

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE DRENAJE, FERMENTACIÓN Y
REMOCIÓN DEL CACAO CRIOLLO (*Theobroma cacao* L.)”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

INGA VALENZUELA JUBET YEMERSON

PROMOCION 2011

Tingo María – Perú

2017



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fiia@unas.edu.pe

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 001-2017

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 23 de enero de 2017, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **INGA VALENZUELA, Jubet Yemerson**, titulada:

“ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE DRENAJE, FERMENTACIÓN Y REMOSIÓN DEL CACAO CRIOLLO (*Teobroma cacao* L.)”

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso “k” y 135 inciso “f” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 24 de enero de 2017


.....
Dr. Raúl Edgardo Natividad Ferrer
Presidente


.....
Mg. Jorge Enrique Castro Gracey
Miembro


.....
M.Sc. Jaime Eduardo Basilio Atencio
Asesor

ÍNDICE GENERAL

	Página
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 Generalidades y condiciones de producción del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	2
2.1.1 Cacao criollo.....	2
2.1.2 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de cacao.....	3
2.2 Etapas para el beneficio de cacao.....	6
2.2.1 Cosecha.....	7
2.2.2 Selección del fruto.....	7
2.2.3 Quiebra.....	7
2.2.4 Fermentación de los granos de cacao criollo.....	8
2.3 Calidad del cacao criollo.....	17
2.3.1 Parámetros de calidad.....	18
2.3.2 Pruebas sensoriales para la calidad de los granos de cacao.....	18
2.3.3 Pruebas de corte al grano.....	19

2.4	Factores condicionantes de la calidad del licor de cacao.....	19
2.4.1	Aroma.....	19
2.4.2	Torrefacción.....	21
2.4.3	Genotipo.....	22
2.5	Evaluación sensorial del licor de cacao.....	23
III	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1	Lugar de ejecución.....	27
3.2	Materia prima.....	27
3.3	Materiales, equipos y reactivos.....	27
3.3.1	Materiales de laboratorio.....	27
3.3.2	Materiales de proceso.....	28
3.3.3	Equipos y materiales de laboratorio.....	28
3.3.4	Reactivos.....	28
3.4	Métodos de análisis.....	29
3.4.1	Evaluación del análisis fisicoquímico del cacao en fermentación y cacao seco.....	29

3.4.2	Evaluación del efecto del tiempo de drenaje y el tiempo óptimo de la primera remoción durante la fermentación basándose en las características fisicoquímicas, sensoriales, del grano y licor de cacao.....	29
3.5	Metodología experimental.....	30
3.5.1	Beneficio del cacao.....	30
3.5.2	Evaluación física de granos de cacao criollo.....	32
3.5.3	Evaluación de acidez expresada en ácido acético.....	32
3.5.4	Evaluación de pH.....	32
3.5.5	Evaluación de sólidos solubles totales (°Brix).....	32
3.5.6	Método de análisis de temperatura del cacao criollo durante el proceso de fermentación.....	33
3.5.7	Método de análisis de fermentación en granos secos en cada tratamiento.....	33
3.5.8	Obtención de licor de cacao.....	33
3.6	Análisis estadístico.....	34
3.6.1	Análisis estadístico sensorial.....	34
3.6.2	Modelo estadístico.....	35

IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1	Evaluación del °Brix del mucilago del cacao criollo durante el proceso de fermentación.....	36
4.2	Evaluación de la temperatura del cacao criollo durante el proceso de fermentación.....	38
4.3	Evaluación del pH del cacao criollo durante el proceso de fermentación y secado.....	42
4.4	Evaluación de la acidez del cacao criollo durante el proceso de fermentación y secado.....	43
4.5	Evaluación del índice de fermentación en granos secos del cacao criollo.....	44
4.6	Evaluación del análisis sensorial del licor de cacao.....	45
V	CONCLUSIONES.....	51
VI	RECOMENDACIONES.....	52
VII	ABSTRACT.....	53
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	54
IX	ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Parámetros de calidad.....	19
2	Efecto de la fermentación y el secado en el sabor de cacao.....	23
3	Análisis sensorial - 1era repetición.....	45
4	Análisis sensorial - 2da repetición.....	46
5	Análisis sensorial - 3ra repetición.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Flujograma del beneficio del cacao	6
2	Fermentación alcohólica.....	11
3	Fermentación acética.....	13
4	Fermentación láctica.....	14
5	Fermentación butírica.....	14
6	Cambios que ocurren durante la fermentación.....	16
7	Cambios en los cotiledones durante el secado.....	18
8	Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación, para una remoción inicial a 40 horas.....	36
9	Variación de sólidos solubles (°Brix) durante la fermentación para una remoción inicial a las 20 horas	37
10	Variación de la temperatura durante la fermentación, para una remoción inicial a 20 horas.....	40
11	Variación de la temperatura durante la fermentación, para una remoción inicial a 40 horas.....	40
12	Variación del pH durante la fermentación, para una fermentación inicial a 40 horas.....	41
13	Variación del pH durante la fermentación.....	42
14	Variación de la acidez durante la fermentación para una remoción inicial a 20 horas	43

15	Variación de la acidez durante la fermentación para una remoción inicial a 40 horas	43
16	Porcentaje de fermentación para cada uno de los tratamientos.....	44
17	Perfil sensorial de los tratamientos con diferentes tiempos de drenaje y remoción.....	50

RESUMEN

La investigación se realizó en las Instalaciones de la de la empresa Agroindustrias Makao Perú S.A.C. Se utilizaron como métodos de análisis: Medida de temperatura de la masa del cacao (Portillo et al., 2006). Humedad (AOAC, 1995). Acidez acética (AOAC, 1995). pH (AOAC, 1995). Evaluación física de los granos fermentados y secos (Prueba de corte (NTP-ISO 1114:2016). Las operaciones para la obtención de licor de cacao fueron las siguientes: pesado, tostado, descascarillado, molienda, conchado, almacenamiento, atemperado. El análisis estadístico fue realizado usando el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial. Los granos con 04 horas de drenaje y 40 horas la primera remoción tienen el menor porcentaje de acidez de $0,11975 \pm 0,0355$ %. Asimismo el mayor porcentaje de fermentación fue de 81,67% en tiempo de 04 horas de drenaje y 40 horas la primera remoción esto nos indica que el tiempo de primera remoción influye en el porcentaje de fermentación. La mayor temperatura alcanzada fue de $49,2^{\circ}\text{C}$ en la parte superior del cajón al cuarto día de fermentación con 04 horas de drenaje y 40 horas para la primera remoción. Del análisis sensorial el mejor tratamiento fue de 4 horas de drenaje y 40 horas de la primera remoción con un puntaje total de 10,6, además tiene mayores puntajes en atributo floral y nuez indicando que el tiempo óptimo de la primera remoción es 40 horas con un drenaje inicial de 4 horas.

I. INTRODUCCION

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) se encuentra dentro de las actividades agrícolas más importantes de la selva peruana, existiendo una gran demanda en el mercado nacional e internacional donde cacao-cultores y diversas organizaciones vienen trabajando el tema de calidad de los granos, sin embargo se necesita poner mayor énfasis en la cosecha y la poscosecha que garantizarán la mejora de la calidad de los granos de cacao.

En el beneficio del cacao, la fermentación es una fase indispensable ya que en ella se desarrollan los precursores de aroma y sabor a chocolate. El cacao criollo por poseer mejores características organolépticas que las demás variedades son requeridas por las industrias chocolateras para la producción de chocolates finos, por lo cual la fermentación consecuentemente con el secado influye directamente en la calidad del cacao.

Por ello se planteó los siguientes objetivos: realizar el estudio de los tiempos de drenaje, fermentación y remoción del cacao criollo. Asimismo evaluar el análisis fisicoquímico del cacao en fermentación, evaluar el efecto del tiempo de drenaje y el tiempo óptimo de la primera remoción durante la fermentación basándose en las características fisicoquímicas, sensoriales del grano y licor de cacao.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades y condiciones de producción del cacao (*Theobroma cacao* L.)

2.1.1. Cacao criollo

A la variedad del criollo (genuino) se lo diferencia por ser un árbol débil y de poco fruto. Su almendra emana un aroma suave y escaso por su bajo contenido de taninos. Se lo reconoce como un cacao de calidad superior (fino/aroma) reservado para la elaboración de los más exquisitos y delicados chocolates (SAG, 2009). El grupo Criollo, es conocido como cacao fino, produce un fruto aromático, afrutado y dulce, pero tiene bajos rendimientos, las almendras son de tamaño mediano con cotiledones claros que presentan un delicado aroma de chocolate acompañado por un sabor de nuez suave y frutas (GIL, 2012).

El apelativo “criollo” (indígena) fue en su origen atribuido por los españoles al cacao cultivado inicialmente en Venezuela, en América Central y México y cuyos granos de cotiledones blancos proporcionaban un chocolate de superior calidad (BRAUDEAU, 1970). El cacao criollo se caracteriza por tener estaminoides rosados, mazorcas verdes o rojas del tipo Cundeamor, de superficie rugosa y surcos profundos; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco o crema, alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma; son usados en la industria cosmética. Los principales tipos criollos incluyen cacao Pentágona, cacao Real y cacao Porcelana (Arguello *et al.*, 2000).

El grupo genético Criollo, clasificado como subespecie cacao, y del cual se obtiene el cacao “fino” contribuye a la producción mundial con el 5% aunque su consumo aún está revalorándose, se encuentra en expansión y es mucho más exigente respecto a la calidad de la materia prima y de los productos derivados de ésta. Este mercado gourmet paga sobrepuestos por almendras obtenidas del genotipo Criollo y destina el grano a la elaboración de chocolates “finos” altamente cotizados en Estados Unidos y Europa. Esta situación, sumada a otras características de mercadeo, que premia los productos con denominación de origen y simplifica los requerimientos de comercio, estimula la conservación, cultivo y comercialización de razas o genotipos de calidad superior (AFOAKWA *et al.*, 2008).

2.1.2. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo del cacao

La producción del cacao está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales de la zona donde se cultiva. Es por ello que los factores climáticos influyen en la producción de cacao; por lo tanto, las condiciones térmicas y de humedad deben ser satisfactorias para el cultivo por ser una planta perenne y que su periodo vegetativo como: la época de floración, brotamiento y cosecha está regulado por el clima. La práctica del cultivo bajo sombra influye significativamente en el microclima de la plantación, principalmente en la radiación solar, viento y la humedad relativa, sin dejar de lado los factores del suelo, como la nutrición mineral, incidencia de plagas y enfermedades que influyen en el crecimiento y desarrollo que se debe considerar en forma integral.

Cuando se define un clima apropiado para el cultivo de cacao generalmente se hace referencia a la temperatura y las lluvias, considerados como los factores críticos del crecimiento. Así mismo, el viento, la radiación solar y la humedad relativa afectan muchos procesos fisiológicos de la planta. Entre los factores que tienen mayor importancia en el cultivo destacan los siguientes:

- **Precipitación pluvial**

El cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo. La precipitación óptima para el cacao es de 1600 a 2500 mm., distribuidos durante todo el año. Precipitaciones que excedan los 2600 mm., pueden afectar la producción del cultivo de cacao.

- **Temperatura**

La temperatura es un factor de mucha importancia debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación del cultivo de cacao. La temperatura media anual debe ser alrededor de los 25°C. La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes: mínima de 23°C, máxima de 32°C, óptima de 25°C.

La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye. Por su parte, altas temperaturas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao, limitando su capacidad de absorción, por lo que se recomienda

proteger el suelo con la hojarasca existente. Del mismo modo, la rápida descomposición de la materia orgánica en el suelo a través de la oxidación y en presencia de la humedad está determinada por la temperatura.

- **Viento**

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta. En las plantaciones expuestas continuamente a vientos fuertes se produce la defoliación o caída prematura de hojas. En plantaciones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/s y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/s no se observa dicho problema.

- **Altitud**

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1 000 a 1 400 msnm. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario.

- **Luminosidad**

La luz es otro de los factores ambientales de importancia para el desarrollo del cacao, especialmente para la fotosíntesis, la cual ocurre a baja intensidad aun cuando la planta esté a plena exposición solar. En la etapa de establecimiento del cultivo de cacao es recomendable la siembra de otras

plantas para hacer sombra, debido a que las plantaciones jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares. Para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta.

2.2 Etapas para el beneficio del cacao

Con un beneficio adecuado se desarrollan en la almendra los principios fundamentales del sabor, el aroma y la calidad, lo que determina en gran medida su condición de finos y aromáticos, es decir la calidad del producto final. Para el proceso de conservación y protección de la calidad de granos de cacao se tiene en cuenta con una serie de operaciones, a fin de obtener una calidad aceptable del grano y permitir su correcta comercialización en el mercado nacional e internacional. (ARCINIEGAS, 2005)

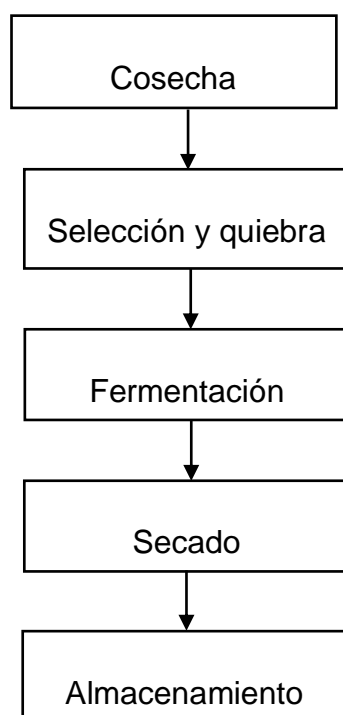


Figura 1. Flujograma del beneficio del cacao

2.2.1 Cosecha

La cosecha es el proceso de recolección de los frutos o mazorcas consideradas fisiológicas y organolépticas maduras y sanas, donde tengan azúcares en cantidades adecuadas, que facilite una buena fermentación. No recolectar mazorcas pintonas o sobre maduras, debido que afectan la fermentación y el sabor del producto final (NATIVIDAD, 2007).

La madurez de la mazorca, se aprecia por el cambio de pigmentación de verde para amarillo o amarillo anaranjado a rojo violáceo. Los frutos no cosechados a tiempo de sobre maduran y germinan los granos (NATIVIDAD, 2007).

La manera empírica de conocer el punto de cosecha es golpeando la mazorca con los dedos, si produce un sonido a hueco, indica que el fruto puede recolectarse, evitar recolectar los frutos enfermos y atacados por insectos porque transmiten a la masa olores fétidos y sabores desagradables que disminuye la calidad del producto final, otorgándole un sabor extraño al chocolate (HERNANDEZ, 1991).

2.2.2 Selección del fruto

Por otro lado, el concepto de cosecha es recolectar todos los frutos maduros sanos y enfermos, para luego ser clasificados, retirando aquellos que no son aptos para llevar a cabo el proceso de fermentación.

2.2.3 Quiebra

Consiste en partir los frutos y extraer los granos de cacao; debe realizarse antes de los cinco días después de la cosecha y cuanto más pronto se haga, la separación de los granos es más fácil. Para partir los frutos se puede

utilizar de preferencia un machete pequeño (aproximadamente de 30 cm), acondicionado para esta labor; también se puede usar un mazo de madera para partir el fruto con un golpe durante la operación mantener con el dedo pulgar de la mano que agarra el fruto escondido del machete o mazo para evitar accidentes en el personal (HERNÁNDEZ, 1991).

2.2.4 Fermentación de los granos de cacao criollo

Según GAITÁN (2005), el proceso de fermentación considerado como uno de los puntos críticos, debe merecer especial atención, para obtener las cualidades intrínsecas del producto, igual importancia tiene el secado.

Los granos, son colocados en los cajones fermentadores de madera, diseñados en función de la producción.

- Fermentación

Es un proceso bioquímico al cual son sometidos los granos de cacao con la finalidad de provocar la muerte del embrión, eliminar el mucílago y desarrollar las características organolépticas de “aroma”, “sabor” y color”. Este proceso se logra debido al aumento de la temperatura y a la actuación de levaduras y bacterias en el mucílago de las masas almacenadas (CONACADO, 2002).

- Proceso bioquímico de la fermentación de los granos

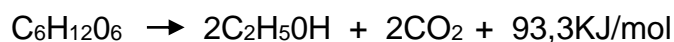
Durante la fermentación el cacao pasa por diferentes transformaciones bioquímicas. Estos cambios ocurren tanto en la parte interior como exterior de la almendra, como consecuencia de la presencia o ausencia de oxígeno (fermentación aeróbica y anaeróbica), levaduras y bacterias, que son los responsables para los diferentes procesos bioquímicos. Las principales

transformaciones que ocurren durante el proceso de fermentación tienen que ver con la permeabilidad de la membrana celular a lo interno del grano que es provocada principalmente por la producción de ácido acético. Al entrar el ácido acético en el grano las moléculas complejas son transformadas en aminoácidos, los azúcares compuestos en azúcares simples (sacarosas en fructosa y glucosa) y la grasa compuesta en grasas simples, todas estas transformaciones son responsables para la formación de los precursores del aroma. Durante el proceso ocurren varias transformaciones que se conocen con los nombres de fermentación alcohólica, acética, láctica y butírica (CONACADO, 2002). Si la fermentación se prolonga por períodos superiores a 6 días, habrá la contaminación de la masa por microorganismos proteolíticos, provocando la desnaturalización del ácido acético existente por el amoníaco, causando la pérdida del “chocolate flavor” con desarrollo de otros aromas y sabores extraños del chocolate. De esta forma, la migración del ácido contribuye para aumentar el pH en la parte externa de las almendras (VIDAL, 2013).

- **Fermentación alcohólica**

AGUILAR (2017), indica que la fermentación alcohólica es producida por los géneros *Sacharomyces* sp., *Bitabacterium* sp, entre otras. Durante la primera fase de fermentación anaeróbica, los azúcares son transformados en alcohol. La fermentación alcohólica va reduciéndose conforme disminuye la cantidad de azúcares y entra oxígeno a la masa conforme se remueve dando así inicio a la fermentación aeróbica. El rol principal de las levaduras, es la producción de alcohol mediante la degradación de los azúcares totales presentes en el mucílago. Sin embargo, como las cepas de levaduras

presentes son muy abundantes y este no es su única contribución al proceso; ellas contribuyen al rompimiento del ácido cítrico, presente en el mucílago, permitiendo el incremento del pH de 3,5 a 4,2. Así mismo, el desarrollo de las bacterias, tanto lácticas como acéticas, dan lugar a la producción de ácidos orgánicos (ácido láctico, acético y en menor proporción ácido oxálico, fosfórico, succínico y málico), ácidos volátiles y, algunas cepas de levaduras producen pectinasa, permitiendo la reducción de la viscosidad del mucílago. Las reacciones principales que ocurren durante esta etapa, incluyendo la generación de calor, son:



Las bacterias lácticas, por su parte, además de degradar los carbohidratos y producir ácido láctico metabolizan el ácido cítrico, proliferando cuando parte del mucílago ha sido drenado y las levaduras comienzan a disminuir junto a la producción de alcohol y ácido láctico también se forman cantidades menores de otros productos, resultado de la degradación de proteínas, lípidos y otros constituyentes importantes. La disminución de las levaduras se debe principalmente a su intolerancia al alcohol y al gradual incremento de temperatura. Esto ocurre por la acción de las bacterias acéticas que, debido a las condiciones de pH, empiezan a crecer al utilizar el ácido cítrico por grupos de levaduras y las bacterias lácticas. Generalmente, al cuarto día de la fermentación las levaduras no se encuentran presentes en el cacao.

Los granos de cacao de deben estar en su período óptimo de madurez que es cuando alcanzan la mayor cantidad de azúcares, durante esta primera fase de fermentación, los azúcares (glucosa) son transformados en alcohol en ausencia de oxígeno (fermentación anaeróbica) por la intervención de levaduras del género *Sacharomyces sp.* y *Bitabacterium sp.*, entre otras. Las levaduras predominan durante las primeras 24 horas debido al pH bajo (3 - 4). La fermentación alcohólica termina cuando aumenta la concentración de alcohol (alrededor del 12%), cuando se consumen todos los azúcares que tiene el mucílago, cuando entra oxígeno a la masa y sube el pH; esto provoca la muerte de las levaduras (CONACADO, 2002).

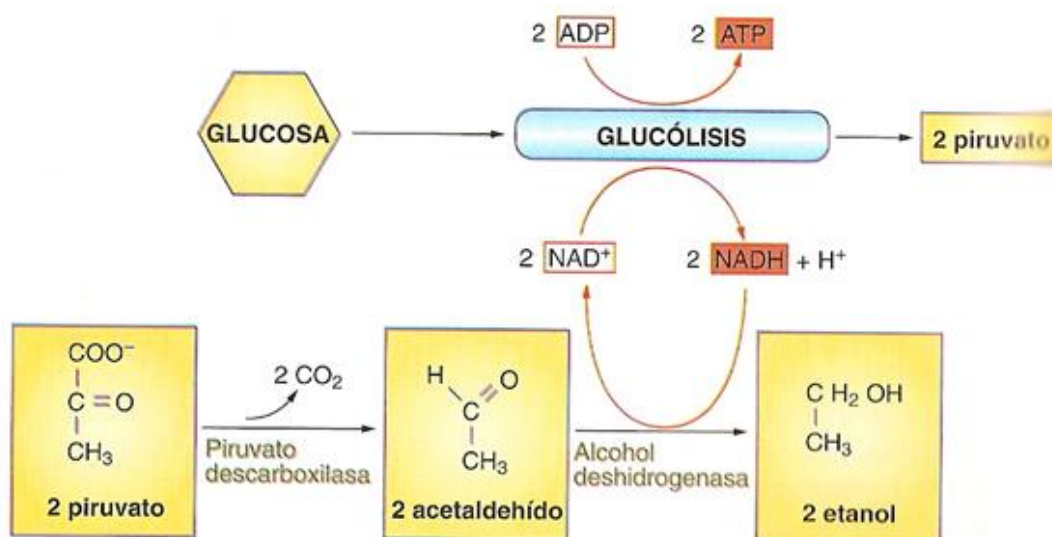


Figura 2. Fermentación alcohólica

Fuente : (BENITO, 2014)

- Fermentación acética

Luego del descenso de la población de levaduras, el incremento del pH y la disminución de la viscosidad que tiene lugar durante la

fase anaerobia, se forma una masa fermentativa mucho más aireada y en la que se crean las condiciones necesarias para el desarrollo de las bacterias acéticas. Se sabe que estas actúan estrictamente, en medio aerobio y con aumento de la temperatura; contribuyendo a la eliminación de levaduras y bacterias lácticas. La función primordial de este tipo de bacterias es la oxidación del alcohol hasta ácido acético, permitiendo que muchas fracciones de ácido láctico sean oxidadas a dióxido de carbono y agua. La difusión de estos compuestos hacia el cotiledón, da lugar a reacciones bioquímicas internas, modificando la composición química de las almendras; en particular la formación de los precursores del aroma.

VIDAL (2013) indica que la acidez se incrementa durante el fermentado, ya que se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones, produciéndose una serie de reacciones que generan el sabor y aroma característico del cacao. La producción de acidez en las almendras de cacao y el incremento de la temperatura de la masa de fermentación, origina la difusión e hidrólisis de proteínas en los cotiledones, al que se le atribuye el metabolismo de las bacterias acéticas. De ahí que, la presencia de estas bacterias sea importante para la formación de azúcares reductores, pirazinas y aminoácidos libres, que son los precursores de sabor. La formación de ácido acético, se indica a continuación:



La fermentación acética se inicia después de terminada la fermentación alcohólica, esto sucede entre las primeras 24 horas después de colocar el cacao en el área de fermentación. Para que este proceso ocurra se

necesita la presencia de oxígeno en la masa de cacao, por esto es recomendable que se realice la primera remoción en este período. El ácido acético es muy volátil por lo que se elimina fácilmente durante el secado (CONACADO, 2002).

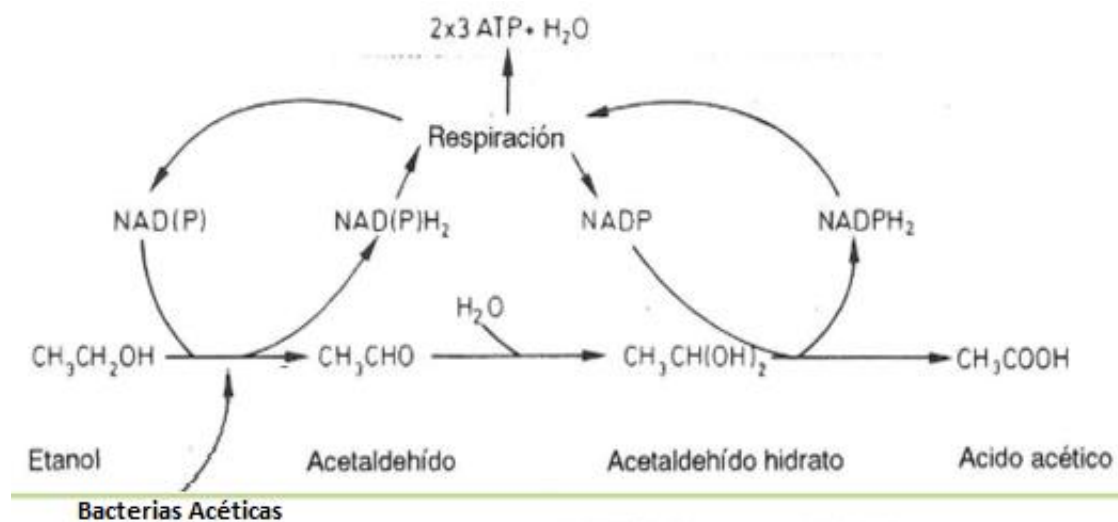


Figura 3. Fermentación acética

Fuente : (MENDOZA, 2016)

- Fermentación láctica.

Cuando el cacao es colocado en el área de fermentación y no se realiza la primera remoción entre las 24 h, como consecuencia de la falta de oxígeno en la masa, los azúcares restantes que deberían ser transformados en alcohol se transforman en ácido láctico por la bacteria *Bacterium lactis acidii*

Al desarrollarse la fermentación láctica el cacao tiene un sabor a queso que es un defecto comercial. La fermentación láctica se ve favorecida por una baja en la temperatura durante las remociones, por lo cual es recomendable hacer las remociones lo más rápido posible (CONACADO, 2002).

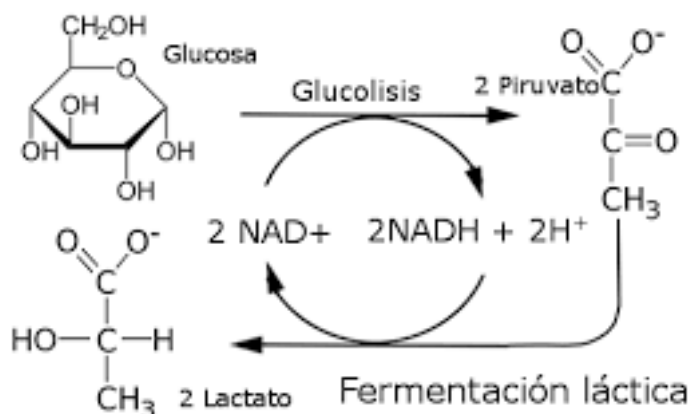


Figura 4. Fermentación láctica

Fuente : (MENDOZA, 2016)

- **Fermentación butírica (No deseable)**

Ocurre cuando la masa de cacao es sometida a varios días en ausencia de oxígeno. Los granos de cacao emiten un olor putrefacto.

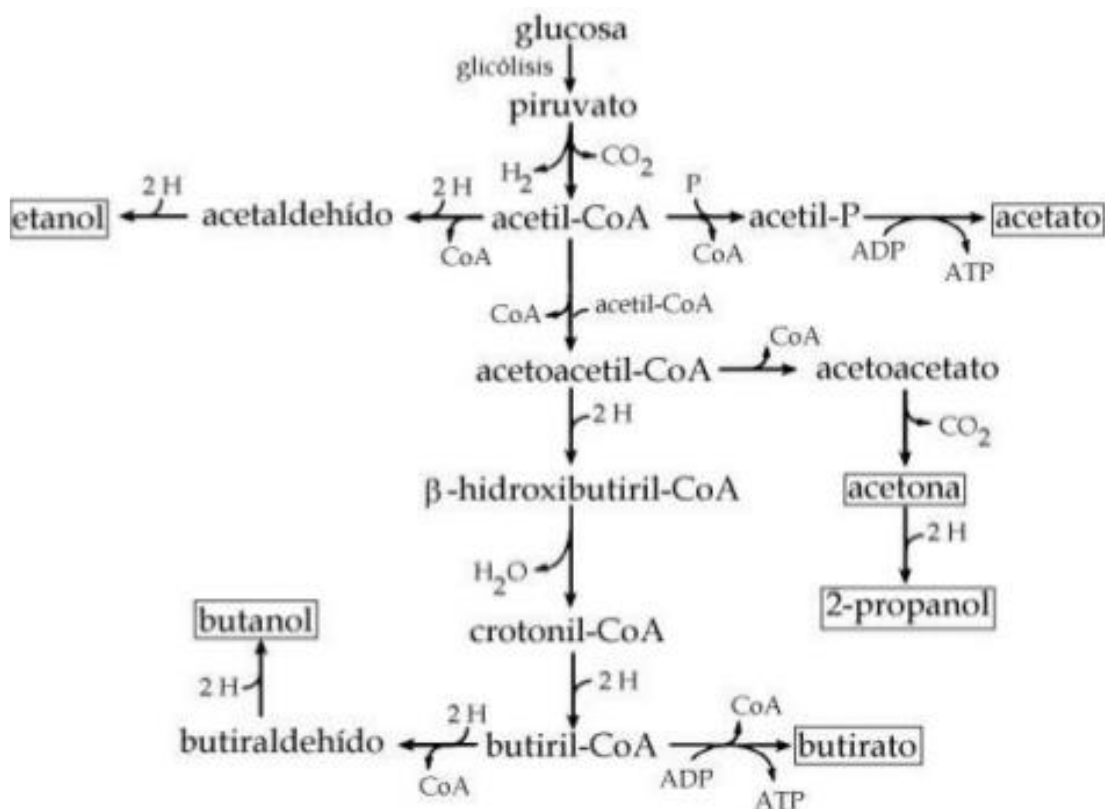


Figura 05. Fermentación butírica

Fuente : (MENDOZA, 2016)

Las fermentaciones láctica y butírica no son deseadas en una buena fermentación. Estas dos fermentaciones se observan con frecuencia cuando el periodo de mayor cosecha coincide con la época de lluvias y el espesor de la masa en el secadero es por lo general superior a 2 pulgadas (CONACADO, 2002).

2.2.5. Cambios que ocurren en la fermentación

2.2.5.1 En el mucílago

Durante la fermentación el mucilago adherida a las semillas provoca el aumento de temperatura y disminución del pH por acción de las levaduras, licuándose y creando, de esta manera, reacciones de importancia vital para la formación del aroma y sabor del chocolate.

El mucilago está compuesto de aproximadamente 85% de agua, 10% de glucosa y fructosa, así como de pequeñas cantidades de ácido cítrico, sacarosa, pectina y aminoácidos. Durante la fermentación el pH cambia 3.6 para 6.0.

La acción microbiana durante este período provoca la formación de alcohol etílico y este es convertido en ácido acético. Esta última reacción requiere airear y, por ese motivo es necesario hacer la remoción de la masa, que favorecerá el crecimiento de las acetobacterias.

El pH inicial de la pulpa baja en virtud de la formación del ácido acético, que enseguida actúa como agente permeabilizador del tegumento de las semillas, penetrando al interior de éstas y desnaturalizando las proteínas (NÚÑEZ, 2004).

2.2.5.2 En los cotiledones

El embrión se inactiva durante las primeras 40 horas de fermentación, por acción combinada de alta temperatura y del ácido acético formado, con posterior difusión y destrucción de los pigmentos polifenólicos.

Los cotiledones, que tienen un pH igual a 6.6, adsorben el ácido formado, bajando su pH hasta 5.0. Si la fermentación se prolonga por períodos superiores a 6 días, habrá la contaminación de la masa por microorganismos proteolíticos, provocando la desnaturalización del ácido acético existente por el amoníaco, causando la pérdida del “chocolate flavor” con desarrollo de otros aromas y sabores extraños del chocolate. De esta forma, la migración del ácido contribuye para aumentar el pH en la parte externa de las almendras (NÚÑEZ, 2004).

2.2.6 Secado

Este proceso debe ser llevado de manera lenta y pausada para permitir que las reacciones químicas que empezaron en la fermentación no sean interrumpidas. De esta manera se evita el desarrollo de olores no deseados y que la almendra adquiera sabores ácidos y amargos (ICCO, 2009). El proceso bioquímico provoca la formación de compuestos volátiles (alcoholes, ésteres y aldehídos), causa reducciones notables en la composición de fenoles y permite la formación de los precursores de aroma que posteriormente serán consumidos en el proceso de tostado para generar el aroma y sabor deseado (CROS, 2000).

Con el secado violento, no se logra un secado uniforme y se interrumpe la hidrólisis enzimática de las antocianinas generando almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente, a la vez se endurece

rápidamente la testa o cascarilla la cual una vez seca impide la salida o difusión de los ácidos volátiles que se concentran en la almendra generando almendras ácidas (RAMOS, 2004).

CRESPO (1997), menciona que el proceso de fermentación continúa durante el secado, por lo que es recomendable un secado lento durante los 2 primeros días; esto significa no exponer el cacao al sol por más de 4 horas al día. Si la temperatura y la velocidad del aire son muy fuertes sólo se seca la parte exterior del grano formándose una corteza dura sobre éste, impidiendo la salida del ácido acético, esto provoca que el cacao tenga mayor acidez.

2.3 Calidad del cacao criollo

Según VERDESOTO (2009), cuando se habla de calidad del cacao se deben tomar como parámetros el aspecto físico de la almendra del cacao criollo y las propiedades intrínsecas de sabor y aroma. En el primer caso la calidad física estaría determinada por las condiciones edafoclimáticas, el clon, cumplimiento adecuado de las prácticas de cultivo y post-cosecha. En referencia a calidad de sabor y aroma (CROS, 2000) demostró que está completamente ligado al origen de las almendras, tratamientos óptimos de post-cosecha (fermentado y secado) o beneficio y posterior tostado y especifica que el aroma es la suma de una fracción genética presente en la almendra, una fracción desarrollada durante la fermentación y secado y otra fracción formada en el proceso de tostado.

La comercialización del cacao se basa en las características físicas del cacao, específicamente con la prueba de corte que permite identificar el grado

de fermentación a la que fueron sometidos. La calificación de parámetros químicos u organolépticos queda fuera del alcance tanto de productores como de comerciantes dado que por ejemplo la cantidad de grasa depende del genotipo y la calificación por su aroma y sabor debe ser realizada por especialistas y aún ellos pueden emitir respuestas subjetivas. En este sentido, los grandes y expertos fabricantes de chocolate tienen establecidos sus estándares químicos, físicos, y organolépticos propios para calificar el grano, pero que indudablemente guardan como propiedad, en especial los parámetros químicos, y no los difunden (ENRÍQUEZ, 2003).

La calidad está en función al proceso de cada una de las etapas del beneficio; si estas prácticas son deficientes se obtendrá un producto de mala calidad; de lo contrario obtendremos un cacao rico en grasa y libre de defectos (pizarrosos, violáceos, sobre fermentados, enmohecidos, apolillados, germinados, dañados); en consecuencia una calidad física y organoléptica excelente en sabor y aroma a chocolate, que el mercado exige (ARÉVALO, 2004).

2.3.1 Parámetros de calidad

Según Romero Trading (2009), los parámetros de control son los siguientes. Ver CUADRO 1.

2.3.2 Pruebas sensoriales para la calidad de los granos de cacao.

Se realizan a través de los sentidos de la vista, olfato, gusto y el tacto. La vista es el primero en evaluar cuando el cacao llega al centro de acopio. Se observa la apariencia general, el color e hinchamiento del grano. A través del

tacto se procede a presionar algunos granos, esto nos da un indicativo del grado de humedad. El grano se corta para determinar el aroma y el gusto, con la finalidad de evaluar la fermentación. . (ACEBEY, G. y RODRIGUEZ, A. 2002).

Cuadro 1. Parámetros de calidad de los granos de cacao

Parámetros	%
Fermento	Mínimo 80
Granos violetas	Máximo 15
Granos pizarrosos	Máximo 5
Hongos	Cero
Impurezas	Máximo 5
Calibre	100 granos en 100 gramos
Humedad	7.5 – 8.0
Características	Color, olor y sabor a chocolate

Fuente: ROMERO TRADING (2009).

2.3.3 Prueba de corte al grano.

Es la prueba y es el más importante para determinar la calidad comercial del cacao. Una vez cortadas los granos se determinan el porcentaje de granos total marrón que son aquellos que presentan una coloración chocolate y el cotiledón agrietado que indica una buena fermentación. (ACEBEY, G. y RODRIGUEZ, A. 2002).

2.4 Factores condicionantes de la calidad del licor de cacao

2.4.1 Aroma

Entre estos se pueden mencionar a la variedad del cacao que es difícil influenciarla sobre el aroma final, porque no se tratan nunca los cacaos en

condiciones idénticas de fermentación, secado y torrefactado. La fermentación y el secado son precursores de compuestos no volátiles como azúcares reductores, ácidos aminos libres, compuestos fenólicos y purinas; como también de compuestos volátiles, los que incluyen alcoholes y esterres en mayor cantidad (CROS, 1997).

BOULANGER *et al.*, (2006) indican que la composición del aroma del cacao depende de numerosos parámetros como la variedad, el terreno, el tratamiento poscosecha y el torrefactado.

El aroma a chocolate es el resultado de la acción sensorial de cerca de 500 compuestos volátiles. Aunque algunos de ellos ya están presentes en los granos frescos, la mayoría se forman durante los procesos de fermentación, secado y tostado. La fermentación insuficiente y en el peor de los casos la ausencia de fermentación, influyen negativamente sobre la calidad sensorial del cacao, limitando seriamente la expresión de los diferentes compuestos que forman la fase aromática (AMORES *et al.*, 2006).

Los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los esterres que originan un sabor a fruta. Así mismo el grado de astringencia del chocolate está determinado por los compuestos polifenólicos y el amargor por las purinas: cafeína y teobromina. Finalmente el complejo polipéptidos-fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor a miel y nuez (PORTILLO *et al.*, 2006).

2.4.2 Torrefacción.

El desarrollo del aroma del cacao de origen térmico es un fenómeno complejo que depende de los parámetros de tostadura, pero también de la composición química del grano (CROS, 1997).

NAZARUDDIN *et al.*, (2006); indican que la mejor temperatura en la torrefacción de los granos de cacao es de 150 °C durante 30 minutos, la cual dio características en tasa como astringencia mínima, al mismo tiempo amargor mínimo y bajos sabores ácidos y quemados en comparación con otros tratamientos.

Los granos de cacao se tuestan para desarrollar el aroma original del cacao que existe en forma de precursores generados durante el proceso de fermentación y secado de los mismos. Durante la torrefacción de los granos de cacao fermentados, numerosos cambios físicos y químicos tienen lugar:

- Pérdida de la cáscara de los granos.
- Pérdida de la humedad de los granos de cacao hasta un contenido final del 2%.
- Los granos se vuelven más frágiles y generalmente más oscuros de color.
- Reducción del número de microorganismos presentes en los granos de cacao.
- Desnaturalización proteica.
- Reacción de Maillard entre grupos amino y grupos carbonilo de azúcares.

- Pérdidas de ácidos volátiles y otras sustancias que contribuyen a la acidez y amargor en el cacao.

El tiempo, temperatura y humedad utilizados durante el proceso de tostado dependen del tipo de grano y de la clase de chocolate o producto final que se quiera elaborar. Los cambios físicos y químicos que ocurren durante el tostado del cacao están relacionados con el tiempo y la temperatura del tostado, y también, con el grado de humedad que se elimine (AWUA, 2002).

2.4.3 Genotipo

Es posible poner de relieve la influencia del genotipo al comparar las fracciones volátiles de los distintos cacaos (CROS, 1997).

2.4.4 Calidad química del cacao criollo

Según PÉREZ (2006), se refiere a los contenidos, de materia grasa, proteína, polifenoles, índice de saponificación, características de ácidos grasos y otros, que se encuentran dentro de la almendra y que varían de un tipo genético de cacao a otro.

2.4.5 Calidad organoléptica del cacao criollo

Según PÉREZ (2006), este tipo de calidad está determinada por la herencia genética de los cultivares o tipos de cacao y para determinarla intervienen los sentidos del olfato y del gusto.

En el cuadro 2 se indica el efecto de la fermentación y el secado en el sabor del licor de cacao.

Cuadro 2. Efecto de la fermentación y el secado en el sabor de cacao.

Sabor	Efecto	Componentes involucrados
Amargo	Disminución	Metilxanthinas (teobromina)
Astringencia	Disminución	Componentes fenólicos
Acidez	Aumento	Ácidos volátiles
Aroma	Aumento considerable	Precursores (azúcares, aminas, péptidos) y compuestos fenólicos.

Fuente: Amores *et al.*, 2006.

2.5 Evaluación sensorial del licor de cacao

JIMÉNEZ (2006) indica que es una técnica reproducible para identificar y describir las características del grano de cacao para determinar sus atributos de la calidad sensorial como: sabor a cacao, acidez, astringencia, amargor, floral, frutal, nuez, tierra, moho y otros. 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.

2.5.1 Sabor a cacao

TENEDA (2016) menciona que durante la fermentación y la desecación se forman compuestos que durante el tostado reaccionan y dan origen al sabor y aroma característico del cacao, asimismo el desarrollo del sabor a cacao aumenta a medida que transcurre el tiempo de fermentación.

ROHAN y CONNEL (1964) mencionan que durante la fermentación y secado se forman los compuestos precursores de sabor y aroma como Alcoholes, aldehídos, ésteres, ketonas, furanos, piranos, pirazinas, piridinas, pirroles, fenoles, pirones y tiozoles que durante el tostado reaccionan

y dan origen característico al chocolate con sabor a cacao. Del mismo modo LUNA *et al.*, (2002) indica que, el desarrollo del sabor a cacao aumenta a medida que transcurre el tiempo de fermentación.

2.5.2 Acidez

PORTILLO *et al.* (2006) indican que la acidez se incrementa durante el fermentado, debido a que se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones, produciéndose una serie de reacciones que generan el sabor y aroma característico del cacao.

Durante la segunda fase de fermentación (fermentación anaeróbica), se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones, produciendo una serie de reacciones que generan el sabor y aroma característico del cacao. ROHSIUS *et al.*, (2009) señala que, el sabor final del cacao está influenciado directamente por el proceso de acidificación durante la fermentación del grano.

2.5.3 Astringencia

Según SOLORZANO (2015) la astringencia del chocolate, está determinado por los compuestos polifenólicos. Existiendo una correlación negativa con la astringencia, es decir que en la medida que transcurre el tiempo de fermentación, disminuye la astringencia de los granos.

LUNA *et al.*, (2002), manifiestan que la alta astringencia, está determinado por los compuestos polifenólicos, existiendo una correlación negativa con la astringencia, es decir que a medida que transcurre el tiempo de fermentación, disminuye la astringencia de los granos. La alta astringencia indica que los granos no han alcanzado el óptimo en el índice de fermentación.

También NOGALES *et al.*, (2006) indican que la astringencia disminuye conforme se incrementa el tiempo de fermentación.

2.5.4 Amargor

Según ADRIAZOLA (2003) los granos de cacao secos presentan su característica típica de amargor, lo que indica que está determinado por la presencia de cafeína y teobromina. Según DIAZ y PINOARGOTE (2012), describe un sabor fuerte y amargo, en respuesta a una falta de fermentación; se percibe en la parte posterior de la lengua o en la garganta, tiene referencia con el café, cerveza y toronja.

2.5.5 El sabor a frutal

CROSS y JEANJEAN (1995), manifiestan que el sabor a frutal predominante es debido a los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos que representan un sabor básico, los ésteres que originan un sabor a fruta manifiestan que los sabores frutales se concentran en zonas comprendidas entre 200 a 400 msnm. Asimismo CARRILLO (2011) indica que los ésteres son los que originan un sabor a fruta y que la intensidad del sabor a fruta disminuye en el tostado.

Según DIAZ y PINOARGOTE (2012), describe el sabor y aroma a fruta madura, combinado con notas dulzainas agradables. Se tiene como referencia: cualquier fruta seca madura, fruta cítrica madura y seca; ciruelas pasas. Además SANCHEZ (2007), menciona que los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los estereros originan un sabor a fruta.

2.5.6 El sabor a floral

Según SALVADOR (2008), el cacao producido en una altitud media concentra sabores frutales, existe mayor sabor a floral, debido al sabor propio del cacao agridulce, generado por su propia característica y por el entorno del ambiente que está en contacto con plantaciones de frutas cítricas.

Describe aroma a flores, con tonos perfumados, se tiene como referencia: lilas, violetas, flores de cítricos (DIAZ y PINOARGOTE, 2012).

2.5.7 El sabor a nuez

Para CROSS y JEANJEAN (1995), el sabor predominante a nuez se ha encontrado principalmente el complejo polipéptidos – fenoles y pirazinas, indican que los sabores a nuez se concentran en la zona alta de 400 a 800 msnm. Por su parte SOLORZANO *et al.* (2015) indica que las tonalidades de sabor a nuez de deben principalmente al complejo polipéptidos - fenoles y pirazinas El sabor predominante a nuez se ha encontrado principalmente el complejo polipéptidos - fenoles y pirazinas, indican que los sabores a nuez se concentran en la zona alta de 400 a 800 m.s.n.m, (CROSS y JEANJEAN, 1997). Según SANCHEZ (2007), se describe como un sabor similar a la nuez, característico de los cacaos tipo Criollos y Trinitarios.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La etapa de fermentación, secado y los análisis físicos como pH, ° Bx, acidez titulable, prueba de corte, prueba de flotación, peso de almendras; se realizaron en las instalaciones de la empresa Agroindustrias Makao Perú S.A.C ubicada en el Distrito de Pucacaca, Provincia de Villa Picota, región San Martín a 06° 50' 57.9" de latitud Sur y 76° 20' 28.3" de latitud Oeste, con una Humedad relativa de 82% y una precipitación pluvial de 1076 mm al año. La preparación del licor de cacao y evaluación sensorial se realizó con panelistas entrenados en el laboratorio de Control de Calidad del Instituto de Cultivos Tropicales – Tarapoto, San Martín.

3.2 Materia prima

El cacao criollo en fresco se obtuvieron de las parcelas de la empresa Agroindustrias Makao Perú S.A.C. y de algunos agricultores de la isla Falingawa a 283 msnm aproximadamente ubicado en el distrito de Pucacaca, Provincia de Villa Picota, región San Martín,

3.3 Materiales, equipos y reactivos

3.3.1 Materiales de laboratorio.

- Probetas de 50 mL, 100 mL, 250 mL y 1 L
- Matraz de 500 mL
- Vasos precipitados de 240 mL y 500 mL

- Pipetas de 2mL, 5mL y 10 mL
- Bureta de 25 mL
- Matraz Erlenmeyer de 125 mL

3.3.2 Materiales de proceso

- Termómetro
- Reloj
- Machetes sin filo
- Mazos de madera
- Palas de madera
- Rastrillos de madera
- Cajones fermentadores
- Sacos de yute
- Tarimas
- Molino marca RETSCH
- Conchadorma marca Lloveras.5 kg de capacidad

3.3.3 Equipos y materiales de laboratorio.

- Equipo extractor soxhlet de 100 ml
- Balanza de precisión marca Ohaus, modelo AP210S,
- Estufa.
- Guillotina para cortar granos de cacao
- Refractómetro tipo ABBE – Hungría, 0 a 100 °Bx
- pH- metro
- Descascarillador

3.3.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Fenolftaleína
- Agua destilada

3.4 Método de análisis.

3.4.1 Evaluación del análisis fisicoquímico del cacao en fermentación y cacao seco.

- **Medida de la temperatura de la masa de cacao**
Método PORTILLO *et al.*, (2006).
- **Análisis fisicoquímico**
 - Acidez, método 942.15 (AOAC, 1995).
 - Sólidos Solubles Totales (SST), método 945.80 (AOAC, 1997).
 - pH, método 970.21 (AOAC, 1995).
 - Evaluación física de los granos fermentados y secos
Prueba de corte para granos de cacao (NTP-ISO 1114:2016)

3.4.2 Evaluación del efecto del tiempo de drenaje y el tiempo óptimo de la primera remoción durante la fermentación basándose en las características fisicoquímicas, sensoriales del grano y licor de cacao.

- **Evaluación sensorial del licor de cacao**

La Evaluación sensorial se realizó utilizando el método de (APPCACAO, 2009) y (ZAMORA, 2007).

La evaluación sensorial se realizó con 03 catadores entrenados, donde se evaluaron las características organolépticas del grano seco y licor de cacao, luego fueron analizados por la técnica de análisis descriptivo de calidad (QDA), la escala de evaluación fue de 0 a 10., donde:

- 0 = ausente
- 1-3 = ligeramente presente
- 3-5 = moderadamente presente
- 5-7 = fuertemente presente
- 7-8 = muy fuerte
- 8-10 = intenso

3.5 Metodología experimental

3.5.1 Beneficio del cacao

Cosecha, selección y quiebra de mazorcas

Las mazorcas fueron cosechados en óptimo estado de madurez con tijeras de podar evitando daños en los cojines florales, la apertura o quiebra de las mazorcas se hizo con machetes sin filo y con mazos de madera, los granos se juntaron en baldes de plástico para llevarlas al proceso de fermentación.

Drenaje

Para la fermentación se siguió el siguiente procedimiento: En 9 sacos de malla de 80 cm de largo x 50 cm de ancho se adicionó 80 kg de cacao fresco, estos sacos fueron colgados en una viga de madera para el drenaje correspondiente. Se usó dos sacos con tiempo de drenaje de 0h, dos sacos con tiempo de drenaje de 2 h, dos sacos con tiempo de drenaje de 4h, dos sacos con tiempo de drenaje 6h y un saco testigo con tiempo de drenaje de 0h. Al finalizar

el tiempo de drenaje se pesó las cantidades de exudado de cacao de cada variable y se hicieron los primeros análisis de los granos frescos como °Bx, pH, acidez acética.

Fermentación

Se fermentó en cajones de madera de 0.60 m ancho x 0.60 m largo x 0.50 m alto y con perforaciones de 1 cm de diámetro para facilitar el drenaje de exudados restantes.

La primera remoción se hizo a las 20 h para los primeros 4 cajones con tiempos de 0h, 2h, 4h, 6h de drenaje, 40 h para los siguientes 4 cajones con tiempos de 0h, 2h, 4h, 6h de drenaje y 24 h para el último cajón testigo de 0h de drenaje. Las siguientes remociones se hicieron cada 24 horas hasta completar el proceso de fermentación.

Durante todo el proceso de fermentación se hicieron análisis de pH, °Bx, acidez titulable de los granos de cacao. La temperatura de fermentación se tomó a 10 cm del ras de la altura de la masa, al centro y a 10 cm del fondo del cajón fermentador. Asimismo se midió la temperatura ambiental.

Al finalizar el proceso de fermentación se pesaron las masas de cacao y luego se llevó para el secado correspondiente.

Secado

Concluido el tiempo de fermentación, se procedió al secado de las almendras en tendales de madera, con exposiciones graduales al ambiente. El primer día se colocó una capa de 5 cm aproximadamente por cuatro horas, el segundo día por seis horas y desde el tercer hasta el quinto día durante ocho horas diarias hasta obtener una humedad aproximada de 7 %.

Las almendras se removieron cada hora para facilitar el secado, durante el periodo de secado se hicieron análisis diarios de pH y Acidez titulable, además se tomó en cuenta la pérdida de peso diario para cada tratamiento.

3.5.2 Evaluación física de granos de cacao criollo.

Una vez obtenidas los granos de cacao con una humedad aproximada de 7%, se hizo los análisis físicos (pH, acidez titulable), peso de los granos, además se hizo la prueba de corte y flotación para cada uno de los tratamientos. Los granos secos de cada tratamiento.

3.5.3 Evaluación de acidez expresada en ácido acético

Se trituro los granos con la ayuda de un mortero y pilón, pesándose 5 g de muestra y se adicionó 45 mL de agua destilada, seguidamente se agita y se deja reposar por 10 minutos. Luego se tomó 10 mL del extracto filtrado y se transfirió a un matraz adicionándose 3 gotas de fenolftaleína al 0,1%, se tituló con solución de Hidróxido de Sodio 0,1 N. Se expresó el porcentaje de acidez en términos de ácido acético durante la fase fermentativa y secado solar gradual, hasta la humedad < 7,5 %. Según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez acética} = \frac{\text{Gasto de titulación} \times (\text{Normalidad}) \times (\text{mEq del ácido acético}) \times 100}{\text{Volumen de la muestra}}$$

3.5.4 Evaluación del pH

Para la determinación del pH, se usó el pH-metro previamente calibrado con solución buffer para titulación de los extractos del grano, por triplicado para cada tratamiento en fermentación y secado.

3.5.5 Evaluación de grados Brix

Se transfirió directamente el mucilago al lente del refractómetro y se hizo la lectura los °Brix a para cada tratamiento desde las 0 horas.

3.5.6 Método de análisis de temperatura del cacao criollo durante el proceso de fermentación

La temperatura se midió con un termómetro de mercurio, La temperatura de fermentación se tomó a 10 cm del ras de la altura de la masa, al centro y a 10 cm del fondo del cajón fermentador.

3.5.7 Método de análisis del índice de fermentación en granos secos en cada tratamiento

Según la (NTP-ISO 1114:2016)- Prueba de corte de granos de cacao, se tomó una muestra representativa granos de cacao seco (Humedad < 7,5 %), luego independientemente por el método de cuarteo se separó 100 granos para cada uno de los tratamientos y se realizó la prueba de corte con la guillotina, categorizando los granos bien fermentados, violeta (no fermentados), parcialmente violetas, pizarroso y/o mohoso, en función al color y grietas formadas en el interior de los granos.

3.5.8 Obtención de licor de cacao.

Para la obtención de licor de cacao a partir de granos fermentados secos, se describen a continuación.

Pesado.

Se pesó 200 g de granos de cacao seco en una balanza de capacidad máxima de 5000 g.

Tostado

Los granos secos se colocaron en una malla metálica para el tostado en estufa a 115°C/30 min.

Descascarillado.

El descascarillado se hizo manualmente con la finalidad de separar la cascarilla del cotiledón.

Molido

Para la molienda del cotiledón se usó un Molino marca RETSCH, la misma que se molió a una temperatura menor a 50°C, hasta obtener licor de cacao.

Conchado

Luego de la obtención del licor de cacao, se procedió a “conchar” en una conchadora de 5 Kg de cap. hasta alcanzar una fineza de 22 a 18 micras. A una temperatura no superior a los 60 °C.

Almacenamiento

El licor de cacao se atempero a 27°C en frascos de plástico para evitar perdida de aromas y se almacenó en refrigeración a 7° C por 01 día.

Atemperado

Se colocó la muestra en un Becker y se atempero en una estufa a 45°C con la finalidad de disolver la muestra.

3.6 Análisis estadístico

Para la evaluación de los resultados del diseño experimental se utilizó el modelo estadístico Diseño Completo al Azar (DCA) para los diferentes tipos de evaluación con arreglo factorial 4x2 y con tres repeticiones. El análisis estadístico se realizará con el software STATGRAPHICS Plus.

3.6.1 Análisis estadístico sensorial

Se realizó por la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con el software STATGRAPHICS Plus versión 5.1, 2004. . (BERLANGA y RUBIO, 2012).

3.6.2 Modelo estadístico

$Y_{ijk} = U + A_{ij} + E_{ijk}$, Donde:

Y_{ijk} = Resultado de la evaluación sensorial de pasta de cacao

U = Efecto de la Media

A_{ij} = Efecto del i -ésimo del Drenaje, a una tiempo de primera Remosion (R) j -ésima

E_{ijk} = Error experimental

Además, se efectuó la comparación de medias de los tratamientos con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Los valores para las pruebas de Kruskal Wallis son:

$K = 9$

$N = 27$

- La variable independiente :

Tiempo de drenaje ($D = 0h, 2h, 4h, 6 h$) a diferentes tiempo de primera Remoción ($R = 20h, 40 h$).

- La variable dependiente :

El resultado de la evaluación sensorial

$$T = \frac{1}{S^2} \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right]$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Evaluación de los sólidos solubles totales (°Brix) del mucílago del cacao criollo durante la fermentación.

En la figura 8 y 9 se muestra la variación de los sólidos solubles del mucílago del cacao criollo durante todo el proceso de fermentación con los tiempos de drenaje (D) y frecuencia de remoción (R) respectivamente.

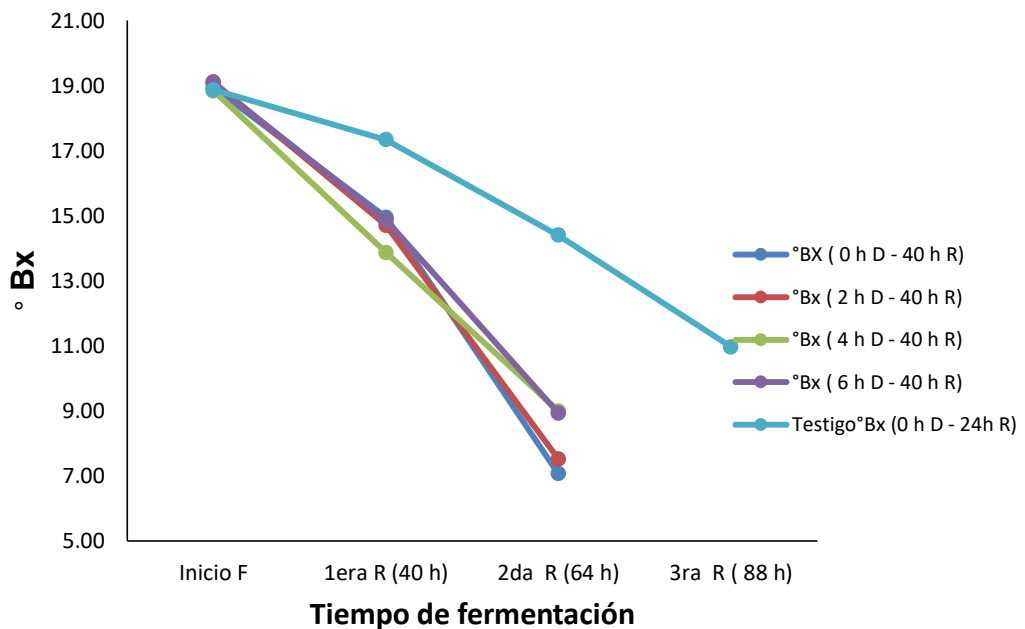


Figura 8. Variación del sólidos solubles totales (°Brix) durante la fermentación, para una remoción inicial a 40 horas (D=Drenaje, R=Remosion).

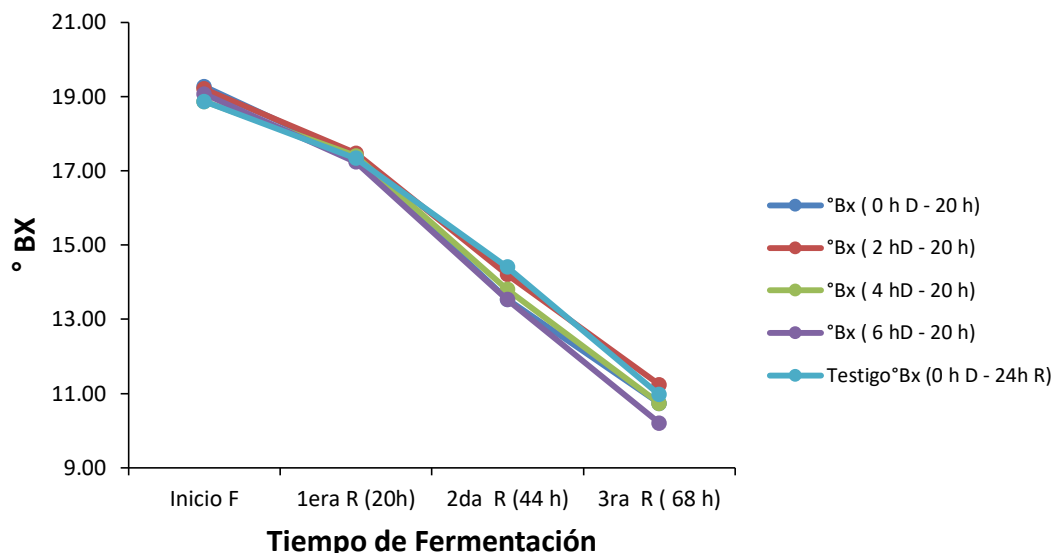


Figura 9. Variación de sólidos solubles totales (°Brix) durante la fermentación para una remoción inicial a 20 horas (D=Drenaje, R=Remosion).

Según la figura 8 y 9, la Variación de sólidos solubles totales (°Brix) del mucilago del cacao durante la fermentación de los granos de cacao criollo tienen un comportamiento descendente conforme transcurren los días; sin embargo los valores más bajos se obtuvieron cuando la primera remoción fue de 40 horas, esto se debe a que la fase anaeróbica es mucho mayor, favoreciendo así a la degradación de los azúcares del mucilago por acción de la levaduras.

Al respecto NATIVIDAD *et al.*, (2007), indican que la fermentación alcohólica es producida por los géneros *Sacharomyces sp.*, *Bitabacterium sp*, entre otras. Durante la primera fase de fermentación anaeróbica, los azúcares son transformados en alcohol. La fermentación alcohólica va reduciéndose conforme disminuye la cantidad de azúcares y entra

oxígeno a la masa conforme se remueve dando así inicio a la fermentación aeróbica.

Por su parte ABARCA (2010) reporta valores de Brix° en la pulpa más testa de cacao complejo nacional por trinitario del sector Taura 13,43 Brix° y del sector Cone 12,18 °Brix. Además ÁLVAREZ *et al.*, (2002) reportan valores de sólidos solubles en mucilago de cacao amelonado de Cumboto Ecuador 7,83 Brix° y cacao amelonado de Cuyagua 14,89 brix°; estos resultados nos permite aducir que la variabilidad de los sólidos solubles en las diferentes partes del grano de cacao está influenciado por el genotipo y lugar de procedencia de los granos.

4.2 Evaluación de la temperatura del cacao criollo durante la fermentación

La variación de la temperatura durante la fermentación con diferentes tiempos de drenaje y remoción se muestra en la figura 10 y 11 y en el Anexo 09 se muestra el análisis de varianza de la temperatura respecto al fermentado de cacao.

En las figuras 10 y 11 se muestra el incremento de temperatura alcanzando valores más altos cuando se hace un mayor tiempo de drenaje. Sin embargo en la figura 10 se puede observar que se tiene valores más altos de temperatura cuando se hace la primera remoción a las 40 horas en comparación con la figura 11 donde se tienen valores más bajos cuando se hace la primera remoción a las 20 horas.

AMORES *et al.* (2009) hace referencia que los primeros días de la fermentación la temperatura de la masa varía entre 45 y 50°C, una variación normal de este proceso. Luego desciende lentamente para volver a subir a 48 y 50°C. El embrión de la almendra muere cuando la temperatura llega a 45°C marcándose el inicio de los cambios bioquímicos que conducirán a la formación de precursores de sabor y aroma a chocolate. Con respecto al descenso de la temperatura puede ser explicado por SENANAYAKE *et al.*, (1995) quien hace referencia que el descenso de la temperatura de fermentación es ocasionado por la inactivación de la microflora predominante al alcanzar la temperatura valores cercanos a 40 °C.

PUZIAH *et al.*, (1998) hace referencia que la remoción de la masa de cacao beneficia la fermentación, afectando la temperatura del proceso, al aumentar la aeración de la masa y propiciar el desarrollo de los microorganismos aeróbicos, los cuales generaran reacciones exotérmicas causando aumento más rápido de la temperatura. Asimismo el aumento de la temperatura de fermentación, se da por el calor generado producto de la oxidación del etanol acetato y de la conversión del acetato a CO₂ y agua (CROS y JEANJEAN, 1995; SENANAYAKE *et al.*, 1995).

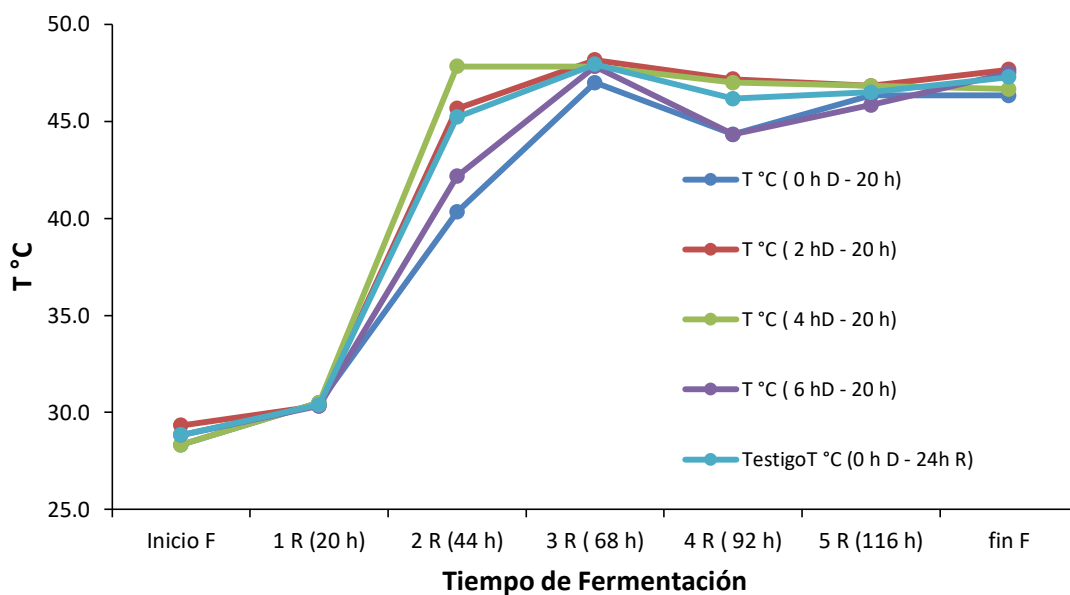


Figura 10. Variación de la temperatura durante la fermentación, para una remoción inicial a 40 horas. (D=Drenaje, R=Remosion)

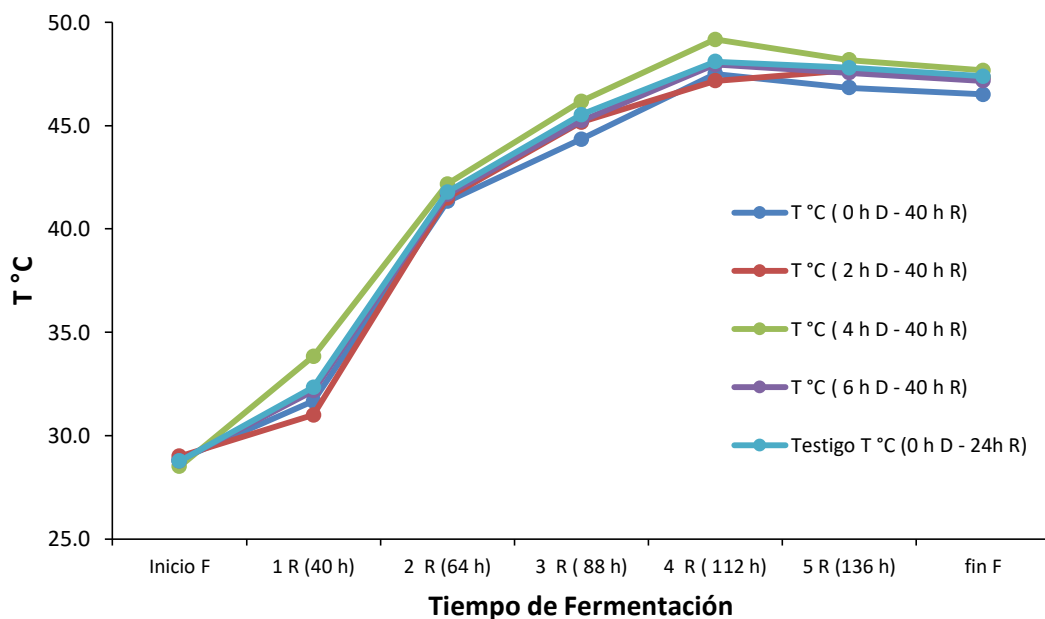


Figura 11. Variación de la temperatura durante la fermentación, para una remoción inicial a 20 horas. (D=Drenaje, R=Remosion)

Asimismo SEMIGLIA (1979) menciona que las temperaturas más altas se producen en la capa superior de la masa entre el segundo y tercer día a partir del inicio de la fermentación. Esta afirmación fue corroborada por SALTOS (2005) quien logro establecer una diferencia de 6°C entre la capa superior de la masa fermentante y la de capa inmediatamente inferior.

4.3 Evaluación del pH del cacao criollo durante la fermentación y secado.

En la figura 12 y 13, se muestra el comportamiento del pH, durante el proceso de fermentación de acuerdo a cada tratamiento, el Anexo 02 se muestra el análisis de varianza para el pH durante el fermentado de los granos de cacao, el Anexo 03 se muestra el análisis de varianza para el pH después del secado de los granos de cacao y en el Anexo 06 se observa el contraste múltiple para el pH según tipo de tratamientos para los granos de cacao, durante la fermentación y después del secado.

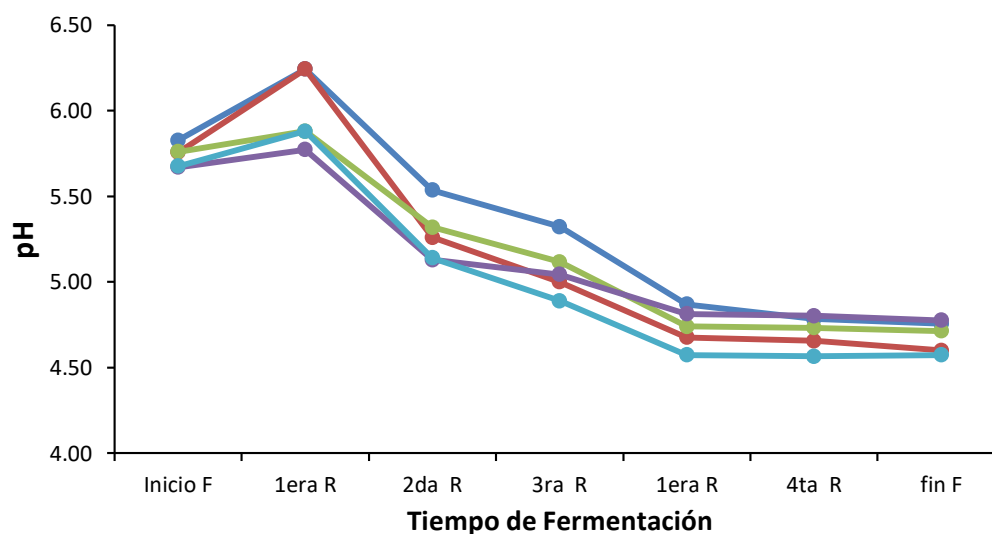


Figura 12. Variación del pH durante la fermentación, para una fermentación inicial a 40 horas. (D=Drenaje, R=Remosion)

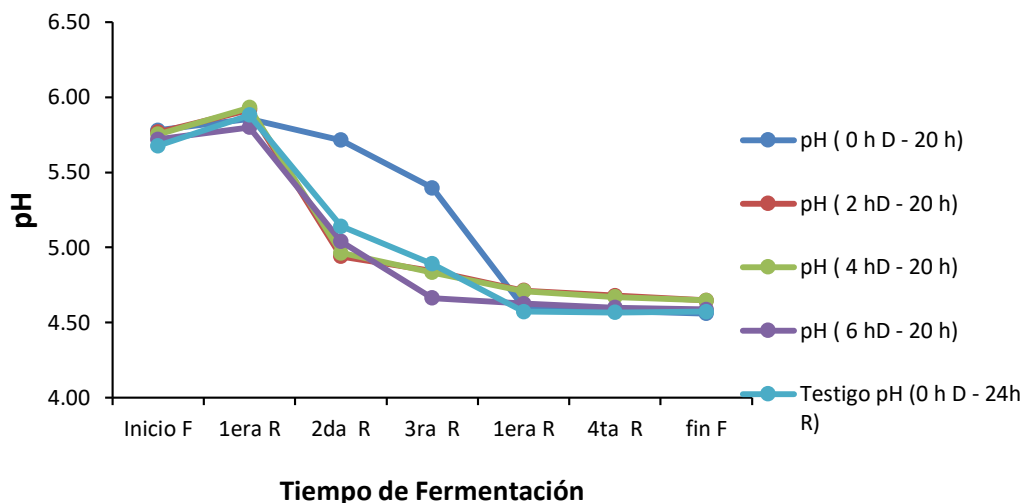


Figura 13. Variación del pH durante la fermentación para una fermentación inicial a 20 horas (D=Drenaje, R=Remosion).

4.4 Evaluación de la acidez titulable del cacao criollo durante la fermentación y secado.

En las figuras 14 y 15, se muestra el comportamiento de la acidez durante el proceso de fermentación y secado, en el Anexo 07 el análisis de varianza para él % Acidez durante el fermentado de los granos de cacao, en el Anexo 08, el análisis de varianza para el porcentaje de acidez después del secado de los granos de cacao y en el Anexo 10 el contraste múltiple para él % Acidez según tipo de tratamientos para los granos de cacao, durante la fermentación y después del secado. D= Drenaje y R= Remoción.

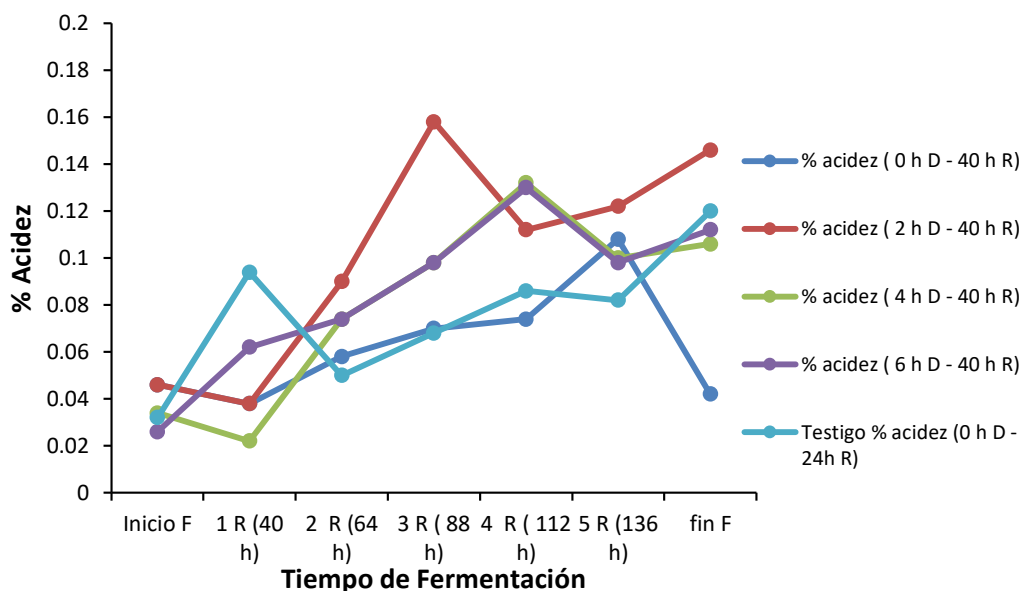


Figura 14. Variación de acidez titulable durante la fermentación, para una fermentación inicial a 40 horas. (D=Drenaje, R=Remosion)

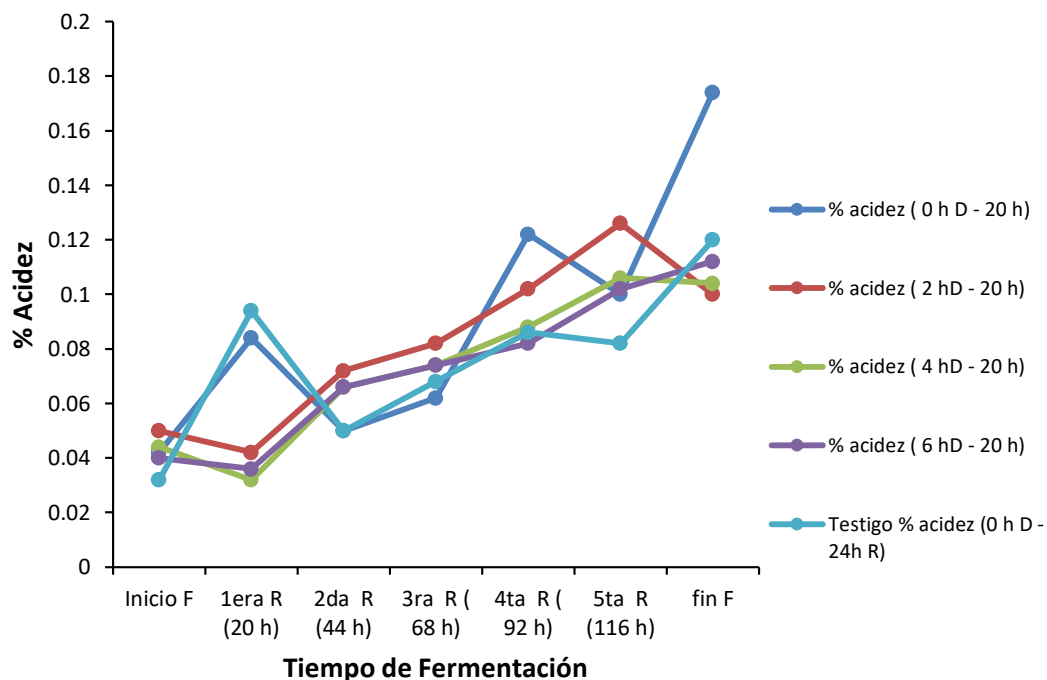


Figura 15. Variación de acidez titulable durante la fermentación, para una fermentación inicial a 20 horas. (D=Drenaje, R=Remosion)

4.5 Evaluación del índice de fermentación en granos secos del cacao criollo

En la figura 16 se muestra los niveles de fermentación, teniendo como promedios de índices fermentación para los tratamientos con 81.67 % y 78.67 %, respectivamente. Asimismo BRAVO (2011), en su trabajo de investigación , reporta valores de índice de fermentación $77,0\pm 1$ % y $83,0\pm 1$ % para granos con 0 y 72 horas de reposo de mazorcas respectivamente, previo al proceso de fermentación en cajones. De la misma forma CARRILLO (2011), reporta porcentaje de granos fermentados de $79,00\pm 1$ % y $89,00\pm 2$ % a las 168 y 192 horas de fermentación respectivamente, por el método de exposición solar gradual. Por su parte PORTILLO *et al.* (2005), en su investigación en cacao criollo porcelana fermentado en caja cuadrado y rectangular mencionan valores de índice de fermentación de 65,41% para los granos fermentados en caja cuadrada. ROHAN (1964), manifiesta que, los valores elevados de temperatura favorecen la buena fermentación de los granos alcanzando un alto índice de fermentación.

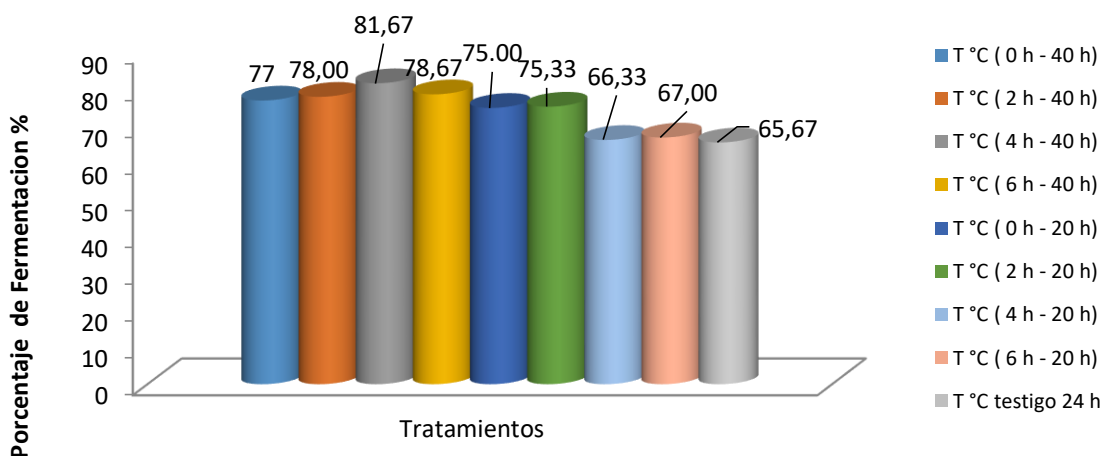


Figura 16.- Porcentaje de fermentación para cada uno de los tratamientos.

4.6 Evaluación del análisis sensorial del licor de cacao

En los cuadros 03, 04 y 05, se observan los valores del análisis sensorial con tres repeticiones. Asimismo en el Anexo 15 se ve el análisis de varianza para el análisis sensorial después del fermentado de los granos de cacao y el contraste múltiple para puntaje total del análisis sensorial según tipo de tratamientos para el licor de cacao (Anexo 22)

Cuadro 03. Resultados de evaluación sensorial del licor de cacao criollo

1era repetición.

Tratamiento	%	Acidez	Astringencia	Amargor	Frutal	Floral	Nuez	Crudo	Otros Sabores	Puntaje Total
Testigo (0 hD-24hR)	6	2	4	4	2	2	0	0	0	4
(0 hD - 20 hR)	4	1	3	3	3	2	0,5	0	0	4,5
(2HD-20h R)	4	2	3	4	1	2	0	0	0	2
(4HD - 20hR)	4	1	3	2	2	1	1	0	0	4
(6HD - 20hR)	4	2	2,5	2	3	2	0	0	0	6,5
(0 hD - 40 hR)	5	2	2	2	2	1	0,7	0	0	6,7
(2 hD - 40 hR)	6	1	2	2	2	2,5	1	0	0	8,5
(4 hD - 40 hR)	6	3	2	2	3	2,5	1	0	1	10,5
(6H - 40 hD)	5	2	2	2	3	2	0,3	0	0	8,3

Cuadro 04. Resultados de evaluación sensorial del licor de cacao criollo

2da repetición.

Tratamiento	%	Acidez	Astringencia	Amargor	Frutal	Floral	Nuez	Crudo	Otros Sabores	Puntaje Total
Testigo (0 hD-24hR)	6	2	4	4	1	2	0	0	0	4
(0 hD - 20 hR)	5	2	3	4	2	2	0,6	0	0	4,6
(2HD-20h R)	4	2	3	3	1	2	0	0	0	3
(4HD - 20hR)	4	2	3	2	2	1	1	0	0	5
(6HD - 20hR)	4	2	2,5	2	3	2	1	0	0	7,5
(0 hD - 40 hR)	5	2	2	2	1	2	0,7	0	0	6,7
(2 hD - 40 hR)	6	2	3	2	2	2	1	0	0	8
(4 hD - 40 hR)	6	3	2	2	3	2,5	1,2	0	1	10,7
(6H - 40 hD)	5	2	2	2	3	2	0,3	0	0	8,5

Cuadro 5. Resultados de evaluación sensorial del licor de cacao criollo 3ra repetición.

Tratamiento	%	Acidez	Astringencia	Amargor	Frutal	Floral	Nuez	Crudo	Otros Sabores	Puntaje Total
Testigo (0 hD-24hR)	6	2	3	4	2	2	0,3	0	0	5,3
(0 hD - 20 hR)	5	1	3	2	2	2	0,5	0	0	5,5
(2HD-20h R)	4	2	2	3	2	2	0	0	0	5
(4HD - 20hR)	4	1	3	2	2	1	1	0	0	4
(6HD - 20hR)	5	2	2,5	2	3	2	0	0	0	7,5
(0 hD - 40 hR)	6	2	2	2	1	1	0,8	0	0	6,8
(2 hD - 40 hR)	6	2	3	3	2	2,5	1	0	0	8,5
(4 hD - 40 hR)	6	3	2	2	3	2,6	1	0	1	10,6
(6H - 40 hD)	6	2	2	2	3	2	0,3	0	0	9,3

Se puede observar los valores para cada atributo que se detallan a continuación:

- **Sabor a cacao**

Para el atributo sabor a cacao se puede ver que los valores son similares en cada tratamiento.

Al respecto ROHAN (1964) menciona que durante la fermentación y la desecación se forman compuestos que durante el tostado reaccionan y dan origen al sabor y aroma característico del cacao. Por su parte LUNA *et al.* (2002) manifiestan que el desarrollo del sabor a cacao aumenta a medida que transcurre el tiempo de fermentación.

Además los tratamiento (2HD-20h R) y (4HD - 20hR), obtuvieron el valor más bajo de 4.

- **Sensación de astringencia**

Los valores más altos de astringencia se dio cuando el tratamiento fue de (0h D- 24h R). Además PORTILLO *et al.*, (2006) indican valores para este atributo en cacao criollo porcelana fermentado por 72 horas de 1,18. Según CROS y JEANJEAN (1995) la astringencia del chocolate, está determinado por los compuestos polifenólicos. Existiendo una correlación negativa con la astringencia, es decir que en la medida que transcurre el tiempo de fermentación, disminuye la astringencia de los granos, tal como lo indican LUNA *et al.*, (2002).

- **Sabor amargo**

El valor del alto se dio cuando el tratamiento fue de (0h D- 24h R) con 4, afectando el puntaje total de la evaluación sensorial.

Por su parte PORTILLO *et al.*, (2006) indica valores para este atributo en cacao criollo porcelana fermentado por 72 horas 2,52 y GONZÁLES *et al.*, (1999) indican valores de 0,5 para el cacao porcelana, 0,9 para el Mérida fermentado y 5,9 para el cacao Rio Caribe 5,9 para el atributo de amargor. El amargor está determinada por la purinas (cafeína y teobromina) (CROS y JEANJEAN, 1995).

- **Sabor a frutas**

Se observa que en las muestras (6h D- 20h R) , (04h D- 40h R) ,(6h D- 40h R) alcanzaron mayor puntaje con respecto a los otros tratamientos. PORTILLO *et al.*, (2006) mencionan que, para cacao criollo porcelana fermentado en caja cuadrada el puntaje de 1,12 para los granos fermentados en caja cuadrada. El sabor a fruta está dado por los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos que representan un sabor básico, los esterres que originan un sabor a fruta, como lo mencionan CROS y JEANJEAN (1995).

También SALVADOR *et al.*, (2008) manifiestan que los sabores frutales se concentran en zonas comprendidas entre 200 a 400 msnm. Asimismo ENRRIQUE *et al.*, (1982) señalan que valores elevados de sabor a fruta y floral son indicativos de suavidad y finura en el sabor del grano de cacao. Pero la intensidad del sabor a fruta disminuye en el tostado, como lo reportan CHANLIAU (1995), citado por CROS y JEANJEAN (1997).

- **Sabor a nuez**

Con respecto al nivel de sabor a nuez los valores mas altos fueron cuando los tratamientos fueron de (4h D- 40h R) y (6h D- 40hR) . Además SALVADOR *et al.*, (2008) indican que los sabores a nuez se concentran en la zona alta de 400 a 800 msnm.

Por su parte Cros (1997) citado por BRAVO (2011) indica que las tonalidades de sabor a nuez de deben principalmente al complejo polipéptidos - fenoles y pirazinas los cuales son resaltados con un buen tostado.

- **Puntaje Total**

El puntaje general se obtuvo de la suma de los atributos deseables menos lo atributos no deseados, según la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje total} = (\text{Sabor a cacao} + \text{Sabor ácido} + \text{Sabor a frutas} + \text{Sabor a floras} + \text{Sabor a nuez}) - (\text{Sensación de astringencia} + \text{Sabor amargo} + \text{Sabor a crudo/verde} + \text{Otros sabores})$$

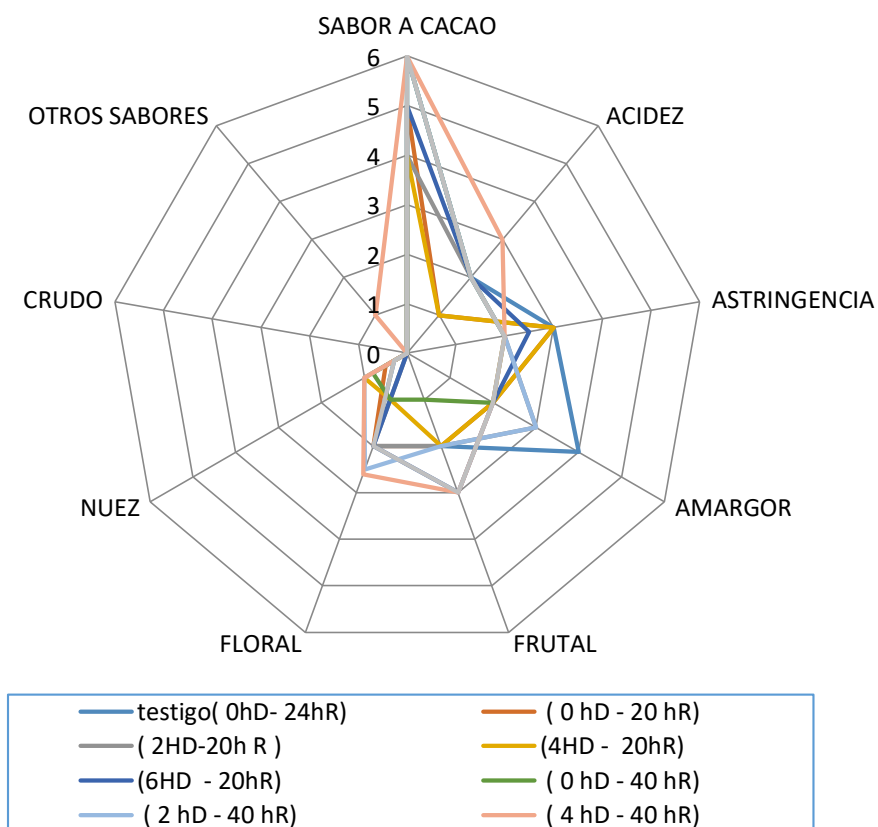


Figura 17. Perfil sensorial de los tratamientos con diferentes tiempos de drenaje y remoción.

V. CONCLUSIONES

- Del análisis fisicoquímico se obtiene que los granos con 04 horas de drenaje y 40 horas la primera remoción tienen el porcentaje de acidez de $0,11975 \pm 0,0355$ % , el pH de 5,13, teniendo en ambos casos diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos y una temperatura máxima alcanzada al cuarto día de fermentación de $49,2^{\circ}\text{C}$. Asimismo el mayor porcentaje de fermentación fue de 81,67% en tiempo de 04 horas de drenaje y 40 horas la primera remoción y el menor porcentaje de fermentación fue de 66,33 % en tiempo de 04 horas de drenaje y 20 horas de primera remoción, por lo que el drenaje y el tiempo de primera remoción influye en el porcentaje de fermentación.
- Del análisis sensorial el mejor tratamiento fue de 04 horas de drenaje y 40 horas de la primera remoción con un puntaje total de 10,6, además tiene mayores puntajes en atributo floral y nuez indicando que el tiempo óptimo de la primera remoción es 40 horas con un drenaje inicial de 04 horas.

VI. RECOMENDACIONES

- Para la fermentación de cacao realizar un drenaje de 04 horas y realizar la primera remoción a 40 horas porque según los resultados organolépticos tienen mayor puntaje.
- Dar valor agregado al exudado de cacao drenado porque son aproximadamente el 10 % del peso total y así poder tener mayores ingresos.
- Hacer recuento microscópico de levaduras para cada tratamiento y evaluar la influencia en la fermentación.
- Realizar estudios comparativos de fermentación del cacao en diferentes lugares donde existe producción de cacao, debido que las condiciones edafoclimáticas influyen en los parámetros poscosecha.
- Realizar estudios comparativos con otras variedades cacao convencional u orgánico, poniendo énfasis en los de interés comercial o de mayor cultivo.

VII. ABSTRACT

The research was carried out in the installations of the Agroindustrias Makao Perú S.A.C. company. The analysis methods used were: checking the temperature of the cacao pulp (Portillo et al., 2006), the humidity (AOAC, 1995), acetic acidity (AOAC, 1995), pH (AOAC, 1995) and the physical evaluation of the fermented and dry beans (cutting test (NTP-ISO 1114:2016)). The operations for obtaining the cacao liquor were the following: weighing, toasting, shelling, grinding, agitating, storing and tempering. The statistical analysis was done using the completely randomized design (CRD; DCA in Spanish) with a factorial arrangement. The beans with four hours of drainage and forty hours for the first removal have the least percentage of acidity at $0.11975 \pm 0,0355$ %. Likewise, the greatest fermentation percentage was 81.67% at a time of four hours of drainage and forty hours for the first removal, this tells us that the time of the first removal influences the fermentation percentage. The highest temperature that was reached was 49.2°C in the upper part of the box on the fourth day of fermentation with four hours of drainage and forty hours for the first removal. For the sensory analysis, the best treatment was that of four hours of drainage and forty hours for the first removal with a total score of 10.6, moreover, it has the greatest scores in floral and nut attribute, indicating that the optimal time for the first removal is forty hours with an initial drainage of four hours.

Keywords: cacao, removal, drainage, fermentation

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEBEY, G. y RODRIGUEZ, A. 2002. Manual sobre el manejo poscosecha del cacao. Confederación Nacional de Cacaocultores Dominicanos CONACADO, Republica Dominicana. p. 57- 61.
- ADRIAZOLA, J. 2003. Producción del alimento de los dioses (*Theobroma cacao* L.) Universidad Nacional Agraria de a Selva. p. 6, 17, 65.
- AFOAKWA, E.; PATERSON, A.; FOWLER, M. y RYAN, A. 2008. Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *In: Crit. Rev. Food Sci.* 48(9):840-857.
- AGUILAR, H. 2017. Guía de buenas prácticas de poscosecha de cacao. Centro de Comunicación Agrícola, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Cortez, Honduras. 29 p.
- AMORES F., PALACIOS A., JIMENEZ J., ZHANG D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la Provincia de Esmeralda. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria. Ecuador. 119 p.
- ARCINIEGAS, A. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis, Magíster Scientiae. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 126 p.

- AREVALO, E. 2004. Cacao “Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana”. Editorial del Castillo. Chiclayo - Perú .p 115-128.
- ARGUELLO, O; MEJIA L. 2000. Variabilidad morfoagronómica de 59 árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santander. In Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao, Corpoica, 2004
- AWUA PK (2002). Cocoa processing and chocolate manufacture in Ghana. Essex. David Jamieson and Associates Press Inc.
- ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCTORES DE CACAO (APPCACAO). 2009. Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L) con potencial exportador. Managua. p 11-13.
- BENITO, P. 2014. Fundamentos de la Fermentación Alcohólica en la Vinificación. [En línea]:Urbinavinos, (<http://urbinavinos.blogspot.com/2014/11/fundamentos-de-la-fermentacion.html> ,10 Nov. 2014)
- BOULANGER R.; PORTILLO E.; ASSEMAT S.; CROS E. 2006. Composición y comparación de las habas frescas de cacao de tipo trinitario y criollo de Venezuela. 15e conferencia internacional sobre investigaciones del cacao. CIRAD-CP, Montpellier Cedex 5, Francia.
- BRAUDEAU. 1970. El cacao. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume. Barcelona. España. 304 p.

- BRAVO, H. 2011. Influencia del tiempo de reposo de las mazorcas y tipo de secado del cacao CCN-51 en la calidad física y organoléptica de los granos y lico. Tesis para optar el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María - Perú. 75 p.
- CARRILLO, B. 2011. Influencia del tiempo de fermentado y método de secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.) Clon CCN51. Tesis para optar el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María - Perú. 76 p.
- CONACADO. 2002. Manual sobre el manejo post cosecha del cacao. República Dominicana. 58 p.
- CRESPO DEL CAMPO, F. 1997. Cultivo y beneficio del cacao. 1ra Edición. Editorial el conejo. Guayaquil – Ecuador. 135 p.
- CROS, E., JEANJEAN, N. 1995. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Prantations, recherché, developpement*. 24:25-27.
- CROS, E., PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARINAS, L. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Universidad de Zulia – Venezuela. 9 p.
- CROS, E. 2000. Factores condicionantes de la calidad del cacao (en línea). CIRAD-CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. Consultado el 21 de septiembre del 2009. Disponible en: <http://www.redcacao.info.ve/memorias/html/02.html>.
- DÍAZ, G. & PINOARGOTE, M., 2012. Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de Cacao CCN-51 tratado

enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas, Guayaquil: Escuela Superior Politécnica de Litoral. Ecuador. 154 p.

GONZALES, F., ORTIZ L., GRAZIANI L .1999. Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de los cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) Universidad Central de Venezuela Facultad de Agronomía. p 159-171.

GIL, A. 2012. Estabilidad y actividad antioxidante de catequinas presentes en cacaos colombianos durante los procesos de pre e industrialización. Tesis, Mg. Ciencias farmacéuticas. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia. 119 p.

ICCO, 2009. Reporte anual 2008/2009. Londres- Inglaterra. 42 p.

JIMÉNEZ, J. 2006. Calidad sensorial de cacaos especiales. Seminario Taller Internacional: Producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales 21-23 Nov. 2006. Quevedo, Ecuador. 5 p.

LUNA, F.; CROUZILLAT, L.; CIROU; BUCHELI, P. 2002. Chemical composition and flavor of ecuatorian cocoa liquor. J. Agric. Food Chem. 50: 3527-3532.

MENDOZA, J. 2016. Fermentaciones. [En línea]: slideshare, (https://www.slideshare.net/JudithMendozaMichel1/fermentaciones-expo_diapositivas, 04 May. 2016).

NATIVIDAD, F. R. 2007. Manual de cultivo de cacao. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú .p. 124 - 127.

- NAZARUDINI, R and SENG, L. 2006. Effect of pulp preconditioning on the content of polyphenols in cocoa beans during fermentation. *Industrial Crops and Products*. 24:87-94.
- NOGALES, J., GRAZIANI DE FARIÑAS, L., ORTIZ DE BERTORELLI, L. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentados en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop.* 56(1): 5-20.
- PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARIÑAS, L y CROS, E. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Rev Fac. Agron. Caracas*. 23(1):1-9.
- PORTILLO, E., GRAZIANI DE FARIÑAS, L y CROS, E. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) UCV. Facultad de Agronomía. 9p.
- PUZIAH H., JINAP S., KHARIDAH M., ASBI A. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *J.sci. food agric.* 78:543-550.
- RAMOS. 2006. La fermentación, el secado y almacenamiento del cacao. In Taller Internacional de calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15-17 nov. / 2004, Quevedo – Ecuador). Memorias INAP. Quevedo, Ecuador, p. 1-8.

- ROHAN, T. ; CONNEL, M. 1964. The precursors of chocolate aroma: A study of the flavonoids and phenolic acids. *Journal of Food Science* 29 (4): 460-463.
- ROHSIUS, C., ELWERS, S., ZAMBRANO, A. 2009. Differences between the content of phenolic compounds in criollo, forastero and trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). *Eur Food Res Technol.* Hamburg, Germany. 229:937-948.
- ROMERO TRADING, 2009. Memoria Anual Grupo Romero. 73 p.
- SALVADOR, Y. 2008. Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agron. Trop.* 60(2): 211-219.
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). INFOAGRO (Servicio de Información Agroalimentaria). Cacao (en línea). Consultado el 18 de septiembre del 2009. Disponible en:http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Cacao/Ficha_Tecnica_G.pdf.
- SALTOS A. 2005. Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del “del complejo nacional x trinitario”. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 59 p.

- SALVADOR N., GUTIERREZ M. 2008. Mapeo de la calidad física y organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.). a nivel de la sub cuenca del rio bigote como estrategia de la inserción y posicionamientos en nichos del mercado de la asociación de pequeños productores de cacao de Piura. Primer informe. 13 p
- SÁNCHEZ, C.V.A. 2007. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L) para la selección de árboles con perfiles de árboles de interés comercial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias.
- SEMIGLIA C. 1979. Estudio de varios métodos de fermentación en diferentes zonas cacaoteras del ecuador. Tesis del Ing. agr. Universidad estatal de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 86p.
- SENANAYAKE M., JANSZ E., BUCKLE K., 1995. Effect of variety and location on optimum fermentation requirements of cocoa beans: An aid to fermentation on cottage scale. J. sci. Food. Agric. 6:461-465.
- SOLORZANO et al. 2015. Comparacion sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. Ciencia y Tecnología. 8(1): 37-47.
- TENEDA, W. 2016. Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao. Universidad Internacional de Andalucía. Ecuador. 138 p.
- VERDESOTO, P. 2009. Caracterización química preliminar de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los municipios de Omoa y La Masica, Honduras.

Proyecto Especial para optar el título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 66 p.

VIDAL, J. 2013. Efecto del aromatizado con hierba luisa (*Cymbopogon citratus* Staph) y cáscara de naranja (*citrus sinensis* L.) durante el fermentado y secado de cacao (*Theobroma cacao* L) CCN-51 en Industrias Mayo S.A. Tarapoto. Tesis para optar el grado de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNAS. Tingo María - Perú. 102 p

IX. ANEXOS

Anexo 1. Tratamientos de los granos de cacao criollo con diferentes tiempos de drenaje y remoción.

	1 saco	1 saco	1 saco	1 saco	1 saco	1 saco	1 saco	1 saco	1 saco
Tratamientos	0 h D 20 h R	2h D 20h R	4h D 20 h R	6h D 20 h R	0 h D 40 h R	2h D 40 h R	4h D 40 h R	6h D 40 h R	Testigo (0 h D 24 h R)
Peso inicial (Kg)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Peso después del drenaje (Kg)	80	70,5	70,5	71,2	80	71,75	71	71,4	80
Peso exudado cacao (Kg)	0	9,5	9,5	8,8	0	8,25	9	8,6	0
% exudado de cacao	0	11,88	11,88	11	0	10,31	11,25	10,75	0

D = Drenaje R =Remoción

Anexo 2. Análisis de varianza para el pH durante el fermentado de los granos de cacao.

Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
Efectos Principales					
A: Tratamientos	0,3249	1	0,3249	1,11	0,2943
B: Tiempo De Drenaje	1,33834	3	0,446112	1,52	0,2117
Interacciones					
AB	0,262706	3	0,0875685	0,30	0,8263
RESIDUOS	39,8709	136	0,293168		
Total (Corregido)	41,7968	143			

Anexo 3. Análisis de varianza para el pH después del secado de los granos de cacao.

Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
Efectos Principales					
A: Tratamientos	0,78120 4	1	0,781204	64,90	0,0000
B: Tiempo De Drenaje	0,15810 8	3	0,0527028	4,38	0,0064
Interacciones					
Ab	0,32262 1	3	0,10754	8,93	0,0000
Residuos	1,05927	88	0,0120371		
Total (Corregido)	2,3212	95			

Anexo 4. Análisis de varianza para el °Brix durante el fermentado de los granos de cacao.

Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
Efectos Principales					
A: Tratamientos	96,4931	1	96,4931	9,55	0,0032
B: Tiempo De Drenaje	0,927112	3	0,309037	0,03	0,9927
Interacciones					
AB	4,07738	3	1,35913	0,13	0,9391
Residuos	525,581	52	10,1073		
Total (Corregido)	626,89	59			

Anexo 5. Contraste múltiple para el °Brix durante el fermentado según tipo de tratamientos para los granos de cacao.

Tratamientos	°Brix	
Drenaje (Horas)	2	12,7056±3,511 ^a
	4	12,7058±2,999 ^a
	6	12,7778±3,1439 ^a
Remoción	R1	13,9528±2,7707 ^b
	R2	11,3642±3,3732 ^c

Anexo 6. Contraste múltiple para el pH según tipo de tratamientos para los granos de cacao, durante la fermentación y después del secado.

Tratamientos		pH	
		Durante el fermentado	Después del secado
Drenaje (Horas)	0	4,93167±0,5544 ^a	5,10042±0,1418 ^a
	2	4,97139±0,6941 ^a	5,10250±0,1810 ^a
	4	5,02139±0,4458 ^a	5,13625±0,1578 ^{ab}
	6	5,18500±0,4099 ^a	5,20083±0,1276 ^b
Remoción	R1	4,97986±0,4838 ^c	5,22521±0,5871 ^c
	R2	5,07486±0,5917 ^d	5,04479±0,1712 ^d

Anexo 7. Análisis de varianza para el % Acidez durante el fermentado de los granos de cacao.

Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
Efectos Principales					
A: Tratamientos	0,000676	1	0,000676	0,68	0,4125
B: Tiempo de Drenaje	0,006611	3	0,00220367	2,20	0,0906
Interacciones					
AB	0,018128	3	0,00604267	6,04	0,007
Residuos	0,136032	136	0,00100024		
Total (Corregido)	0,161447	143			

Anexo 8. Análisis de varianza para el porcentaje de acidez después del secado de los granos de cacao.

Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
Efectos Principales					
A: Tratamientos	0,0219615	1	0,0219615	61,74	0,0000
B: Tiempo De drenaje	0,0142095	3	0,047365	13,32	0,0000
Interacciones					
AB	0,0117615	3	0,0039205	11,02	0,0000
Residuos	0,031302	88	0,000355705		
Total (Corregido)	0,0792345	95			

Anexo 9. Análisis de varianza para Temperatura en la fermentación de cacao.

Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
Efectos Principales					
A: Medición	198,614	1 3	198,614	3,84	0,0509
B: Tiempo De Drenaje	149,991	2	49,997	0,97	0,4087
C :Tratamientos	296,821		148,411	2,87	0,0581
Residuos	19199,3	371	51,7502		
Total (corregido)	19199,3	371			

Anexo 10. Contraste múltiple para el % Acidez según tipo de tratamientos para los granos de cacao, durante la fermentación y después del secado.

Tratamientos		% Acidez	
		Durante el fermentado	Después del secado
Drenaje (Horas)	0	0,08133±0,0382 ^a	0,10850±0,02202 ^a
	2	0,08350±0,0363 ^b	0,09975±0,02658 ^a
	4	0,08717±0,0312 ^a	0,11975±0,03550 ^b
	6	0,09917±0,0259 ^{ab}	0,08650±0,01938 ^c
Remoción	R1	0,08575±0,0318 ^c	0,0885±0,014618 ^c
	R2	0,09008±0,0359 ^d	0,1187±0,031699 ^d

Anexo 11. Variación del pH, durante la fermentación para un tiempo de remoción inicial de 40 horas.

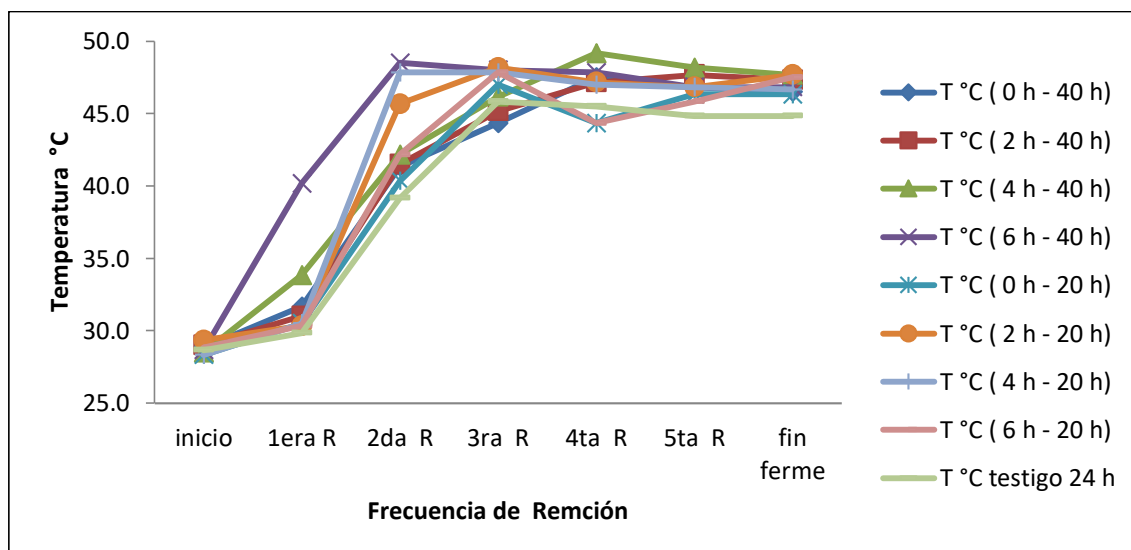
	Tiempo de fermentación				
	0 h	2 h	4 h	6 h	testigo 24 h
Inicio Ferm.	5,83	5,76	5,76	5,67	5,68
1 R	6,24	6,24	5,88	5,91	5,88
2 R	5,54	4,26	5,32	5,13	5,14
3 R	5,32	5,00	5,12	5,04	4,89
4 R	4,87	4,68	4,74	4,81	4,57
5 R	4,78	4,66	4,73	4,80	4,57
Fin Ferm.	4,76	4,60	4,71	4,78	4,57

Anexo 12. Variación del pH, durante la fermentación, para un tiempo de remoción inicial de 20 horas.

	Tiempo de fermentación				
	0 h	2 h	4 h	6 h	testigo 24 h
Inicio Ferm.	5,78	5,77	5,75	5,72	5,68
1 R	5,86	5,92	5,86	5,80	5,88
2 R	5,71	4,94	4,96	5,04	5,14
3 R	5,40	4,84	4,83	4,66	4,89
4 R	4,60	4,71	4,71	4,63	4,57
5 R	4,58	4,68	4,67	4,60	4,57
Fin Ferm.	4,56	4,65	4,65	4,59	4,57

Anexo 13. Temperatura (°C) alcanzada por cada tratamiento, en la parte superior del cajón.

Tiempo	Tratamientos								
	0 h 20 h	2 h 20 h	4 h 20 h	6 h 20 h	Testigo 24 h	0 h 40 h	2 h 40 h	4 h 40 h	6 h 40 h
Inicio Ferm.	28,3	29,3	28,3	28,8	28,7	28,8	29,0	28,5	28,7
1 R	30,5	30,3	30,5	30,3	29,8	31,7	31,0	33,8	40,2
2 R	40,3	45,7	47,8	42,2	39,2	41,3	41,5	42,2	48,5
3 R	47,0	48,2	47,8	47,8	45,8	44,3	45,2	46,2	48,0
4 R	44,3	47,2	47,0	44,3	45,5	47,5	47,2	49,2	47,8
5 R	46,3	46,8	46,8	45,8	44,8	46,8	47,7	48,2	46,8
Fin Ferm.	46,3	47,7	46,7	47,5	44,8	46,5	47,3	47,7	46,8



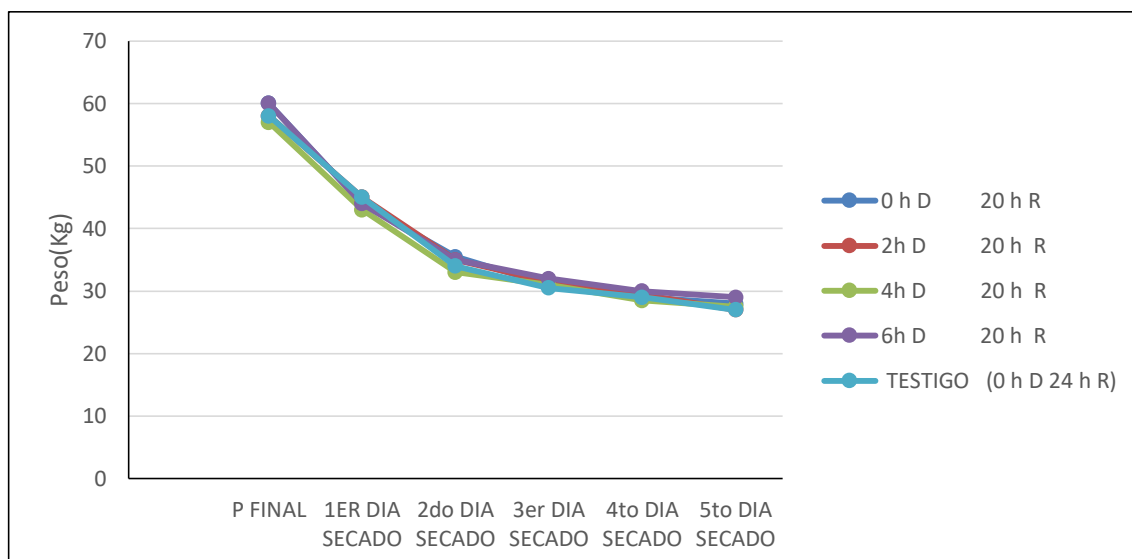
Anexo 14. Variación de la temperatura durante el proceso de fermentación del cacao criollo con diferentes tiempos de drenaje y remoción.

Anexo 15. Análisis de varianza para el análisis sensorial después del fermentado de los granos de cacao.

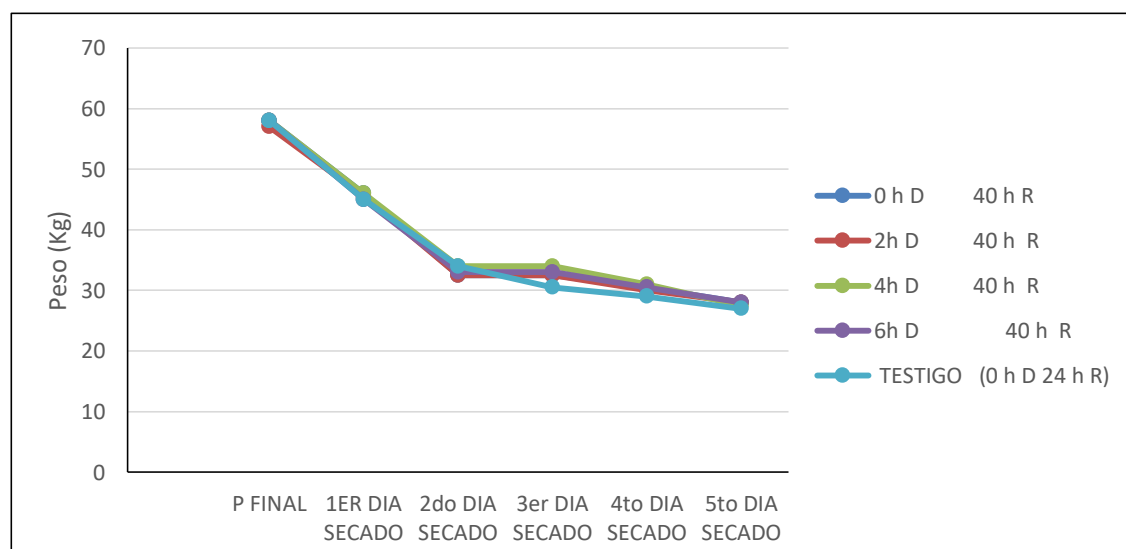
Fuente	SC	GL	CM	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	141,513	8	17,6892	37,52	0,0000
RESIDUOS					
	8,48667	18	0,471481		
TOTAL (CORREGIDO)	150,0	26			

Anexo 16. Pérdida de peso durante el secado.

Tratamientos	Tratamiento								Testigo (0 H D 24 H R)
	0 H D 20 H R	2h D 20 H R	4h D 20 H R	6h D 20 H R	0 H D 40 H R	2h D 40 H R	4h D 40 H R	6h D 40 H R	
Peso final después de la fermentación (Kg)	60	58	57	60	58	57	58	58	58
Peso final del primer día de secado (kg)	44	45	43	44	46	45,5	46	45	45
Peso final del segundo día de secado(kg)	35,5	35	33	35	32,5	32,5	34	33	34
Peso final del tercer día de secado(kg)	31	31,5	31	32	32,5	32,5	34	33	30,5
Peso final del cuarto día de secado(kg)	29	29,5	28,5	30	30,5	30	31	30,5	29
Peso final del quinto día de secado(kg)	28	27	27,5	29	28	28	27,5	28	27



Anexo 17. Curva de secado de los granos de cacao criollo con 0 horas de drenaje y una remoción inicial a las 20 h.



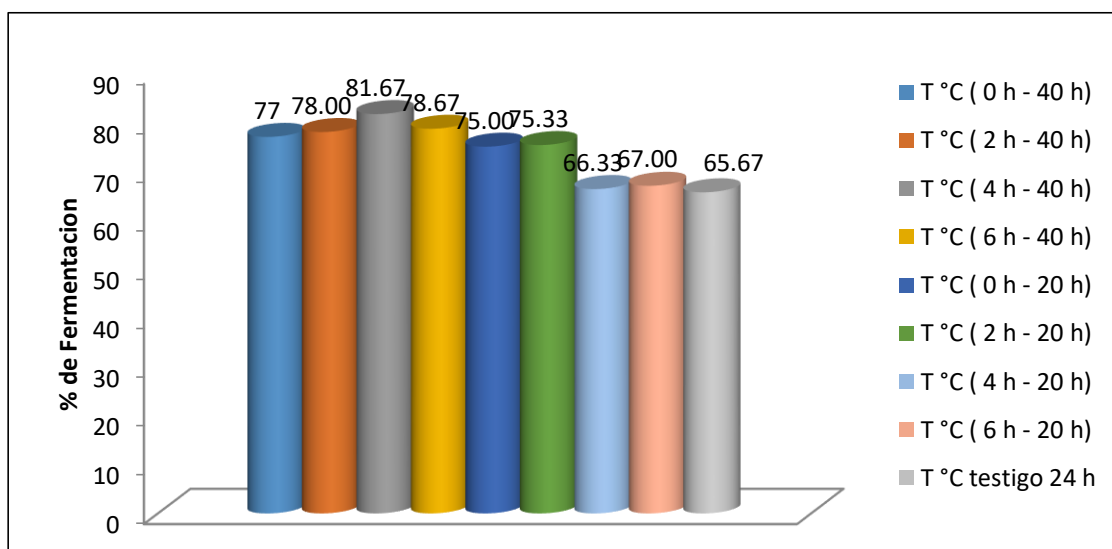
Anexo 18. Curva de secado de los granos de cacao criollo con 0 horas de drenaje y una remoción inicial a las 40 h.

Anexo 19. Pérdida de peso desde el inicio de fermentación hasta el final del secado

Peso (Kg)	0h-40 h	2h-40 h	4h-40h	6h-40 h	0h-20 h	2h-20 h	4h-20 h	6h-20 h	Testigo
									24 h
Inicio	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Después del drenaje	80	71,75	71	71,4	80	70,5	70,5	71,2	80
Fin de la fermentación	58	57	58	58	60	58	57	60	58
1er día de secado	46	45,5	46	45	44	45	43	44	45
2do día de secado	32,5	32,5	34	33	35,5	35	33	35	34
3er día de secado	32,5	32,5	34	33	31	31,5	31	32	3,5
4to día de secado	30,5	30	31	30,5	29	29,5	28,5	30	29
5to día de secado	28	28	27,5	28	28	27	27,5	29	27
Rendimiento por secado (%)	35	35	34,38	35	35	33,75	34,38	36,25	33,75

Anexo 20. Evaluación del porcentaje de fermentación

Tipo de grano	0h-40 h	2h-40 h	4h-40 h	6h-40 h	0h-20 h	2h-20 h	4h-20 h	6h-20 h	testigo
									24h
parcialmente violetas	30,0 ±1	36,0±1	26,0±1	32,0±1	36,7±0,58	37,3±1,15	44,7±2,52	52,7±1,53	47,3± 1,15
Violetas	4,7±0,58	1,3±1,15	4,0±1	4,0±0	5,3±0,58	3,3±0,58	1,3±1,15	1,3±1,15	4,7±1,53
Pizarrosos	3,3±0,58	2,7±0,58	1,3±0,58	1,3±0,58	1,3±0,58	2,7±0,58	10,0±2	5,3±0,58	6,0±0
Fermentados	62,0±2,0	60,0±1,73	68,7±1,53	32,0±0,58	56,7±1,15	56,7±2,08	44,0±2,65	40,7±0,58	42,0±1,73
Total % de fermentación	77	78	81,67	78,67	75	75,33	66,33	67	65,67



Anexo 21. Porcentaje (%) de fermentación para cada uno de los tratamientos.

Anexo 22. Contraste múltiple para puntaje total del análisis sensorial según tipo de tratamientos para los granos de después de la fermentación.

Tratamientos	Puntaje
(2 hD - 20 hR)	3,3333±1,5275 ^a
(4 hD - 20 hR)	4,3333±0,5774 ^{ab}
(0 hD - 24 hR)	4,4333±0,7506 ^{ab}
(0 hD - 20 hR)	4,8667±0,5508 ^b
(0 hD - 40 hR)	6,7333±0,0577 ^c
(6 hD - 20 hR)	7,1667±0,5774 ^{cd}
(2 hD - 40 hR)	8,3333±1,5275 ^{de}
(6 hD - 40 hR)	8,7000±0,5292 ^e
(4 hD - 40 hR)	10,6000±0,1000 ^f

Anexo 23. Compuestos volátiles identificados en el chocolate oscuro

Alcoholes	Linalool: Floral, frutal (suave) Feniletanol: Caramelo, dulce, miel
Aldehídos	Isobutanal: Chocolate 2-Metilbutanal: Chocolate 3-Metilbutanal: Chocolate Benzaldehido: Nuez Fenilacetaldehido: Floral, dulce, miel 2-Fenil-2-butanal: Cocoa, tostado
Ésteres	2-Feniletilacetateo: Miel, dulce Etil cinamato: Frutal, floral (bajo) Ácido acético: Vinagre, astringente
Pyridina	2-Metilpiridina: Caramelo, dulce
Furanos	Furfural: Caramelo, dulce Óxido de linalool: Frutal, floral 3-Fenilfuran: Cocoa, verde, nuez
Pirazinas	Metilpirazina: Nuez, verde 2,5-Dimetilpirazine: cacao, tostado Trimetilpirazina: Cacao, tostado 2-Etil-3-metilpirazina: Avellana, tostado 2-Ethenil-6-metilpirazina: Tostado, ahumado Tetrametilpirazine: Café con leche, tostado