentación.

En la Figura 3, se muestra el resultado del comportamiento del pH durante la fermentación del tratamiento T₁ y el tratamiento T₃.

- pH del cacao CCN-51 fermentado y seco

Cuadro 7. Valores de pH en granos de cacao fermentados y secos.

Repetición	Tratamiento			
	T ₀ (Sin oreado)	T ₁ (Oreado 3 h)	T ₂ (Oreado 6 h)	T ₃ (Oreado 9 h)
R ₁	5,14	5,31	5,39	5,44
R ₂	5,18	5,34	5,38	5,43
R ₃	5,16	5,35	5,40	5,41
Promedio	5,16	5,33	5,39	5,43
DS	0,02	0,02	0,01	0,02

Los resultados de la evaluación del pH del cacao fermentado seco fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 3A) que el $p_v=0.0000$ es inferior $p_v \leq 0,05$ evidenciándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 8. Pruebas de rangos múltiples (Tukey) del pH del cacao fermentado seco.

Tratamientos	Repeticiones	Media
T ₃ (Oreado 9 h)	3	5,42 ± 0,02 ^a
T ₂ (Oreado 6 h)	3	5,39 ± 0,01 ^b
T ₁ (Oreado 3 h)	3	5,33 ± 0,02 ^c
T ₀ (Sin oreado)	3	5,16 ± 0,02 ^c

En el Cuadro 8, se observa que el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) obtuvo el mayor pH 5,42, mientras que T₀ (Sin oreado) presentó el menor pH 5,16.

4.4 Acidez total

Cuadro 9. Valores obtenidos del porcentaje de acidez total de los granos de cacao.

Acidez total (% ácido acético)				
Repeticón	Tratamiento			
	T ₀ (Sin oreado)	T ₁ (Oreado 3 h)	T ₂ (Oreado 6 h)	T ₃ (Oreado 9 h)
R ₁	0,1393	0,1362	0,1238	0,1083
R ₂	0,1455	0,1331	0,1269	0,1022
R ₃	0,1424	0,1393	0,1207	0,1052
Promedio	0,1424	0,1362	0,1238	0,1052
DS	0,003	0,003	0,003	0,003

Los resultados de la evaluación de la acidez total del cacao fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 4A) que el $p_v=0,0000$ es inferior a $p_v \leq 0,05$ evidenciándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey entre los tratamientos a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 10. Pruebas de rango múltiples (Tukey) de la acidez total del cacao.

Tratamientos	Repeticiones	Media (%)
T ₀ (Sin oreado)	3	0,142 ± 0,003 ^a
T ₁ (Oreado 3 h)	3	0,136 ± 0,003 ^b
T ₂ (Oreado 6 h)	3	0,124 ± 0,003 ^c
T ₃ (Oreado 9 h)	3	0,105 ± 0,003 ^c

En el Cuadro 10, se observa que el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) obtuvo el menor porcentaje de acidez total 0,105%, mientras que T₀ (Sin oreado) presentó el mayor porcentaje de acidez total 0,142%.

4.5 Acidez volátil

Cuadro 11. Valores obtenidos del porcentaje de acidez volátil en los granos de cacao.

Acidez volátil (% ácido acético)				
Repetición	Tratamiento			
	T ₀ (Sin oreado)	T ₁ (Oreado 3 h)	T ₂ (Oreado 6 h)	T ₃ (Oreado 9 h)
R ₁	0,0898	0,0929	0,0805	0,0774
R ₂	0,0929	0,0929	0,0867	0,0681
R ₃	0,0960	0,0929	0,0743	0,0774
Promedio	0,0929	0,0929	0,0805	0,0743
DS	0,000	0,003	0,006	0,005

Los resultados de la evaluación de la acidez volátil del cacao fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 5A) que el $p_v=0.0016$ es inferior a $p_v \leq 0.05$ evidenciándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey entre los tratamientos nivel de confianza del 95%.

Cuadro 12. Pruebas de Tukey de la acidez volátil del cacao.

Tratamientos	Repeticiones	Media
T ₀ (Sin oreado)	3	0,093 ± 0,000 ^a
T ₁ (Oreado 3 h)	3	0,093 ± 0,003 ^a
T ₂ (Oreado 6 h)	3	0,080 ± 0,006 ^b
T ₃ (Oreado 9 h)	3	0.074 ± 0.005 ^b

En el Cuadro 12, se observa que el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) obtuvo el menor valor de acidez volátil 0.074% mientras que T₀ (Sin oreado) presentó el mayor valor de acidez volátil 0.093%.

4.6 Teobromina.

Cuadro 13. Contenido de teobromina en los granos de cacao, según tratamiento.

Teobromina g Tb/100 g				
Repeticón	Tratamiento			
	T ₀ (Sin oreado)	T ₁ (Oreado 3 h)	T ₂ (Oreado 6 h)	T ₃ (Oreado 9 h)
R ₁	1,063	0,952	0,885	0,854
R ₂	1,069	0,968	0,879	0,861
R ₃	1,052	0,964	0,883	0,859
Promedio	1,061	0,961	0,882	0,858
DS	0,009	0,008	0,003	0,004

Los resultados de la evaluación del contenido de teobromina del cacao fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 6A) que el $p_v=0,0001$ es inferior a $p_v \leq 0,05$ evidenciándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey entre los tratamientos a un 95% de confianza.

Cuadro 14. Pruebas de Múltiple Rangos del contenido de teobromina.

Tratamientos	Repeticiones	Media
T ₀ (Sin oreado)	3	1,06 ± 0,009 ^a
T ₁ (Oreado 3 h)	3	0,96 ± 0,008 ^b
T ₂ (Oreado 6 h)	3	0,88 ± 0,003 ^c
T ₃ (Oreado 9 h)	3	0,85 ± 0,004 ^d

En el Cuadro 13, se observa que el tratamiento T₀ (Sin oreado) obtuvo el mayor contenido de teobromina 1,06 g Tb/100 g mientras que T₃ (Oreado 9h) presentó el menor valor de acidez volátil 0,85 g Tb/100 g.

4.7 Cafeína.

Cuadro 15. Contenido de cafeína en los granos de cacao según tratamiento.

Repeticón	Cafeína g Cf/100 g			
	Tratamiento			
	T ₀ (Sin oreado)	T ₁ (Oreado 3 h)	T ₂ (Oreado 6 h)	T ₃ (Oreado 9 h)
R ₁	0,182	0,155	0,100	0,092
R ₂	0,188	0,159	0,115	0,093
R ₃	0,179	0,161	0,126	0,094
Promedio	0,183	0,158	0,114	0,093
DS	0,005	0,003	0,013	0,001

Los resultados de la evaluación del contenido de cafeína del cacao fueron analizados estadísticamente usando un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 3 repeticiones, se muestra en el análisis de varianza (Anexo 7A) que el $p_v=0,0001$ es inferior a $p_v \leq 0,05$ evidenciándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos por lo que se procedió a aplicar la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 16. Pruebas de Múltiple Rangos del contenido de cafeína.

Tratamientos	Repeticiones	Media
T ₀ (Sin oreado)	3	0,18 ± 0,005 ^a
T ₁ (Oreado 3 h)	3	0,16 ± 0,003 ^b
T ₂ (Oreado 6 h)	3	0,11 ± 0,013 ^c
T ₃ (Oreado 9 h)	3	0,09 ± 0,001 ^d

En el Cuadro 15, se observa que el tratamiento T₀ (Sin oreado) obtuvo el mayor contenido de cafeína 0.18 g Cf/100 g, mientras que T₃ (Oreado 9 h) presentó el menor valor de acidez volátil 0.09 g Cf/100 g.

V. DISCUSIONES

5.1. Porcentaje de fermentación de granos de cacao

La evaluación de porcentaje de grano de cacao fermentado en los diferentes tratamientos, mediante el análisis de variancia, mostro diferencia significativas, lo que indicó la influencia del oreado en la fermentación, lo que se evidencia en el tratamiento T₃ (Oreado 9 h), tratamiento que presento el mayor porcentaje de fermentación con 87 % ± 3, mientras que T₀ (Sin oreado) obtuvo el menor porcentaje 82 % ± 2. (Alvares *et al.*, 2010) reportan que obtuvo valores de fermentación de 80 %, estos valores son más bajos que los registrados en el presente trabajo, esto es atribuido al oreado ya que a mayor tiempo de oreado, el mucilago tiende a perder humedad la cual conlleva al aumento o concentración de los azucares que favorece a los microorganismos precursores de la fermentación observándose el incremento de temperatura en la fermentación que favorece la hidrólisis de la pulpa que permite acelerar y obtener mayores valores de granos fermentados.

Cabe indicar que no es materia del presente trabajo de investigación evaluar la relación entre la temperatura que se genera como producto de la acumulación de calor ocasionada por las reacciones exotérmicas sobre todo durante la fermentación anaeróbica por el aumento de la dinamismo microbiano (Samah *et al.*, 1993).

Braudeau (1970), como parte de los resultados de su investigación que el aumento de la temperatura en la caja fermentadora contribuye a la muerte del embrión ocasionando cambios bioquímicos dentro de las almendras de cacao, que se evidencia en el sabor y aroma a chocolate luego del tostado o torrefactado.

Otro aspecto importante para favorecer el aumento de la biomasa de anaerobios y en consecuencia una degradación más acelerada del alcohol, es la remoción que favorece a la aireación ósea el ingreso de oxígeno, y en

consecuencia en desarrollo de los microorganismos aeróbicos, manifestándose con aumento rápido de la temperatura (Días y Ávila, 1993).

5.2. Acidez fija y volátil

Al contenido de acidez fija y volátil se aplicó el análisis de varianza de los resultados obtenidos evidenciándose el efecto del tiempo de oreado en los tratamientos, se muestra que T_0 (Sin oreado) presentó los mayores valores de acidez fija y volátil $0,05 \% \pm 0,003$ y $0,14 \% \pm 0,003$ respectivamente, mientras que T_3 (Oreado 9 h) presentó los menores valores $0,03 \% \pm 0,003$ de acidez fija y $0,03 \% \pm 0,003$ de acidez volátil, estos resultados tienen una relación inversamente proporcional al tiempo de oreado ya que a mayor tiempo de oreado menor será el porcentaje de acidez fija y volátil.

Portillo *et al.*, (2011), indica que normalmente el cacao debe variar su acidez volátil y que caso contrario se debe a poco desarrollo de las bacterias acéticas.

La poca variabilidad de acidez volátil en el grano seco es atribuida en parte a la pérdida de agua que se produce durante el oreado, esta pérdida de la acidez es favorecida cuando la evaporación de agua procede lentamente (Nogales *et al.*, 2006).

Álvarez *et al.*, (2010), menciona que los niveles de acidez en el grano de cacao, dependen de la forma como se realiza el proceso de fermentación y del secado, pero también pueden verse afectados por la variedad del grano y su contenido de mucilago.

5.3. Polifenoles totales

Investigaciones recientes demuestran la importancia de las sustancias fenólicas presentes en las plantas para la salud humana por su capacidad antioxidante, el cacao es una fuente rica en sustancias fenólicas, compuestos contribuyentes al sabor y aroma del chocolate y que han recibido mucha atención

debido a sus implicaciones beneficiosas para la salud humana (Keen *et al.*, 2005).

Los resultados del contenido de polifenoles se analizaron estadísticamente aplicando un diseño completamente al azar, donde se evidencio diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se procedió a la prueba de comparación de medias Tukey se puede apreciar que T₀ (Sin oreado) presento el mayor valor sobre el contenido de polifenoles 8,303 g EAG/ 100 g de muestra, mientras que T₃ (Oreado 9 h) presento el menor valor 3,770 g EAG/ 100 g de muestra. Con respecto a esto Huanca (2010), en su trabajo de investigación indica que el contenido de polifenoles del cacao CCN-51 fermentado es de 7,742±0,012g EAG/100g, esta variaciones de los valores podrían ser explicadas por Arlorio *et al.* (2008) que indica que las alteraciones que suceden en la fracción polifenólica del grano de cacao están basados en los pre tratamientos de calor (oreado), teniendo en cuenta que el contenido en polifenoles está muy influenciado por el origen, la variedad, condiciones de procesado o condiciones ambientales (Redovnikovic *et al.*, 2009).

Por otro lado, Efraim *et al.*, (2011), menciona que, durante la fermentación, el contenido de polifenol disminuye alrededor del 70%, y la (-) epicatequina, el principal sustrato de la polifenoloxidasa, sufre una reducción del 90% de su concentración inicial, es decir la disminución de polifenoles está asociada entre otros factores a la salida de polifenoles durante la fermentación.

Existen varios factores que podrían afectar el contenido de polifenoles ya que son sensibles a las condiciones ambientales adversas, incluyendo temperatura, luz, pH, humedad, y oxígeno (Tonon *et al.*, 2010; Fang y Bhandari, 2011).

Moreau *et al.*, (2015), menciona que la alcalinidad reduce el contenido de polifenoles totales, específicamente reducción de (-) epicatequina puede deberse a un fenómeno de epimerización causado por cambios en el pH durante la fermentación de esta manera, en cacaos alcalinizados el contenido en polifenoles totales puede suponer un descenso del 80-90% en comparación con

el contenido en la semilla de cacao no fermentada. Este descenso también ha sido observado en otros estudios llevados a cabo Todorovic et al. (2015) donde encontraron 3,43-4,15 g AG/100 g en cacaos naturales, 2,49 g AG/100 g en cacaos alcalinos suaves y 1,07 g AG/100 g en cacaos alcalinos fuertes. En estos estudios se asocia la pérdida de polifenoles totales a la reducción del contenido de catequina y epicatequina.

Por otro lado, las sustancias fenólicas presentes en el cacao se pueden perder y por ello depende la forma como se procedio en la poscosecha hasta lograr el licor pasta de cacao (Skrede *et al.*, 2010). La reducción de polifenoles totales está muchas veces acompañada con la disminución de otras propiedades inactivas (Roy *et al.*, 2007). AL realizar el seco de manera convencional o no convencional alguna algunas enzimas oxidativas e hidrolíticas podrían ser activadas y la acción de estas ocasionar perdida de sustancias fenólicas (Larrosa *et al.*, 2016).

5.4. pH

La determinación del pH del cacao CCN-51 se realizó cada 24 horas durante todo el proceso de fermentación los resultados se pueden ver en el cuadro 8.

Los granos fresco de cacao indicaron un pH inicial de 6,20, valores que descendieron a 5,81 para T₀ (Sin oreado) tratamiento que mayor tuvo el descenso de pH luego de 24 horas de haber iniciado la fermentación, seguido de T₁ (Oreado 3 h), T₂ (Oreado 6 h), T₃ (Oreado 9 h) con valores de pH de 6,26, 6,29 y 6,25 respectivamente, luego de 48 h de haber iniciada la fase de degradación de los azucares por parte de alas levaduras. El pH de los tratamientos tuvieron pequeñas variaciones, sin embargo 72 horas después el pH descendió hasta valores de 5,72 T₀ (Sin oreado), 6,05 T₁ (Oreado 3 h), 6,18 T₂ (Oreado 6 h) y 6,19 de pH para el tratamiento T₃ (Oreado 9 h) y a partir del cuarto y quinto día el pH descendió lentamente hasta alcanzar valores de 5,00 para T₀(Sin oreado), 5,86 T₁ (Oreado 3 h), 5,69 T₂ (Oreado 6 h) y 5,83 T₃ (Oreado 9 h).

Ramos (2004), menciona que el pH del cacao disminuye conforme transcurre los días de fermentación. La acción de las levaduras sobre los azúcares, seguido por las bacterias al consumir el alcohol produciendo ácido acético, sumado a los cambios de temperatura que generan desordenes a nivel de membrana celular, permitiendo que los ácidos ingresen en las almendras de cacao trayendo como consecuencia la disminución de pH, y cambios bioquímicos en los granos de cacao, que desencadena en la muerte del embrión y el desarrollo sustancias iniciadoras de la fragancia característica a chocolate (Sánchez, 2007). El pH del cotiledón va descendiendo desde aproximadamente 6,5 en almendras frescas, hasta un rango que oscila entre 5,0 a 5,5 de pH durante la etapa aeróbica en anaeróbica (INIAP, 2007), hecho que se evidenció en este trabajo de investigación.

Inicialmente los cotiledones tienen un pH de promedio de 6,60, a partir del primer día de fermentación decrece lentamente hasta 6,30; para luego de 48b horas es decir, al tercer día la disminución es más rápida llegando a tener pH en promedio de 4,75. El pH en las almendras de cacao se vuelve a incrementar como consecuencia del secado del grano alcanzando en promedio un pH de 5,40 (Enríquez, 1985).

(López, 1983), menciona que durante la fermentación se observa en el primer día una variación leve en la acidez, esto se debe a la fermentación en fase anaeróbica cuyo producto es etanol. Sin embargo, a partir del segundo y tercer día de la fermentación se da inicio a la fermentación aeróbica cuyo producto es ácido acético, de ahí el aumento de la acidez. Hay producción de ácidos por los microorganismos en la pulpa, lo cual causa un ascenso de la acidez y una consecuente disminución del pH.

La sobre fermentación ocasiona la pérdida de la calidad del grano de cacao, afectando la presentación del grano y el desarrollo de hedor, químicamente esta sobre fermentación se detecta cuando el pH de la masa se ve incrementado (Wilboux, 1964 citado por Braudeau, 1970).

Valores de pH elevados son indicativos de una sobre fermentación, pero valores inferiores a 5 indican una fermentación defectuosa o deficiente (Saposhnikova, 1952 citado por Rohan, 1964).

Con respecto al pH del cacao fermentado seco, el análisis de varianza muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos corroborando la influencia del oreado sobre esta característica fisicoquímica donde T₀ (Sin oreado) presentó el menor valor 5,00, seguido de T₁ (Oreado 3 h) con 5,86, T₂ (Oreado 6 h) con 5,69 y T₃ (Oreado 9 h) con un pH de 5.83 estos valores concuerdan con reportado por Alvares *et al.*, (2010), en su trabajo de investigación donde menciona que el pH del cacao luego de la fase de fermentación se encuentra en un rango de 5,20 pH - 5,49 pH. Portillo *et al.*, (2007), indica que pH inferiores a 4,50 son un indicador de una inadecuada fermentación y que estos afectan las características de calidad del cacao en cuanto a color, sabor y aroma, mientras que un pH del grano de cacao que oscila entre 5,0 y 5,5, favorecen la calidad del cacao.

5.5. Teobromina

Los resultados del contenido de Teobromina en los granos de cacao se analizaron estadísticamente usando un diseño completamente al azar, se realizó el análisis de varianza y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en estudio teniendo T₀ (Sin oreado) el mayor valor de teobromina 1,061 g por 100 g de muestra (g/100g), seguido de T₁ (Oreado 3 h) con 0,961 (g/100g), T₂ (Oreado 6 h) con 0,882 (g/100g) y T₃ (Oreado 9 h) con 0,858 (g/100g). Risner, (2008), menciona que el contenido de teobromina varía entre 0,8622 – 0,8909 g Tb / 100 g concordando con los valores obtenido.

Sin embargo las diferencias de concentración de teobromina entre los tratamientos experimentales son atribuidas a la fermentación ya que durante este proceso la teobromina migra a la cáscara de semillas, disminuyendo el nivel de amargor de los granos (Beaudoin y Graham, 2011). Sin embargo (Sánchez,

2015) menciona que el contenido de teobromina en el cacao es variable y está influenciado por la característica genética de cada tipo o clon de cacao y que no se establece un acuerdo a nivel de investigadores sobre cuál de ellas tiene mayor concentración.

5.6. Cafeína

Los resultados muestran que T_0 (Sin oreado) presento el mayor valor de cafeína 0,1883 g por 100 g de muestra (g/100g), seguido de T_1 (Oreado 3 h) con 0,158 (g/100g), T_2 (Oreado 6 h) con 0,114 (g/100g) y T_3 (Oreado 9 h) con 0,093 (g/100g), esto valores son mayores a los reportados en el trabajo de investigación de Risner, (2008) donde menciona que la cafeína se encuentra en un rango de 0,0827 – 0,0908 g CF /100 g.

La diferencias de valores entre los tratamientos experimentales es atribuible al tiempo de oreado ya que como se sabe a mayor tiempo de oreado los granos tienden a perder ácidos volátiles que afectan directamente el pH, corroborando lo mencionado por (Cruz *et al.*, 2013) que probablemente el contenido de las mentilxantinas (teobromina y cafeína) están relacionadas a las condiciones en las que se desarrolla la fermentación: como la acumulación de calor expresada con el aumento de la temperatura y la variación de pH en la almendra de cacao.

Por otro lado (Efraim *et al.*, 2006) menciona que comportamiento de las metilxantinas durante el proceso de fermentación, está compuesto por muchas reacciones bioquímicas complejas que involucran lípidos, proteínas y compuestos fenólicos, lo que lleva a todos estos compuestos a muchos cambios químicos.

Cabe mencionar que la solubilidad de la teobromina, teofilina y cafeína está muy relacionado con la temperatura (Macrane, 1985).

La dilución de fluidos durante la fermentación trae como consecuencia la pérdida de alcaloides como teobromina y cafeína, proveniente de fluidos celulares (Zapata Bustamante *et al.*, 2013).

Quispe (2013), menciona que las almendras de cacao frescos tienen mayor cantidad de alcaloides (cafeína) y al realizarse la poscosecha se reduce en aproximadamente un 40.71%.

Por otro lado Amores *et al.*, (2007), menciona que la pérdida de cafeína es de un 30% durante la fermentación y que el que el sabor amargo del cacao se relaciona fundamentalmente por la presencia de alcaloides como (teobromina y cafeína).

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de los resultados obtenidos se puede indicar las siguientes conclusiones:

- El oreado influyo directamente en valores de acidez total y volátil, con respecto al análisis sensorial se percibe un grano ligeramente menos ácido que el grano fermentado de manera tradicional, todos estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecido por las normas técnicas.
- El contenido de polifenoles totales se ven afectados por el oreado estableciéndose que a mayor tiempo de oreado mayor serán las pérdidas de estos compuestos; observándose el mismo resultado en los demás alcaloides (teobromina y cafeína) presentes en el grano de cacao.
- El mejor tratamiento experimental fue el T3 (Oreado 9 hr), con un tiempo de fermentación de 5 días y 5 días de secado, presentando un mayor porcentaje fermentación 87%, sin embargo fue el que presento los menores valores de contenido de polifenoles 3.771g EAG/100g, pH 5.43, acidez total 0.1052 %, acidez volátil 0.0743 % y alcaloides (Teobromina 0.858 g Tb/100 g y Cafeína 0.093 g Cf/100 g).

RECOMENDACIONES

La investigación realizada permite establecer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda incluir el oreado por un promedio de 9 horas después de un día de fermentado como una tarea adicional en la fermentación del cacao.
- Realizar trabajos de investigación del efecto del oreado en las características sensoriales del grano de cacao CCN-51 tostado y molido.
- Determinar cómo afecta la inclusión del oreado en fermentación en el contenido de cadmio del cacao CCN-51 seco y tostado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morrillo, F., Sánchez, P y Giron, C. 2010. Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. Miranda, Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Amores F., Palacios A., Jimenez J. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nororiente de la provincia de Esmeraldas. Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico N° 135.
- Arévalo, E. 2004. Cacao manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía peruana. Chiclayo, Perú, Editorial del Castillo.
- Arlorio M., Locatelli M., Travaglia F., Coisson J., Del Grosso E., Minassi A., Appendino G., Martelli A. 2008. Roasting impact on the contents of clovamide (N-caffeoyl-L-DOPA) and the antioxidant activity of cocoa beans (*Theobroma cacao* L). Food Chemistry. Novara, Italy. p. 967-975.
- Bardón Centurion, M. 2017. Selección de cacaos (*Theobroma cacao* L.) según índice de teobromina – cafeína, determinación de metilxantinas, catequinas en grano fresco, fermentado, seco, licor y análisis sensorial del licor. Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 1-61.
- Bortolini C., Patrone V., Puglisi E., Morelli L. 2016. Detailed analyses of the bacterial populations in processed cocoa beans of different geographic origin, subject to varied fermentation conditions. Journal of food Microbiology. p. 98- 106.
- Beaudoin M., Graham T. 2011. Methylxanthines and human health: epidemiological and experimental evidence. Handb Exp Pharmacol. p. 509.
- Braudeau, J. 1970. El Cacao: Técnicas agrícolas y productores tropicales. Barcelona, España. Blumé.
- Camacho Serrano, C. 2014. Influencia del porcentaje del clon CCN-51 en las características fisicoquímicas y organolépticas del licor de cacao

- procedente de Pucacaca y Huingoyacu. Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 1-80.
- Cienfuegos E., Del Mar Q., Muguerza B., Moulay L., Miguel M., Aleixandre A. 2009. Antihypertensive effect of a polyphenol-rich cocoa powder industrially processed to preserve the original flavonoids of the cocoa beans.
- Campoverde, C. 2010. Días de fermentación y frecuencia de remoción de semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el genotipo nacional y clon CCN-51. Tesis Ing. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. p. 1-64.
- Cardona Velásquez, L. 2016. Influencia del proceso de fermentación sobre las características de calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Master. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. p. 4-86.
- Crespo, E., Crespo, F. 1997. Cultivo y beneficio del cacao CCN-51. El conejo.
- Deesuttha O., Laopaiboon P., Laopaioboonb. 2016. Industrial Crops and Products. Elsevier. p. 357 - 361.
- Díaz, J., Avila M. 1993. Influência do período de pós colheita do fruto, sistema de revolvimento da massa e tempo de fermentação sobre a acidez do cacau. Brasil, Agrotropica. p. 25-30.
- Dura Esteve, S. (2012). Estudio del valor nutricional y funcional de cacao en polvo con diferentes grados de alcalinización. Tesis master. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia.
- Efraim P., Pezoa N., Jardim D., Nishikawa A., Haddad R., Eberun M. 2009. Influencia da fennentacao e secagem de amendoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitacao sensorial. Ciencia e Tecnologia Alimentos. Brasil. p. 142-150.
- Efraim P., Tucci M., García N., Haddad R., Eberlin M. 2006. Teores de compostos fenólicos de sementes de cacau de diferentes genótipos. Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos. p. 229-236.
- Enriquez G. 1985. Curso sobre el cultivo de cacao. Turrialba, Costa Rica. p. 239.

- Espinosa J., Mite F., Cedeño S., Barriga S., Andino J. 2006. GIS based site-specific management of cocoa. *Northern Latin American*. p. 36-39.
- Fang Z., Bhandari B. 2011. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. *Food Chemistry*. p. 1139–1147.
- Guillin C., Lara L. 2010. Efecto de los sistemas de fermentación en la calidad del cacao de la variedad complejo nacional y trinitario (*Theobroma cacao* L.) del Cantón las naves provincia Bolívar. Tesis Ing. Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. p.76.
- Hill C., Law C., Suzannah S., Misnawi, Cloke M. 2009. Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). p. 702-722.
- Huanca Megrejo, J. 2010. Polifenoles totales, catequina y actividad antioxidante en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo v ccn-51 en las etapas de beneficio y tostado. Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 83.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2007. Influencia del pre-secado de las almendras sobre la evolución del pH y porcentajes de fermentación durante la época seca en las variedades de cacao CCN-51 y Nacional. Pichilingue, Ecuador.
- Jiménez J. 2006. Calidad sensoria del cacao especial. Seminario taller internacional de producción, calidad, mercadeos de cacao especiales. Instituto Nacional Autónomo de Investigadores Agropecuarias. Quevedo, Ecuador. p. 5.
- Keen C., Holt R., Oteiza P., Fraga C., Schmitz H. 2005. Cocoa antioxidants and cardiovascular qualities. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. p. 164-173.
- Kadow D., Niemenak N., Rohn S. 2015. Fermentation-like incubation of cocoa seeds (*Theobroma cacao* L.) – Reconstruction and guidance of the fermentation process. *LWT - Food Science and Technology*. p.357 - 361.

- Larrosa A., Comitre A., Vaz I., Pinto I. 2016. Influence of air temperature on physical characteristics and bioactive compounds in vacuum drying of arthospira spirulina. *Journal of Food Process Engineering*. p.1745-4530.
- León, N., Mohamed A., Nuñez L., Arribas S., Luis C. 2016. Una nueva forma de evaluar la fermentación del cacao mediante color. *Talanta*. p. 31-39.
- León, J. 1968. *Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales*. San José, Costa Rica. p. 375 – 384.
- Lopez, A. 1983. Factors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. *Revista Theobroma*. p. 233-248.
- Miller K., Apgar J., Sweigart D., Stuart A., Mchale N., Kondo M., Hurst, W. 2009. Preservation of cocoa antioxidant activity. Total polyphenols, flavan-3-ols., and procyanidin content in foods prepared with cocoa powder. *States Unites*. p. 398-404.
- Moreau J., Bacelar L., Soares E., Bispo E. 2015. *Compostos Bioativos em Diferentes Cultivos de Cacau (Theobroma cacao L.) durante a Fermentação*. Brasil, Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.
- Navia O., Abel A., Pazmiño P., Natalie V. 2012. *Mejoramiento de las características sensoriales del cacao CCN-51 a través de la Adición de enzimas durante el proceso de fermentación*. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Nogales, J., Graziani F., Ortiz L. (2006). *Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera*. *Agronomía Trop*.
- Ovaco V., Pineda LL. 2011. *Los residuos de cacao (Theobroma cacao L.) como fuente alternativa de antioxidantes*. Tesis Ing. Loja, Ecuador. Universidad Católica de Loja. p. 42.

- Portillo E., Labarca M., Grazziani L., Cros E., Assemat S., Davrieux F., Boulager R. 2011. Influencia de la condiciones del tratamiento poscosecha sobre la temperatura y acidez en granos de cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.). Merida, Venezuela, Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía.
- Portillo E., Graciani de fariñas I., Betancourt E. 2007. Consulado en <http://www.scielo.org.pe/>.
- Quispe Huaman, L. J. 2013. Teobromina, cafeína y catequinas, en granos de cacao de Pucacaca y Huingoyacu e influencia del cacao CCN-51 y del beneficio. Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 1-66.
- Ramos G. 2004. La fermentación, el secado y almacenamiento del Cacao. Taller internacional de calidad integral de cacao teoría y práctica. Quevedo, Ecuador.
- Redovnikovic I., Delonga K., Mazor S., Dragovic-Uzelac V., Caric M., Vorkapic-Furac J. 2009. Polyphenolic content and composition and antioxidative activity of different cocoa liquors. *Czech Journal Food Science*. p. 330-337.
- Reyes Paz, F. 2014. Polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante y evaluación sensorial en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo y ccn-51 con y sin beneficio. Tesis Ing. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva. p. 1-76.
- Risner C. 2008. Simultaneous Determination of Theobromine, (+)-Catechin, Caffeine, and (-) - EPicatechin in Standard Reference Material Baking Chocolate 2384, Cocoa, Cocoa Beans, and Cocoa Butter. *Journal of Chromatographic Science*. Vol. 46.
- Rivera Fernández R. Barrera E., Guzmán A., Medina H., Casanova L., Peña M., Nivelá P. 2012. Efecto del tipo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional. Manabí, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Rohan T. 1964. El beneficiado del cacao bruto destinado al mercado. Roma. FAO. p. 79.
- Roy M., Takenaka M., Isobe S., Tsushida T. 2007. Antioxidant potential, antiproliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: Effects of thermal treatment. *Food Chemistry*. p. 103–114.
- Salvador N., Gutierrez M. 2008. Mapeo de la calidad física y organoléptica del *Theobroma cacao* L. a nivel subcuenca del río bigote como estrategia para la inserción y posicionamiento en nichos de mercado de la asociación de pequeños productores de cacao de Piura. Tesis Ing. Piura, Perú. Universidad Nacional de Piura. p. 133.
- Samah O., Ibrahim N., Alimon U., Abdul M. 1993. Comparative studies on fermentation products. *Microbiol Biotech*.
- Sánchez, J. 2015. Extracción y cuantificación de teobromina existente en las semillas de cuatro variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) producidas en la provincia de el Oro. Tesis Ing. Machala, Ecuador, Universidad Técnica de Machala. p. 1-42.
- Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles desabor de interés comercial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador. p. 93.
- Skrede G., Wrolstad R., Durst R. 2010. Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of food science*. p. 65.
- Seto R., Nakamura H., Nanjo F., Hara Y. 1997. Preparación de epímeros de catequinas del té mediante tratamiento térmico. *Biociencia, biotecnología y bioquímica*. p. 1434-1439.
- Todorovic V., Redovnikovic I., Todorovic Z., Jankovic G., Dodevska M., Sobajic S. 2015. Polyphenols, methylxanthines, and antioxidant capacity of

chocolates produced in Serbia. *Journal of Food Composition and Analysis*. p. 137-143.

Tonon R., Brabet C., Hubinger M. 2010 Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*. p. 907–914.

Zapata S., Tamayo A., Rojano A., 2013. Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. Medellin, Colombia, *Revista Cubana de plantas medicinales*. Vol 18 No.3

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del porcentaje de fermentación

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	44,67	14,89	5,58	0,0231
Error	8	21,33	2,67		
Total	11	66,00			

Anexo 2. Análisis de varianza del contenido de polifenoles

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	37,571	12,523	190,60	0,0000
Error	8	0,5256	0,0657		
Total	11	38,097			

Anexo 3. Análisis de varianza del pH del cacao fermentado seco.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	0,0418	0,0418	143,42	0,0000
Error	8	0,0023	0,0002		
Total	11	0,1278			

Anexo 4. Análisis de varianza de la de la acidez total del cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	0,00239	0,0007	88,75	0,0000
Error	8	0,0000	0,0000		
Total	11	0,0024			

Anexo 5, Análisis de varianza de la de la acidez total del cacao.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	0,0008	0,0002	13,83	0,0016
Error	8	0,0001	0,0000		
Total	11	0,0009			

Anexo 6. Análisis de varianza del contenido de teobromina.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	0,0756	0,0252	607,81	0,0001
Error	8	0,0033	0,0000		
Total	11	0,0760			

Anexo 7. Análisis de varianza de del contenido de cafeína

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	0,0151	0,0050	100,20	0,0001
Error	8	0,0004	0,0000		
Total	11	0,0155			

Anexo 8. Análisis de varianza de la actividad antioxidante

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pv
Tratamientos	3	107,412	35,804	616,87	0,0000
Error	8	0,46433	0,0580		
Total	11	107,876			

Anexo 9. Valores promedio del pH en durante el tiempo de fermentación del cacao CCN-51.

Tratamiento Días	T₀ (Sin oreado)	T₁ (Oreado 3 h)	T₂ (Oreado 6 h)	T₃ (Oreado 9 h)
Día 1	6,01	6,25	6,28	6,25
Día 2	5,81	6,25	6,01	6,22
Día 3	5,71	6,04	6,18	6,18
Día 4	4,87	5,97	5,78	5,88
Día 5	5,00	5,86	5,69	5,83

Anexo 10. Análisis de calidad del grano seco en la planta Naranjillo



INDUSTRIA DEL CAFE Y CACAO NARANJILLO
AREA DE CONTROL DE CALIDAD

‘Año del buen servicio al ciudadano’

CERTICADO DE ANÁLISIS

EVALUACION FÍSICA DE GRANO SECO DE CACAO					
Información general					
Tipo de grano	Convencional <input type="checkbox"/>			Orgánico <input type="checkbox"/>	
Código	T ₀	Muestra	Selecta		
Procedencia	SAN ALEJANDRO		Kg bruto (aprox.)		
Tipo de cacao	CC-51		Kg neto (aprox.)		
Fecha de recepción	15 De Agosto Del 2017		Referencia		
Apariencia exterior					
Tamaño	Pequeño	<input type="checkbox"/>	color	Marrón rojizo	
	Mediano	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Grande	<input type="checkbox"/>			
Forma	Alargado	<input checked="" type="checkbox"/>			
	Redondo	<input type="checkbox"/>			
Olor de grano entero					
Acidez	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	Típico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Acido	<input checked="" type="checkbox"/>		Atípico	<input type="checkbox"/>
	Poco ácido	<input type="checkbox"/>		Observaciones: Buen fermento	
Olor de grano entero después de corte					
Acidez	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	Típico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Acido	<input checked="" type="checkbox"/>		Atípico	<input type="checkbox"/>
	Poco ácido	<input type="checkbox"/>		Observaciones: Granos pintones	
Conteo de grano					
Número de granos en 100 gramos	73 Unds	Peso de 100 granos	136.8 g	Peso promedio por grano	1.4g
PRUEBA DE CORTE					
DEFECTOS - INTERNOS	PORCENTAJE (%)		DEFECTOS EXTERNOS	PORCENTAJE (%)	
HONGO	0		PLANO	0.14	
GRANO VIOLETA	9.00		PEGADO	0.7	
GRANO LIGERAMENTE VIOLETA	9.00		PARTIDO	0.24	
GRANO PIZARROSO	0		CASCARA	0	
GERMINADO	2.00		IMPUREZAS	0.02	
DAÑADO POR INSECTOS	0		RESIDUOS	0	
FERMENTACIÓN	80		TOTAL DE DEFECTOS	1.1	
TOTAL	100		Prueba hecha a base de 500 g. Humedad (SAMAP - H 40) = 8.3 %		



INDUSTRIA DEL CAFE Y CACAO NARANJILLO
AREA DE CONTROL DE CALIDAD

“Año del buen servicio al ciudadano”

CERTICADO DE ANÁLISIS

EVALUACION FÍSICA DE GRANO SECO DE CACAO					
Información general					
Tipo de grano	Convencional <input type="checkbox"/>		Orgánico <input type="checkbox"/>		
Código	T ₁	Muestra	Selecta		
Procedencia	SAN ALEJANDRO		Kg bruto (aprox.)		
Tipo de cacao	CC-51		Kg neto (aprox.)		
Fecha de recepción	15 De Agosto Del 2017		Referencia		
Apariencia exterior					
Tamaño	}	Pequeño	<input type="checkbox"/>	color	Marrón rojizo
		Mediano	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Grande	<input type="checkbox"/>		
Forma	}	Alargado	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Redondo	<input type="checkbox"/>		
Olor de grano entero					
Acidez	}	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	} Típico <input checked="" type="checkbox"/> Atípico <input type="checkbox"/>
		Acido	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Poco ácido	<input type="checkbox"/>		
Observaciones: Buen fermento					
Olor de grano entero después de corte					
Acidez	}	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	} Típico <input checked="" type="checkbox"/> Atípico <input type="checkbox"/>
		Acido	<input type="checkbox"/>		
		Poco ácido	<input checked="" type="checkbox"/>		
Observaciones: Granos pintones					
Conteo de grano					
Número de granos en 100 gramos	73 Unds	Peso de 100 granos	136.8 g	Peso promedio por grano	1.4g
PRUEBA DE CORTE					
DEFECTOS - INTERNOS	PORCENTAJE (%)		DEFECTOS EXTERNOS	PORCENTAJE (%)	
HONGO	0		PLANO	0.14	
GRANO VIOLETA	8.00		PEGADO	0.7	
GRANO LIGERAMENTE VIOLETA	9.00		PARTIDO	0.24	
GRANO PIZARROSO	0		CASCARA	0	
GERMINADO	2.00		IMPUREZAS	0.02	
DAÑADO POR INSECTOS	0		RESIDUOS	0	
FERMENTACIÓN	81		TOTAL DE DEFECTOS	1.1	
TOTAL	100		Prueba hecha a base de 500 g. Humedad (SAMAP - H 40) = 8.3 %		



INDUSTRIA DEL CAFE Y CACAO NARANJILLO
AREA DE CONTROL DE CALIDAD
"Año del buen servicio al ciudadano"

CERTICADO DE ANÁLISIS

EVALUACION FÍSICA DE GRANO SECO DE CACAO					
Información general					
Tipo de grano	Convencional <input type="checkbox"/>			Orgánico <input type="checkbox"/>	
Código	T ₂	Muestra	Selecta		
Procedencia	SAN ALEJANDRO		Kg bruto (aprox.)		
Tipo de cacao	CC-51		Kg neto (aprox.)		
Fecha de recepción	15 De Agosto Del 2017		Referencia		
Apariencia exterior					
Tamaño	}	Pequeño	<input type="checkbox"/>	color	Marrón rojizo
		Mediano	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Grande	<input type="checkbox"/>		
Forma	}	Alargado	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Redondo	<input type="checkbox"/>		
Olor de grano entero					
Acidez	}	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	} Típico <input checked="" type="checkbox"/> Atípico <input type="checkbox"/>
		Acido	<input type="checkbox"/>		
		Poco ácido	<input checked="" type="checkbox"/>		
Observaciones: Buen fermento					
Olor de grano entero después de corte					
Acidez	}	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	} Típico <input checked="" type="checkbox"/> Atípico <input type="checkbox"/>
		Acido	<input type="checkbox"/>		
		Poco ácido	<input checked="" type="checkbox"/>		
Observaciones: Granos pintones					
Cuento de grano					
Número de granos en 100 gramos	73 Unds	Peso de 100 granos	136.8 g	Peso promedio por grano	1.4g
PRUEBA DE CORTE					
DEFECTOS - INTERNOS	PORCENTAJE (%)		DEFECTOS EXTERNOS	PORCENTAJE (%)	
HONGO	0		PLANO	0.14	
GRANO VIOLETA	7.00		PEGADO	0.7	
GRANO LIGERAMENTE VIOLETA	7.00		PARTIDO	0.24	
GRANO PIZARROSO	0		CASCARA	0	
GERMINADO	2.00		IMPUREZAS	0.02	
DAÑADO POR INSECTOS	0		RESIDUOS	0	
FERMENTACIÓN	84		TOTAL DE DEFECTOS	1.1	
TOTAL	100		Prueba hecha a base de 500 g. Humedad (SAMAP - H 40) = 8.3 %		



INDUSTRIA DEL CAFE Y CACAO NARANJILLO
AREA DE CONTROL DE CALIDAD
"Año del buen servicio al ciudadano"

CERTICADO DE ANÁLISIS

EVALUACION FÍSICA DE GRANO SECO DE CACAO					
Información general					
Tipo de grano	Convencional <input type="checkbox"/>		Orgánico <input type="checkbox"/>		
Código	T ₃	Muestra	Selecta		
Procedencia	SAN ALEJANDRO		Kg bruto (aprox.)		
Tipo de cacao	CC-51		Kg neto (aprox.)		
Fecha de recepción	15 De Agosto Del 2017		Referencia		
Apariencia exterior					
Tamaño	}	Pequeño	<input type="checkbox"/>	color	Marrón rojizo
		Mediano	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Grande	<input type="checkbox"/>		
Forma	}	Alargado	<input checked="" type="checkbox"/>		
		Redondo	<input type="checkbox"/>		
Olor de grano entero					
Acidez	}	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	} Típico <input checked="" type="checkbox"/> Atípico <input type="checkbox"/>
		Acido	<input type="checkbox"/>		
		Poco ácido	<input checked="" type="checkbox"/>		
Observaciones: Buen fermento					
Olor de grano entero después de corte					
Acidez	}	Muy ácido	<input type="checkbox"/>	Características	} Típico <input checked="" type="checkbox"/> Atípico <input type="checkbox"/>
		Acido	<input type="checkbox"/>		
		Poco ácido	<input checked="" type="checkbox"/>		
Observaciones: Granos pintones					
Cuento de grano					
Número de granos en 100 gramos	73 Unds	Peso de 100 granos	136.8 g	Peso promedio por grano	1.4g
PRUEBA DE CORTE					
DEFECTOS - INTERNOS	PORCENTAJE (%)		DEFECTOS EXTERNOS	PORCENTAJE (%)	
HONGO	1.00		PLANO	0.14	
GRANO VIOLETA	6.00		PEGADO	0.7	
GRANO LIGERAMENTE VIOLETA	5.00		PARTIDO	0.24	
GRANO PIZARROSO	1.00		CASCARA	0	
GERMINADO	2.00		IMPUREZAS	0.02	
DAÑADO POR INSECTOS	0		RESIDUOS	0	
FERMENTACIÓN	85		TOTAL DE DEFECTOS	1.1	
TOTAL	100		Prueba hecha a base de 500 g.		

Anexo 11. Galería de fotos

Etapa de campo



Foto 1: Acondicionamiento de una infraestructura donde se instalarán los módulos de fermentación.



Foto 2: Módulos de fermentación.



Foto 3: Inicio de la fermentación



Foto 4: Oreado granos de cacao



Foto 5: Remoción de los granos en el proceso de fermentación



Foto 6. Secando cacao al sol

Etapa de laboratorio



Foto 7: Muestras de cacao fermentado seco para los análisis



Foto 8: Acondicionamiento de las muestras para realizar los análisis fisicoquímicos.



Foto 9: Filtrado de muestras para análisis de contenido de polifenoles



Foto 10: HPLC equipo usado para la determinación de contenido de polifenoles y alcaloides.