



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTOS DE BIOCHAR COMO ENMIENDA EDÁFICA EN LA CALIDAD
SENSORIAL DEL CACAO CCN-51 EN EL SECTOR DE RÍO NEGRO

BALLADARES ORELLANA FRANCISCO JOSUE
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTOS DE BIOCHAR COMO ENMIENDA EDÁFICA EN LA
CALIDAD SENSORIAL DEL CACAO CCN-51 EN EL SECTOR DE
RÍO NEGRO

BALLADARES ORELLANA FRANCISCO JOSUE
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EFFECTOS DE BIOCHAR COMO ENMIENDA EDÁFICA EN LA CALIDAD
SENSORIAL DEL CACAO CCN-51 EN EL SECTOR DE RÍO NEGRO

BALLADARES ORELLANA FRANCISCO JOSUE
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 17 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

Tesis de grado FJBO

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

3%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 2%

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BALLADARES ORELLANA FRANCISCO JOSUE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTOS DE BIOCHAR COMO ENMIENDA EDÁFICA EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL CACAO CCN-51 EN EL SECTOR DE RÍO NEGRO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de diciembre de 2020

BALLADARES ORELLANA FRANCISCO JOSUE
0750499717

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico en primer lugar a Dios por darme las fuerzas necesarias para superar cada obstáculo que se presentaba en mi vida y por darme salud y vida a mí a todos mis seres queridos que de una u otra forma siempre logan iluminarme en cada momento y ayudarme a avanzar en cada camino y decisión que tomo en mi día a día como persona y como profesional.

A mis padres Marlene Orellana y Jorge Balladares por brindarme todo su amor y comprensión, por apoyarme y aconsejarme en toda mi vida como estudiante y como hijo al que supieron lograr fomentar los valores importantes que se necesitan para ser buena persona y buen trabajador, por estar ahí siempre en las buenas y en las malas a pesar de todas las dificultades que se aparecían o se presentaban en el camino siempre lograron enseñarme a cómo salir adelante en todo tipo de situaciones.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ingeniero José Quevedo por acogerme como su tesista, por su paciencia y conocimiento impartido como tutor y como profesor en la Universidad Técnica de Machala, por saber formar y moldear a los estudiantes en buenos profesionales y buenas personas.

Al productor Don Hermel Ramón por la ayuda recibida y por permitirme realizar mi trabajo de investigación en la finca de su propiedad, por la paciencia y por las facilidades de transporte con la que me ayudó por ciertos momentos.

Al Ingeniero Carlos Ramón y la Ingeniera Sonia Guachizaca por toda la ayuda y apoyo brindado durante todo el proceso de investigación tanto dentro como fuera de campo, por la hospitalidad brindada en sus hogares y por permitirnos sentirnos a gusto a mis compañeros y a mí en todo momento.

A mis compañeros y amigos Jimena Quito, Johanna Noles, Cesar Rodas y Dayse Farez por todo el esfuerzo y ayuda en campo en todo el proceso de mi trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos Johanna Camacho, Jefferson Rizzo, Diego Cobos, por brindarme su amistad, compañerismo y todo el apoyo tanto dentro como fuera de la Universidad.

EFFECTOS DE BIOCHAR COMO ENMIENDA EDÁFICA EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL CACAO CCN-51 EN EL SECTOR DE RIO NEGRO.

Autor:

Francisco Josué Balladares Orellana

Tutor:

Ing. José Nicasio Quevedo Guerrero

RESUMEN

El biochar es un producto rico en carbono que se lo obtiene mediante la descomposición de la materia orgánica a través del proceso de pirólisis, el biochar genera respuestas positivas al ser usado como enmienda edáfica en los suelos agrícolas, mejora las propiedades físicoquímicas del suelo y el comportamiento fisiológico de las plantas. El biochar favorece la producción y rendimientos de los cultivos y tiene un efecto positivo en el aumento en la calidad y peso de los frutos. Ecuador es considerado como el primer productor de cacao fino y de aroma con el 70% de la producción mundial, gracias a las condiciones ecogeográficas de nuestro país que permiten al cultivo expresar todas sus bondades en calidad, sabor y aroma. La existencia del cacao se remonta 2000 años atrás en Centroamérica, cultivado y producido por civilizaciones como los Mayas y Aztecas, aunque existen vestigios arqueológicos de variedades del *Theobroma cacao* subsp. Cacao que datan más de 5000 años encontradas en la zona del litoral y Amazonía del Ecuador. Actualmente el cacao tipo Nacional se encuentra en peligro de extinción ya que está siendo reemplazado por otros materiales más productivos, entre los que destaca el híbrido clonal CCN-51, por su resistencia a plagas y enfermedades y de gran productividad, clon que junto al desarrollo de nuevas técnicas de fermentación comenzó a ser uno de los más apetecidos y valorados a nivel mundial por su calidad y aroma. El objetivo principal de este trabajo fue determinar el efecto del biochar aplicado como enmienda edáfica solo y en combinación con otras enmiendas edáficas en la calidad sensorial del cacao CCN-51. Para este trabajo se aplicaron los tratamientos en diez plantas al azar por cada bloque, esto se desarrolló en la finca “Don Hermel” perteneciente al sector de Río Negro, las dosis de los tratamientos fueron: Biochar 100g+ Gallinaza 50g (T1), Biochar 100g+ Fossil Shell Agro 5g+ Gallinaza 50g (T2), Biochar 50g+ Fossil Shell Agro 10g+ Gallinaza 50g

(T3), Fossil Shell Agro 10g+ Gallinaza 50g (T4), Silicato de calcio 50g+ Gallinaza 50g (T5), Cal Agrícola 50g+ Biochar 50g+ Gallinaza 50g (T6) y Testigo sin dosis, luego de un mes de la última aplicación de los tratamientos, se cosechó las mazorcas sanas y maduras del cacao CCN-51, se realizó el quiebre de las mazorcas que fueron desganadas de forma manual, los granos fueron llevados directamente al fermentador. El método de fermentación usado fue el de cajón de madera a un solo nivel, el tiempo de duración del proceso de fermentación fue de 3 días con una remoción de masa diaria en un lapso de 24 horas. El proceso de secado se realizó en 7 días colocados en marquesinas de malla plástica expuesta al secado natural de los granos hasta obtener una humedad de 7 a 8%. Cuando los granos alcanzaron el porcentaje de humedad necesario fueron almacenados en fundas plásticas etiquetadas y separadas de cada tratamiento. Una vez fermentado y secado el cacao se tomó 100 granos al azar de cada tratamiento para determinar la prueba de corte donde se evaluó las propiedades físicas de los granos como índice de mazorca, índice de grano, porcentaje de cascarilla y porcentaje de fermentación. Para comparar los resultados de los tratamientos y testigo y poder obtener las medias entre las variables se utilizó el programa SPSS, donde se pudo determinar que el T3 obtuvo los valores más altos con relación al índice de mazorca y el segundo valor más alto en el índice de grano y porcentaje de cascarilla, en cambio el T6 obtuvo el valor más alto en el índice de grano y el T1 el valor más bajo y más aceptado en el porcentaje de cascarilla. En el porcentaje de fermentación buena el T4 fue el que mostró mejores resultados y el T3 obtuvo el valor más alto en el porcentaje de fermentación media. Con respecto a la calidad sensorial del licor de cacao, el T4 obtuvo el valor más alto en los sabores específicos en el análisis sensorial siendo este el mejor calificado seguido el T1.

PALABRAS CLAVE

biochar, enmienda edáfica, fermentación, secado, análisis sensorial, CCN-51

EFFECTS OF BIOCHAR AS AN EDAPHIC AMENDMENT IN THE SENSORY QUALITY OF CACAO CCN-51 IN THE SECTOR OF RIO NEGRO.

Author:

Francisco Josué Balladares Orellana

Tutor:

Ing. José Nicasio Quevedo Guerrero

ABSTRACT

Biochar is a product rich in carbon that is obtained by the decomposition of organic matter through the process of pyrolysis. Biochar generates positive responses when used as an edaphic amendment in agricultural soils, it improves the physicochemical properties of the soil and the physiological behavior of plants. Biochar promotes crop production and yields and has a positive effect on increasing fruit quality and weight. Ecuador is considered the first producer of fine and aromatic cocoa with 70% of world production, thanks to the eco-geographical conditions of our country that allow the crop to express all its goodness in quality, flavor and aroma. The existence of cocoa dates back 2000 years in Central América, cultivated and produced by civilizations such as the Mayans and Aztecs, although there are archaeological remains of varieties of *Theobroma cacao* subsp. Cocoa dating back more than 5000 years found in the coastal and Amazon area of Ecuador. Currently, the National type cocoa is in danger of extinction since it is being replaced by other more productive materials, among which the clonal hybrid CCN-51 stands out for its resistance to plagues and diseases and its great productivity. This clone, together with the development of new fermentation techniques, began to be one of the most desired and valued worldwide for its quality and aroma. The main objective of this work was to determine the effect of biochar applied as an edaphic amendment alone and in combination with other edaphic amendments on the sensory quality of CCN-51 cocoa. For this work, the treatments were applied in the plants at random for each block, this was developed in the farm "Don Hermel" belonging to the sector of Río Negro, the doses of the treatments were Biochar 100g+ Chicken Manure 50g (T1), Biochar 100g+ Fossil Shell Agro 5g+ Chicken Manure 50g (T2), Biochar 50g+ Fossil Shell Agro 10g+ Chicken Manure 50g (T3), Fossil Shell Agro 10g+ Chicken Manure 50g (T4), Calcium Silicate 50g+ Chicken Manure 50g (T5), Agricultural Lime 50g+ Biochar 50g+ Chicken Manure

50g (T6) and Control without doses, one month after the last application of the treatments, the healthy and ripe CCN-51 cocoa pods were harvested, the pods were broken by hand and the beans were taken directly to the fermenter. The fermentation method used was that of a single level wooden crate. The duration of the fermentation process was 3 days with a daily dough removal in a period of 24 hours. The drying process was carried out in 7 days placed in plastic mesh canopies exposed to the natural drying of the grains until a humidity of 7 to 8% was obtained. When the grains reached the required humidity percentage, they were stored in labelled plastic covers, separated from each treatment. Once the cocoa was fermented and dried, 100 beans were taken at random from each treatment to determine the cutting test where the physical properties of the beans were evaluated such as cob index, vean index, Shell percentage and fermentation percentage. In order to compare the results of the treatments and controls and to obtain the means between the variables, the SPSS program as used, where it was possible to determine that T3 obtained the highest values in relation to the ear index and the second highest value in the bean index and percentage of shell, while T6 obtained the highest value in the bean index and T1 the lowest and most accepted value in the percentage of shell. In the percentage of good fermentation, T4 showed the best results and T3 obtained the highest value in the percentage of medium fermentation. Regarding the sensory quality of the cocoa liquor, T4 obtained the highest value in the specific flavors in the sensory analysis, being this the best qualified followed by T1.

KEYWORDS

biochar, edaphic amendment, fermentation, drying, sensory analysis, CCN-51.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	17
1. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Objetivo General.....	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II.....	19
2. DESARROLLO	19
2.1 Biochar.....	19
2.2 Producción de biochar.....	20
2.2.1 Proceso de pirólisis.....	20
2.3 Biochar como enmienda en suelos agrícolas	21
2.4 Origen del cacao.....	22
2.5 Botánica y Taxonomía del cacao.....	22
2.5.1 Botánica	22
2.5.2 Taxonomía.....	22
2.6 Cacao CCN-51.....	23
2.7 Historia del cacao CCN-51.....	23
2.8 Características del cacao CCN-51.....	24
2.9 El cacao en el mundo	24
2.10 El cacao en el Ecuador.....	25
2.11 Beneficio del cacao.....	26
2.12 Cosecha o recolección de mazorcas	26
2.13 Fermentación del cacao.....	27
2.14 Métodos de fermentación	27
2.14.1 Fermentación en cajones de madera a un solo nivel	27
2.15 Factores que influyen en el proceso de fermentación	28
2.15.1 Temperatura.....	28
2.15.2 Volteo y remoción de granos.....	29
2.15.3 Microorganismos	29
2.16 Pautas para una buena fermentación.....	30
2.17 Secado.....	30
2.18 Tipos de secado.....	31
2.18.1 Secado natural.....	31
2.18.2 Secado artificial	32
2.19 Almacenamiento.....	32

2.20	Calidad física del grano	33
2.20.1	Índice de mazorca	33
2.20.2	Índice de grano.....	33
2.20.3	Porcentaje de cascarilla.....	33
2.20.4	Porcentaje de fermentación	34
2.20.5	Granos bien fermentados	34
2.20.6	Granos medianamente fermentados	34
2.20.7	Granos pizarrosos.....	34
2.20.8	Granos violetas	34
2.20.9	Granos mohosos	35
2.20.10	Granos infestados	35
2.20.11	Prueba de corte.....	35
2.21	Calidad Organoléptica del grano	36
2.21.1	Sabores básicos.....	36
2.21.2	Sabores específicos.....	36
2.21.3	Sabores adquiridos	37
2.21.4	Norma técnica para el control de calidad del grano de cacao en Ecuador	37
CAPÍTULO III.....		39
3. MATERIALES Y MÉTODOS		39
3.1 MATERIALES.....		39
3.1.1	Localización del estudio.....	39
3.1.2	Ubicación geográfica.....	39
3.1.3	Clima y ecología	40
3.1.4	Materiales de campo.....	40
3.1.5	Materiales de laboratorio.....	40
3.1.6	Variables analizadas	41
3.1.7	Tratamientos	41
3.2 METODOLOGÍA.....		41
3.2.1	Métodos.....	41
3.2.2	Diseño experimental.....	42
3.2.3	Características del diseño	42
3.2.4	Medición de las variables.....	43
CAPÍTULO IV.....		46
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
4.1	ANOVA de un factor.....	46
4.2	Porcentaje de Fermentación.....	46

4.3	Índice de Mazorca	48
4.4	Índice de grano.....	49
4.5	Porcentaje de Cascarilla	50
4.6	Porcentaje de Fermentación Buena	51
4.7	Porcentaje de Fermentación Media	52
4.8	Porcentaje de Fermentación de granos Pizarra	53
4.9	Porcentaje de Fermentación de granos Violeta.....	54
4.10	Porcentaje de Fermentación de granos Mohosos	55
4.11	Porcentaje de Fermentación de granos Infestados.....	56
4.12	Calidad Sensorial del licor de cacao.....	57
5.	CONCLUSIONES.....	60
6.	RECOMENDACIONES.....	61
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	62
8.	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biochar.....	17
Figura 2. Esquema del proceso de pirólisis.....	19
Figura 3. Promedio de producción mundial de cacao en grano 2014-2018.....	23
Figura 4. Promedios de exportación de cacao en Ecuador 2014-2018.....	24
Figura 5. Cajón de madera a un solo nivel.....	26
Figura 6. Secado natural de granos de cacao.....	29
Figura 7. Prueba de corte en granos de cacao.....	33
Figura 8. Plano correspondiente a la finca “Don Hermel” en el sector de Río Negro.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del cacao.....	21
Cuadro 2. Normas de calidad del cacao beneficiado en grano en Ecuador.....	36
Cuadro 3. Composición de la mezcla de dosis usados en los tratamientos.....	39
Cuadro 4. ANOVA de un factor.....	45
Cuadro 5. Comparación de los resultados del porcentaje de fermentación buena, media, pizarra, violeta, mohosa e infestado en cada tratamiento.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diferencias en el porcentaje de fermentación de los granos.....	47
Gráfico 2. Comparación de medias en el índice de mazorcas	48
Gráfico 3. Comparación de medias en el índice de grano.....	49
Gráfico 4. Comparación de medias en el porcentaje de cascarilla.....	50
Gráfico 5. Comparación de medias en el porcentaje de fermentación buena.....	51
Gráfico 6. Comparación de medias en el porcentaje de fermentación media.....	52
Gráfico 7. Comparación de medias en el porcentaje de fermentación pizarra.....	53
Gráfico 8. Comparación de medias en el porcentaje de fermentación violeta.....	54
Gráfico 9. Comparación de medias en el porcentaje de fermentación mohosa.....	55
Gráfico 10. Comparación de medias en el porcentaje de fermentación infestada.....	56
Gráfico 11. Resultados obtenidos en sabores básicos en el análisis sensorial.....	57
Gráfico 12. Resultados obtenidos en sabores específicos en el análisis sensorial.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de granos secos de cacao por el gado de fermentación.....	65
Anexo 2. Resultado de la catación del licor de cacao.....	66
Anexo 3. Índice mazorca, índice de grano y porcentaje de cascarilla obtenidos en los diferentes tratamientos.....	66
Anexo 4. Porcentaje de fermentación obtenido en los diferentes tratamientos.....	66
Anexo 5. Fotografías.....	67

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En Sudamérica. Ecuador es considerado como un país tradicionalmente agrícola, gran parte del desarrollo del país proviene de la producción de cultivos como el banano, cacao, café y flores. Ecuador es considerado como el primer productor de cacao fino y de aroma con el 70% de producción a nivel mundial, seguido por Indonesia que aporta con el 10% (Morales *et al*, 2018).

El cacao es una fruta tropical cuyos orígenes se remontan unos 2000 años en territorios que actualmente pertenecen a México, Guatemala y Honduras. En aquella época las civilizaciones que se asentaban en esas zonas como los Mayas y Aztecas se dedicaban a cultivar y producir cacao, que lo utilizaban como ingrediente en una bebida elaborada de sus frutos llamada “xocolatl”, creyendo ser una fuente de energía. Los trabajos arqueológicos recientes han demostrado que existen dos variedades del *Theobroma cacao* que tienen como origen Ecuador hace más de 5000 años, encontrados en las zonas del litoral y amazonía del Ecuador. (Velastegui, 2019).

Dentro de las diferentes variedades de cacao, encontramos el cacao CCN-51 de alta productividad y calidad, es un clon que fue desarrollado por el científico ecuatoriano Homero Castro Zurita, en el año de 1965, quién por iniciativa propia comenzó a trabajar en investigaciones de campo con materiales de diferentes genotipos de cacao buscando variedades nuevas y resistentes a moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) fruto de sus investigaciones teniendo como resultado el clon CCN-51, con resistencia a plagas y enfermedades como (monilia, la escoba de bruja, etc.). Este clon resaltó por su productividad, pero su sabor era más amargo de lo normal, motivo por el cual no era apetecido para la exportación. Con las investigaciones se determinó que el origen amargo en su sabor era causado por la inadecuada fermentación, por lo cual se desarrollaron nuevas técnicas para mejorar su calidad y comenzar a ser uno de los clones más apetecidos y valorados a nivel mundial. (Gómez, 2017).

El proceso de fermentación de los granos que da origen al sabor y color del chocolate como producto final se lo lleva a cabo con una duración de 3 días, pero que también depende del tipo de grano obtenido, estos granos pasan por el proceso de secado para reducir la humedad de un 60% a 7,5% por alguno de los varios métodos de secado para estar listos para el procesamiento respectivo a nivel local o nivel internacional. En

Ecuador solo el 10% de los granos de cacao son procesados a nivel local para obtener productos semielaborados como (licor, manteca, torta y polvo de cacao), el cacao sobrante es llevado con fines de exportación siendo el 1% transformado en chocolate en el país. (ESPOL, 2016).

El biochar obtenido del proceso de pirólisis térmica de la biomasa logra favorecer la producción de los cultivos para su exportación y consumo local, existen diversas alternativas para mejorar la productividad y rendimiento de los cultivos una de ellas es el uso de fuentes orgánicas que logren regenerar el suelo, mejorar las características físicoquímicas y aumentar la actividad microbiana. El biochar tiene un efecto positivo en el aumento en la calidad y peso de los frutos. (Nates, 2014)

A nivel mundial el sabor del cacao mantiene la industria de productos de cacao y del chocolate, por esta razón los granos fermentados y secos son los que logran desarrollar los precursores químicos que junto con la torrefacción logran transformarlo en el aroma y sabor que son típicos del cacao. En el cultivo de cacao la acidez, amargor y la astringencia son los sabores básicos del perfil sensorial del producto final como pasta de cacao y chocolate. Los perfiles sensoriales pueden incluir algunos aromas que pueden complementarse como floral, nuez, frutal, etc., que ayudan a potenciar y enriquecer las características sensoriales del cacao fino de aroma. La intensidad, interacción de los perfiles sensoriales están asociados a los componentes del sabor de los distintos orígenes y variedades del cacao. (Solórzano *et al*, 2015)

En base a lo expuesto anteriormente se plantearon los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo General

- Determinar el efecto del biochar aplicado como enmienda edáfica para mejorar la calidad sensorial del cacao CCN-51.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de la enmienda edáfica biochar frente a otras enmiendas edáficas en parámetros físicos de los granos secos de cacao CCN-51.
- Establecer el efecto del biochar en la calidad sensorial del licor de cacao CCN-51.

CAPÍTULO II

2. DESARROLLO

2.1 Biochar

El biochar es una enmienda edáfica o material muy rico en carbono, este producto se lo obtiene mediante la descomposición térmica llamada también “pirólisis”, este proceso se lleva a cabo a temperaturas de 400 y 600°C con un bajo suministro de oxígeno, debido a su estructura el biochar es más estable en forma química y biológica que la materia orgánica. En el biochar el carbono contenido siendo mineralizado de forma escasa a CO₂, aumenta las reservas de carbonos en el suelo a largo plazo gracias a que el biochar es la forma en la cual el carbono puede quedar secuestrado en el suelo por periodos largos. Se lo aplica al suelo con el fin de lograr mejorar sus propiedades junto con fertilizantes para lograr aumentar la producción vegetal ya que este biocarbón ayuda a aumentar y estimular la actividad microbiana del suelo y a regular el pH del mismo, así como el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo. (Gómez *et al*, 2016).

El biocarbón como también se lo conoce al biochar es el resultado de la descomposición térmica de los materiales orgánicos conocido como biomasa junto con el escaso suministro del oxígeno “pirólisis” a temperaturas bajas o inferiores a los 700°C para uso agrícola muy diferente al carbón para uso como combustible y al carbón activado. A nivel mundial la International Biochar Initiative o IBI es la que define al biochar o biocarbón como un material sólido que se obtiene por medio de una conversión termoquímica de biomasa en un ambiente limitado del oxígeno. (Escalante *et al*, 2016). Figura 1.



Figura 1: Biochar

Fuente: Autor

2.2 Producción de biochar

Para la producción de biochar se puede realizar mediante diversos procesos, primordialmente se toman en cuenta las tecnologías termoquímicas para poder transformar la biomasa en productos de energía renovable. Los procesos más utilizados son: pirólisis lenta, pirólisis rápida, pirólisis ultrarrápida y la gasificación. (Cuenca, 2019)

Citando a Guerra (2015), la biomasa se la puede transformar mediante tres procesos importantes estos son: 1. los procesos de conversión bioquímica a través de la acción de los microorganismos (producción de etanol a través de la fermentación alcohólica y digestión anaerobia para la producción de metano), 2. los procesos de la conversión termoquímica a través de la acción térmica (la combustión en condiciones con exceso de aire) y 3. Mediante los procesos de conversión físico-química (prensado y extracción para la producción de aceites vegetales). Aunque en la mayoría de los estudios realizados, la mayoría de las metodologías para la producción de biochar se han enfocado en el proceso de “pirólisis” y en menores grados en la “gasificación.”

2.2.1 Proceso de pirólisis

Según Olmo (2016), la pirólisis se define como un proceso termoquímico en el cual se involucra la descomposición de un material orgánico por el calor ejercido en un ambiente deficiente de oxígeno, para transformarlo en una mezcla de hidrocarburos, gases combustibles, residuos de carbón y de agua. Estas transformaciones físicas y también químicas son en sí complejas y dependientes de la naturaleza de la masa o biomasa inicial y de ciertas condiciones de pirólisis como: presión, temperatura y el tiempo de la resistencia del material en el reactor. Figura 2.

-Pirólisis lenta: Este es un proceso que también se lo conoce como “pirólisis convencional, la pirólisis lenta es aquella que se basa en una combustión parcial de la biomasa causada por el calentamiento uniforme y lento a temperaturas entre 300 a 450°C logrando al final del proceso el 40% de la biomasa original. (Marín *et al*, 2018).

-Pirólisis rápida: En la pirólisis rápida la biomasa se logra calentar rápidamente alcanzando temperatura máxima antes de la descomposición, con una temperatura máxima inferior a los 650°C o 800°C, logrando obtener del 60 a 70% líquidos, 15 a 25% sólidos y 10 a 15% gases no condensables que va a depender del tipo de materia prima a utilizar. (Ledesma, 2017).

-Pirólisis ultrarrápida: En la pirólisis ultrarrápida las temperaturas son moderadas de 400 a 600°C al igual que sus tasas de calentamiento con residencia de vapor usualmente menores a 2 segundos. Produce menos alquitrán y gas y con máximo rendimiento en productos aceitosos con un máximo rendimiento de 75 y 80%. (Escalante *et al*, 2016).

-Gasificación: En este proceso se somete la biomasa a altas temperaturas mayores a los 600°C casi sin oxígeno, los cuales se mantienen a niveles bajos para evitar una combustión, con este proceso la parte a base de carbono de los residuos sólidos se descompone en gas de síntesis y un remanente sólido llamado escoria, ceniza o residuo de carbón. (Tangi *et al*, 2017).



Figura 2: Esquema del proceso de pirólisis

Fuente: (Gómez *et al*, 2016)

2.3 Biochar como enmienda en suelos agrícolas

Según (Cely, 2016) el biochar como una enmienda orgánica ayuda a mejorar las propiedades físicas del suelo, como son la estructura y porosidad lo cual tendría un impacto directo con respecto al crecimiento de las plantas permitiéndoles penetrar a mayor profundidad sus raíces y con disponibilidad de agua y aire. En cambio, los efectos que están sobre las propiedades del suelo, funciones biológicas, desarrollo de los cultivos, están influenciados por diversas propiedades del biochar como su materia prima utilizada para producirla.

El biochar es una buena opción para el uso como enmienda edáfica en los suelos agrícolas, ya que ayuda a alterar las propiedades químicas como CIC, el pH, la disponibilidad de los nutrientes, ayuda a retener el nitrógeno soluble y a librarlo más lentamente que otros

productos como los productos inorgánicos logrando incrementar la eficiencia del N y la productividad de los cultivos, en el caso del C logra retenerlo en el suelo por largos periodos de tiempo. El biochar es una enmienda utilizada en el suelo para lograr mejorarlo en ciertas formas como elevando el pH, la CIC, los cationes intercambiables, además de la capacidad de retener el agua y ciertos nutrientes como N y P, ayuda con la disminución del Al y lo más importante en el incremento y productividad de los cultivos. (Díaz, 2017)

2.4 Origen del cacao

Tradicionalmente se ha mantenido la idea de que el punto de origen del cacao (*Theobroma cacao* L.) se encontraba en Mesoamérica entre los países de México, Guatemala y Honduras, en donde se lo ha usado hasta alrededor de 2000 años antes de Cristo, según estudios recientes han demostrado que hay una variedad de cacao que tiene como punto de origen en la alta Amazonía de Ecuador y que se lo ha utilizado por más de 5000 años, incluso mucho antes de la llegada de los españoles a las costas del Pacífico en donde se podían observar grandes árboles en la región costera. (Anecacao, 2015a).

2.5 Botánica y Taxonomía del cacao

Esta especie representa uno de los rubros más importantes del país ya que contribuye con el 5% de la producción mundial, como fuente económica sustentable para las familias y productores a nivel nacional, su botánica y clasificación taxonómica del cacao son las siguientes:

2.5.1 Botánica

El cacao pertenece a la familia Malvaceae y subfamilia Sterculioideae, comprendida en 22 especies en seis secciones. La distribución natural de este cultivo se extiende desde la cuenca del Amazonas en países como Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil y Venezuela, por el lado sur hasta la parte o región meridional de México. El cacao de la especie *Theobroma* son conocidos por ser árboles ramificados, hojas simples y de fruto o mazorca carnosos. Estas mazorcas se cultivan para la exportación en el mercado mundial ya que es muy apetecido por ser fino de aroma y excelente calidad, mientras que otras especies de *Theobroma* son cultivadas solo para el uso local. (Arvelo *et al*, 2017).

2.5.2 Taxonomía

El cacao al ser un cultivo tropical frutal le corresponde la siguiente taxonomía: Cuadro 1.

Cuadro 1: Taxonomía del cacao

TAXONOMÍA	
Reino:	<i>Plantae</i>
Tipo:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Malvales</i>
Familia:	<i>Sterculiaceae</i>
Género:	<i>Theobroma</i>
Especie:	<i>cacao</i> L.
Nombre Científico:	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: (Arvelo *et al*, 2017)

2.6 Cacao CCN-51

El cacao CCN-51 es un clon con origen ecuatoriano que el 22 de junio se lo declaró mediante un acuerdo ministerial como un bien de alta productividad. El Ministerio de Agricultura con esta declaratoria brindó y otorgó el apoyo necesario para lograr fomentar la producción de este clon, comercialización y su exportación. (Anecacao, 2015b).

El cacao CCN-51 es un clon que posee un mayor potencial en cuanto al rendimiento y resistencia a enfermedades causadas por hongos. En cuanto a la calidad, este puede llegar a tener buenas características sensoriales si el proceso de fermentación es el adecuado, este clon puede llegar a alcanzar un rendimiento de 4,000 kg de granos secos/hectárea bajo una exposición solar y alta densidad. Este clon posee un rendimiento más alto en comparación con el cacao criollo, con un buen manejo desde la siembra hasta el secado, este cacao es utilizado y apreciado para elaborar chocolate de calidad. (Carrión, 2012).

2.7 Historia del cacao CCN-51

Según Maldonado, (2016) después de varias investigaciones, el ingeniero ambateño Homero Castro en el año de 1965 logró obtener el denominado cacao clonal CCN-51 siglas que significa Colección Castro Naranjal. Castro investigó por años, desde 1952 las diferentes variedades del grano hasta obtener la del tipo 51, un clon que es tolerante a enfermedades, alta productividad y de buena calidad, apetecido a nivel mundial por ser fino, de aroma y producir un chocolate de calidad.

2.8 Características del cacao CCN-51

Dentro de las principales características del cacao CCN-51 tenemos: (Carrión, 2012).

- Este clon se destaca por su alta productividad, que puede llegar a superar los 2,300 kg (50 quintales de 45 kg) por hectárea en muchas haciendas.
- No necesita una polinización cruzada para su fructificación, debido a que es un clon compatible.
- Inicia su producción a los 24 meses debido a que es un clon precoz.
- Es tolerante a varias enfermedades como escoba de bruja y monilia.
- Es de crecimiento erecto y de baja altura, lo que facilita y abarata la mano de obra como poda y cosecha, etc.
- Es de excelente índice de mazorca (17.6 mazorcas/kilo) de cacao seco en comparación con el índice promedio de (24.6 mazorcas/kilo), e índice de grano 1.45 granos/grano seco y fermentado en comparación con el índice promedio de 1.2 granos/granos secos y fermentados.
- Posee un alto índice de grano por mazorca siendo de 45 granos, en comparación con el promedio normal de 36 granos por mazorca.
- Tiene una buena adaptabilidad a casi todas las zonas tropicales desde el nivel del mar hasta los 1000 m.
- Posee un porcentaje alto de manteca siendo este de 54%.
- El clonal CCN-51 es de primera calidad para la exportación.
- Es de excelente precio gracias a la calidad del grano y al alto contenido de manteca, siendo cotizado a nivel internacional.

2.9 El cacao en el mundo

La producción de cacao a nivel mundial ha superado los 4 millones de toneladas métricas de granos en cinco países (Ghana, Costa de Marfil, Camerún, Indonesia y Nigeria) que concentran el 84% de toda la producción mundial. África representa el 73% de la producción y del 64% de la superficie sembrada, en América contribuyen con el 17% de la producción mundial y el 17% del área sembrada, Asia y Oceanía con el 10% de producción y el 19% de la superficie sembrada. (Arvelo *et al*, 2016). Figura 3.

Según datos obtenidos, los principales países de exportación de cacao son Estados Unidos, México, Holanda y Alemania, países a los cuales se exporta cacao en grano como materia prima no industrializado, la suma de las exportaciones del chocolate y demás

preparados son de 3 mil millones de toneladas métricas concentradas en países de la Unión Europea llegando a ser del 75% y EE.UU con el 8%. Con este panorama que muestra el consumo de productos derivados del cacao a nivel mundial, se presenta una gran oportunidad para que Ecuador logre aumentar su producción en cacao fino y de aroma, manteniendo las leyes sanitarias de países importadores, consumidores y logrando intensificar el cultivo de cacao orgánico que tiene una mayor demanda por la tendencia al cuidado de la salud de los habitantes. (León *et al*, 2016).

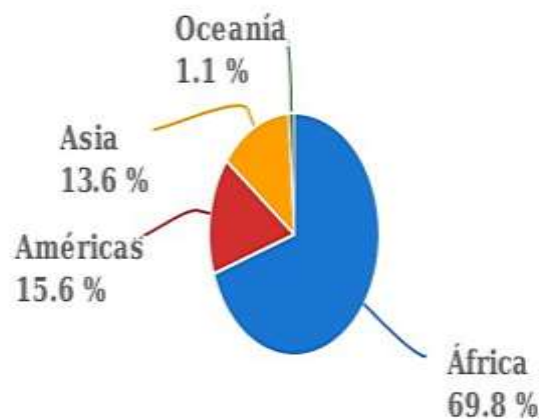


Figura 3: Promedio de producción mundial de cacao en grano 2014-2018

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

2.10 El cacao en el Ecuador

En Ecuador la producción de cacao está presente en 14 provincias, aproximadamente cerca del 80% de la producción se encuentra en la cuenca del río Guayas debido a la fertilidad de sus suelos. En la Amazonía en cambio se expresa un cacao de alta calidad el (E-28), en los últimos años las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos han incrementado las superficies sembradas de cacao llegando a cerca de 14.000 ha de cacao, del cual el 75% corresponde al cacao de tipo Nacional. (Vassallo, 2015).

Ecuador cuenta con más del 62% de la producción global de cacao fino de aroma, se destaca al ser el primer exportador de este producto a escala mundial, actualmente la cadena de valor de cacao en Ecuador es de gran importancia social y económica, contando con un área cultivada de 560.387 hectáreas involucrando alrededor de 150.000 familias productoras. (Ballesteros, 2018). Figura 4.

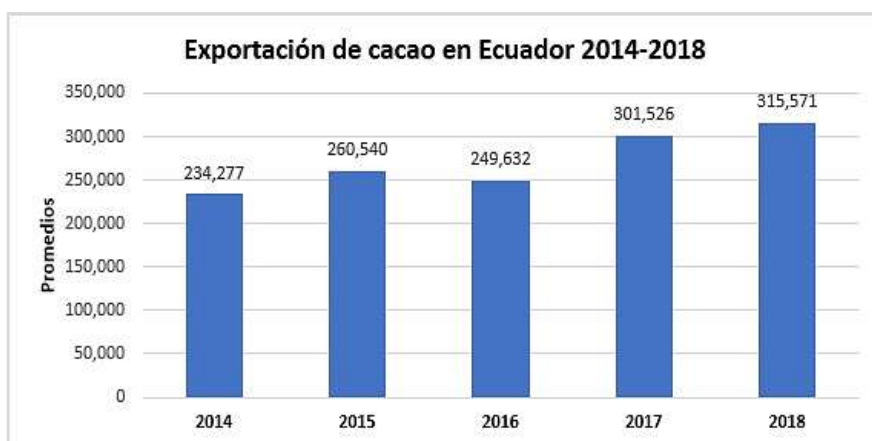


Figura 4: Promedios de exportación de cacao en Ecuador 2014-2018

Fuente: (Anecacao, 2020)

2.11 Beneficio del cacao

Según Cuenca, (2019) el beneficiado del cacao corresponde a todos los procesos a los que debe someterse tanto la mazorca como granos hasta llegar al resultado final, estos procesos corresponde a: cosecha de mazorcas, desgrane de mazorcas, fermentación de granos (3 días), secado de grano (7 días), clasificación, almacenamiento y traslado de granos ya sea al mercado nacional, local o para exportación como materia prima.

El beneficio o como se lo conoce también cura del cacao es el proceso que tiene su inicio con la cosecha o recolección de las mazorcas maduras y sanas, estas son llevadas al quiebre o desgrane del fruto, una vez abiertas son llevadas a cumplir con el proceso de fermentación, luego después de 3 días fermentadas o más dependiendo del tipo de cacao y tipo de fermentador son llevadas al proceso de secado que puede llevarse a cabo ya sea el secado al natural con la luz directa del sol por 7 a 10 días o en secado artificial de granos, finalmente se llevan los granos a la clasificación y almacenamiento. (Córdova, 2019).

2.12 Cosecha o recolección de mazorcas

En el cultivo de cacao, la cosecha inicia cuando la mazorca está madura, es decir cuando presenta un cambio de pigmentación de verde a amarillo o al rojo, amarillo anaranjado fuerte o pálido, lo que ocurre en un periodo de 5 a 6 meses, se debe realizar la cosecha solamente de frutos maduros, cada 15 días en épocas de cosecha y cada 20 o 25 días en épocas de baja producción. Se debe separar las mazorcas sanas y enfermas, se debe separar los frutos según el estado de madurez y tamaño. (Arvelo *et al*, 2017).

Para poder cosechar las mazorcas se necesita de herramientas fundamentales como la tijera para podar ya que esta herramienta no causa mucho daño a la mazorca ni a los cojinetes florales, se debe realizar un corte principal lo más cerca posible de la base de la mazorca. Al momento de cosechar se puede saber si la mazorca está madura cuando emiten un sonido hueco que se oye al momento de golpear la mazorca con los dedos, se debe evitar mezclar las mazorcas sanas con las enfermas ya que estas pueden proliferar enfermedades, evitando así una mala fermentación y menor cantidad de granos violeta, etc. (Jimenez, 2017).

2.13 Fermentación del cacao

En el cultivo de cacao el método de fermentación es una etapa importante en el procesamiento del grano, ya que este proceso produce cambios bioquímicos que dan origen a los característicos aromas y sabor del cacao lo que permite conocer su calidad física y organoléptica. Uno de los cambios en los granos con el proceso de fermentación es el color marrón a partir de compuestos fenólicos, lo cual es un indicativo de la fermentación, los precursores sensoriales como polifenoles, alcaloides y acidez volátil son indicadores de la calidad organoléptica del cacao. (Rivera *et al*, 2015).

Dentro del proceso de fermentación ocurren cambios en los granos que son producidos por factores que influyen en este proceso, la temperatura que desde las primeras 24 horas comienza a subir y bajar, el volteo de los granos de cacao que son necesarios para lograr una fermentación homogénea y permitir la aireación de las masas y los microorganismos que son los que se encargan de iniciar con dos fases importantes la fase anaeróbica y aeróbica. (Caminoverde, 2019).

2.14 Métodos de fermentación

Los métodos de fermentación varían mucho de zona en zona, algunos de los métodos usados para este proceso son: caja de madera, saco de yute, tinas plásticas y en montón.

Existen varios métodos de fermentación en el cacao y el utilizado en este trabajo de investigación fue el cajón de madera, descrito a continuación:

2.14.1 Fermentación en cajones de madera a un solo nivel

Este podría ser el método más conocido y usado al momento de realizar la fermentación del cacao, es construido con madera dulce y de diferentes medidas y dimensiones, estas deben de estar de 15 a 20 cm a la altura de suelo con orificios en el fondo en las bases

para permitir el exudado y la entrada de aireación dentro de la caja de madera, descansando sobre largueros separados del suelo a una altura de 0.10 cm, este método por cajas es de fácil uso para el productor. Con este método de fermentación la temperatura dentro de estas cajas puede llegar hasta 50°C. (Pava, 2016). Figura 5.



Figura 5: Cajón de madera a un solo nivel

Fuente: Autor

2.15 Factores que influyen en el proceso de fermentación

En el cacao existen diversos factores que influyen en el proceso de fermentación de cacao de los cuales los más importantes son la temperatura, volteo de granos y los microorganismos, descritos a continuación:

2.15.1 Temperatura

En la fermentación se desarrolla calor en consecuencia hay un incremento en la temperatura durante este proceso, en el transcurso de las primeras 24 horas aumenta la temperatura en más de 10°C hasta más de 30°C, durante los primeros días de iniciarse el proceso de fermentación la temperatura puede llegar a los 45-50°C, luego comienza a descender de forma lenta y sube nuevamente cuando se realiza la segunda remoción de masa hasta llegar al final a subir la temperatura hasta los 48-50°C para volver a disminuir una vez que ha concluido el proceso de fermentación del cacao. En el proceso de fermentación el embrión en el interior del grano muere esto debido a la temperatura, además de cambiar el pH por presencia del ácido acético que se ha difundido a través de la testa, la temperatura del grano llega a los 45°C marcando el inicio de los cambios bioquímicos que conducirán a la formación de los precursores que dan y originan el sabor y aroma a chocolate característico de los granos de cacao. (Erazo, 2019).

2.15.2 Volteo y remoción de granos

La remoción de masa generalmente va combinada con el tiempo del proceso de fermentación y el tipo de fermentación se esté realizando ya que entre mayor espacio para la fermentación de los granos la remoción de los mismos será más exigido. Si el volteo no se realiza o se lo hace de forma inadecuada dará como resultado una gran porción de masa de cacao sin fermentar y generaría un medio óptimo para la proliferación y propagación de moho y desecación de los granos encontrados en la superficie del montón, esto produciría una disminución de la calidad del grano. (Martínez, 2015).

Según Steinau, (2017) es recomendable realizar tres volteos, el primero se debe realizar a las 24 horas cuando se ha logrado alcanzar una temperatura de más de 30 a 35°C, el segundo volteo se realizaría a las 48 horas de haber iniciado la fermentación y el tercer y último volteo se realiza a las 72 horas. El volteo y remoción de granos debe realizarse según el tipo de cacao a las 24 horas en caso de cacao criollo y cada dos días en el caso de cacao forastero y trinitario evitando la proliferación de mohos y desecación de granos en la superficie, realizar la remoción diariamente permitiría un incremento más rápido de la temperatura, se tendría una fermentación más homogénea y de menor duración.

2.15.3 Microorganismos

El proceso de fermentación se divide en tres fases, primero en la fase inicial actúan las levaduras, siguiendo a la segunda fase se desarrollan las bacterias lácticas y al final en la tercera fase las bacterias acéticas. Dentro del proceso de fermentación de los granos de cacao son los microorganismos los que juegan un papel muy importante, esta intervención es de gran importancia ya que dan inicio a una sucesión microbiana como: levaduras-bacterias de ácido láctico-acetobacter, dándose en las primeras 48 horas la fermentación anaeróbica, donde las levaduras ayudan a metabolizar el azúcar en alcohol, esto proporciona una reacción exotérmica formando el ácido láctico, después interviene la fermentación aeróbica a partir del día 3 en adelante, donde junto con los volteos se genera el crecimiento de las bacterias acetobacter transformando el alcohol en ácido acético, produciendo nuevamente una reacción exotérmica, aumentando la temperatura y logrando penetrar en el grano de cacao para que se pueden producir los cambios que forman los precursores del sabor y aroma a chocolate. (Llerena *et al*, 2017).

2.16 Pautas para una buena fermentación

Para lograr llevar a cabo una buena fermentación y obtener granos de calidad con sabor y aroma a chocolate se deben seguir las siguientes indicaciones: (Fedecacao, 2015).

- Cosechar mazorcas maduras y sanas libres de enfermedades.
- No mezclar las mazorcas enfermas, inmaduros o sobre madurados con las mazorcas sanas.
- Separar las mazorcas de acuerdo al tipo de cacao ya que requieren diferentes tipos de fermentación.
- Dependiendo del tipo o método de fermentación se deben mantener limpios los fermentadores eliminando los restos de granos, insectos u hongos.
- Se debe programar la fermentación para lograr reunir la cantidad de mazorcas requeridas para lograr llenar el fermentador de forma rápida.
- Mantener en buen estado el fermentador para evitar pérdidas de calor, acumulamiento de líquido por el mal drenaje.
- Tener en cuenta el volteo o remoción de masa para permitir la aireación y fermentación homogénea.

2.17 Secado

El proceso de secado de cacao se lo realiza para entrega de cacao seco ya sea para el cumplimiento o requerimiento de la comercialización por ello se realiza este proceso para tratar de eliminar la humedad presente en estos, en el caso del cacao el secado debe estar hasta el 6.5% de humedad solicitado comercialmente, la cáscara es rica en pectinas y fibras que son naturales para el secado del cacao se lo debe de realizar evitando tostar el grano, se sabe que la cáscara del cacao posee micro-esporas por medio de las cuales el grano respira y absorbe aromas u olores, durante el secado del grano incluso en el almacenamiento los microorganismos aún continúan su labor por tanto la humedad presente en los granos es fundamental en este proceso. (Anecacao, 2020).

En el proceso de secado el nivel de humedad se reduce del 60% al 7% secados de manera uniforme, si el secado es menor al estimado esto haría que el grano se torne quebradizo y esto reduciría su calidad en cambio si el contenido de humedad es mayor se genera microorganismos que evitarían el desarrollo del aroma y sabor. En cambio, en la etapa de secado terminan todos los cambios bioquímicos que suceden en el proceso de

fermentación, se reduce la acidez y se consigue el aroma y sabor que caracteriza a los granos de cacao fermentados y secos. (Tenesaca, 2019).

2.18 Tipos de secado

El proceso de secado es esencial para la obtención de granos secos de aroma y buena calidad por ello se usan dos tipos de secado que se detallan a continuación:

2.18.1 Secado natural

El objetivo del secado es poder eliminar el exceso de humedad para lograr obtener el 7% de humedad interna, el secado puede durar de 6 a 10 días dependiendo del tipo de secado se esté realizando, en el caso del secado natural el primer día en que comienza el secado se debe de secar al sol en una capa gruesa de 3 hasta 5 cm, para el segundo día se continua con el secado al sol cambiando a una capa fina y con pases de rastrillo y en el tercer día en adelante se permite el sol de corrido con pases de rastrillos frecuentes para lograr un secado de granos uniforme. (Pérez, 2016). Figura 6.



Figura 6: Secado natural de granos de cacao

Fuente: Autor

El mejor secado para los granos de cacao es con la exposición directa del sol, aunque se pueden usar métodos artificiales, la superficie donde se coloca a secar el cacao no debe exceder el grosor de 5 cm para poder remover los granos con facilidad evitando que estos se quiebren, el volteo de la masa o granos de cacao debe ser diario y frecuente para lograr un secado homogéneo, se deben voltear los granos con utensilios de madera evitando las herramientas de metal, hay que evitar el humedecimiento de los granos protegiendo los contra la lluvia todo con el fin de lograr alcanzar el 7% de humedad en los granos en el proceso de secado. (Pérez *et al*, 2017).

2.18.2 Secado artificial

El secado artificial de granos es una opción que se utiliza en regiones o temporadas con lluvias frecuentes, en épocas pico de cosecha o fincas con terrenos extensos, todo lo que dificulte el secado natural de los granos. Para el secado artificial existen diversos tipos de secadoras mecánicas, pero normalmente se toma en cuenta el paso del aire seco caliente por la masa de granos normalmente de un quemador a gas. Es necesario instalar la fuente de calor lejos de la superficie donde se colocan los granos, minimizando así el peligro de contaminación de los granos con aromas desconocidos, en algunos casos se hace una combinación del secado artificial con el secado natural, se desaparece gran parte de la humedad de los granos con el método de secado natural y luego se suplementa con el secado artificial. En las máquinas secadoras se adquieren temperaturas mayores a 65°C que provocan la inhibición de la actividad enzimática donde se producen reacciones de oxidación que disminuyen el sabor amargo y astringencia del grano. (Romero, 2016).

2.19 Almacenamiento

Dentro del almacenamiento de los granos del cacao es necesario que se mantenga un ambiente anaerobio y las condiciones de humedad permitidas y no superiores al 7%, los granos se deben almacenar con el cumplimiento de la calidad permitida, se puede usar ventiladores para poder separar polvo y la cascarilla de los granos de cacao. Los granos deben ser colocados de forma apropiada en sacos limpios, fuertes y de materiales que no sean tóxicos. (Tenesaca, 2019).

Dentro de cada finca existe un espacio dedicado al almacenamiento de cacao, este espacio debe ser usado exclusivamente solo para el cacao y no se debe de permitir la presencia de animales, olores o sabores externos, estas bodegas de almacenamiento no deben tener un exceso de ventilación o grietas en sus paredes y siempre contando con el cumplimiento de las normas sanitarias. Los sacos llenos y amarrados no deben de colocarse en el piso o ser adosados en la pared sino más bien apilados en plataformas para su almacenamiento. El porcentaje de humedad interna de los granos debe ser de 7% tal como se determina en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 173. En el tiempo de almacenamiento y control de los granos se realizan muestras secas al 5 a 6% de los granos, para la evaluación de la calidad se determina un medidor de humedad en los granos para determinar los granos aglomerados, granos vanos, etc. (Pérez, 2016).

2.20 Calidad física del grano

Se basa principalmente en la parte externa del grano, mediante la clasificación que imponen los países compradores y fabricantes del chocolate a los granos de cacao en los que se podrían basar en su apariencia física como: moho, humedad, insectos, contenido de materiales extraños, sabor y aroma intrínseco de cada cacao ya sea variedad como también en genotipo. (Erazo, 2019).

La calidad del aroma en el grano está compuesta por una fracción constitutiva, desarrollada durante la fermentación, secado y por una fracción que está formada durante el tostado. La fermentación es la etapa clave para formación del aroma en el grano de cacao, este proceso lleva no solo a una profunda modificación del contenido de los compuestos implicados en el desarrollo del aroma de origen térmico, sino también en la formación de una fracción que es aromática de forma cualitativa y cuantitativamente importante. (Steinau, 2017).

2.20.1 Índice de mazorca

El índice de grano corresponde al número de mazorcas maduras y sanas que se necesitan para obtener 1 kg de cacao fermentado y seco, este índice o parámetro se lo calcula dos veces al año, en coincidencia con el pico de cosecha y es de gran importancia para poder determinar la cantidad de mazorcas que necesitamos para tener un kilo de cacao fermentado y seco. (Loor *et al*, 2015)

2.20.2 Índice de grano

El índice de grano es el peso de un grano fermentado y seco, si este índice es alto significa que los granos escogidos al azar poseen características de buen rendimiento anual lo cual es un indicador de un buen manejo en cuanto a los procesos de fermentación y secado de los granos. En Ecuador el índice de grano es de 1,26 granos, aunque se consideran aceptables valores de 1,2 granos en adelante.(Jiménez, 2017).

2.20.3 Porcentaje de cascarilla

En porcentaje de cascarilla, si son elevados se considera como una desventaja en la demanda de cacao, los granos tendrán un menor rendimiento en la calidad y el porcentaje de cascarilla varía de 6 a 16%. El rango óptimo de cascarilla en cuanto a la exportación de cacao a nivel mundial es de un 12 a 13%. (Quintana *et al*, 2015).

2.20.4 Porcentaje de fermentación

El porcentaje de fermentación depende del factor de temperatura que se logra alcanzar durante el proceso de fermentación para que se produzca la muerte del embrión y comience a desencadenar todas las reacciones bioquímicas tomando en cuenta la variación de la temperatura debido a las condiciones atmosféricas y variaciones del ambiente. Si la temperatura no se eleva adecuadamente no ocurre la muerte del embrión de forma rápida y el proceso de fermentación no se realiza totalmente, lo que daría como resultado granos violeta con sabor astringente y ácido. El rango óptimo de fermentación es un porcentaje mayor o igual al 60%, otros autores en cambio sugieren que el índice de fermentación debe ser mayor al 75%, siendo este porcentaje el valor mínimo requerido para que la industria se beneficie del sabor a cacao de los granos. (Morales *et al*, 2015).

2.20.5 Granos bien fermentados

Los granos bien fermentados son aquellos granos con un proceso de fermentación completa con cáscara o tegumento de color marrón, de color rojizo o pardo rojizo, la cáscara se desprende fácilmente del grano, poseen grietas en la parte interna y son granos crujientes, con olor y color característico al chocolate. (Fedecacao, 2015).

2.20.6 Granos medianamente fermentados

Estos son los granos con una fermentación incompleta, los cotiledones de estos granos presentan un color violeta o marrón violeta, de una estructura semicompacta, estos granos tienen una fermentación parcial con ácidos que no han penetrado, los cotiledones de estos granos son pocos compactos con la testa algo suelta. La calidad en cuanto al aroma y sabor es regular, pero aún es aprovechable para poder producir chocolate. (Steinau, 2017).

2.20.7 Granos pizarrosos

Son los granos de cacao sin fermentar o de mazorcas que no han llegado al grado de madurez necesario, poseen un color gris negruzco en su parte interna y de estructura completamente compacta. Se caracteriza porque pueden ser amargos y astringentes de intensidad alta. (Fedecacao, 2015).

2.20.8 Granos violetas

Los granos violetas son aquellos cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, son granos que no se han fermentado completamente por esta razón existe la presencia de

los ácidos procedentes de la pulpa. Estos granos no presentan hinchazón alguna y su apariencia interna es compacta, los granos desarrollan un sabor astringente y ácido. (Steinau, 2017).

2.20.9 Granos mohosos

Estos granos se producen por la fermentación de frutos enfermos, sobre-fermentación o cuando en el proceso de fermentación aparecen hongos sobre la masa de cacao, pueden producirse por la contaminación de las cajas, pilas o canastos donde se está llevando a cabo la fermentación de los granos, esto da como consecuencia que los granos pierdan su sabor y aroma característico y produzca un chocolate de mala calidad. (Fedecacao, 2015).

2.20.10 Granos infestados

Son aquellos granos de cacao en cuyo interior se detectan insectos en cualquier fase de desarrollo ya sean estos en huevos, larvas o insectos adultos. (Steinau, 2017).

2.20.11 Prueba de corte

La prueba de corte se realiza para poder evaluar la calidad de los granos de cacao, se debe seleccionar 100 granos de cacao al azar fermentados y secos, los cuales fueron cortados de forma longitudinal por la parte central con bisturí, navaja o gillet para lograr divisar su parte interna y lograr exponer la superficie de los cotiledones, se tomó en cuenta la siguiente clasificación: granos bien fermentados, granos medianamente fermentados, granos pizarrosos, granos violetas, granos mohosos y granos infestados. (Pava, 2016)

Figura 7.



Figura 7: Prueba de corte en granos de cacao

Fuente: Autor

2.21 Calidad Organoléptica del grano

Según Gonzáles *et al.*, (2014) la evaluación o análisis sensorial del cacao es una herramienta útil que permite evaluar, medir, analizar e interpretar la percepción de todos los atributos de un producto, mediante este análisis se pueden distinguir a los cacaos comunes de los finos de aroma, dentro de los parámetros que comprenden la calidad del cacao están el color, aroma y el sabor, el cacao fino de aroma se caracteriza porque su sabor a cacao se combina con otros sabores como floral, frutal, nuez, caramelo, etc. Dentro del análisis sensorial se pueden registrar tres tipos de sabores como: sabores básicos, específicos y adquiridos, descritos a continuación:

2.21.1 Sabores básicos

Astringente: Se debe a la falta de fermentación produce una sensación de sequedad en la boca y efecto de fruncimiento de labios provocando un aumento de la saliva percibida entre la lengua y el paladar o en la parte posterior de los dientes delanteros, hace referencia a las cáscaras de frutos secos crudos, cáscara de plátano y sabor de algunos vinos. (Caobisco, 2015).

Ácido: Se debe a un deficiente proceso de fermentación, presentan un sabor ácido persistente que son percibidos a los lados y en el centro de la lengua, hace referencia con el vinagre o frutas cítricas. (Zambrano, 2018).

Verde: Es característico de los granos que no han tenido una buena fermentación o un buen secado, este valor es producido por los granos violetas. (Zambrano, 2018)

Moho: Los granos con este tipo de sabor son producidos por una fermentación demasiado prolongada, un secado inadecuado o demasiado lento y por la absorción de la humedad durante el almacenamiento de los granos bajo condiciones adversas, se lo puede relacionar con el aroma a bosque, musgo o a pan viejo. (Caobisco, 2015)

2.21.2 Sabores específicos

Floral: Presenta un aroma y sabor agradable a flores, una característica del cacao fino de aroma, se podría comparar con flores de cítricos, lilas y violetas. (Zambrano, 2018).

Frutal: Posee un sabor a frutas maduras, dulce muy agradable se asemeja al sabor de las frutas secas maduras y a las ciruelas pasas. (Zambrano, 2018).

Cacao: Se describe al sabor típico de los granos que están bien fermentados, tostados y sin ningún defecto, el sabor hace referencia a barras de chocolate, cacao fermentado y tostado. (Caobisco, 2015).

Nuez: Característico de los granos que presentan un sabor y aroma a grano o a nuez. (Zambrano, 2018).

Caramelo: Describe una sensación cercana al azúcar y otros compuestos como edulcorantes sintéticos. (Zambrano, 2018)

Amargo: Son granos que presentan un sabor fuerte y amargo, se detecta en la parte posterior de la lengua y la garganta, producido por una falta o mala fermentación, este sabor hace referencia a la toronja, cerveza o café. (Zambrano, 2018)

2.21.3 Sabores adquiridos

Químico: Producido por licores contaminados por plaguicidas, desinfectantes, combustibles entre otros productos. (Caobisco, 2015)

Humo: Se debe a la contaminación por humo durante el proceso de secado mayormente en el secado artificial debido a combustibles inapropiados, al mal diseño, a la operación defectuosa o mantenimiento deficiente del secador. Este sabor se relaciona con el jamón y humo de madera. (Caobisco, 2015).

2.21.4 Norma técnica para el control de calidad del grano de cacao en Ecuador

En Ecuador se toma en cuenta las normas INEN para los requisitos de cacao en grano beneficiado, estos se detallan a continuación: (INEN, 2018)

- El porcentaje máximo de humedad debe ser de 7%.
- El cacao en grano no debe estar infestado.
- El porcentaje de cacao beneficiado defectuoso no debe exceder el 1% de granos partidos.
- Los granos de cacao no deben presentar olores y sabores a humo, moho, podrido o algún otro que se considere inapropiado.
- El cacao beneficiado debe acogerse a las normas establecidas por la FAO/OMS, en cuanto tiene que ver con los límites recomendados de plaguicidas, aflatoxinas y metales pesados.
- El cacao beneficiado debe encontrarse limpio de materias extrañas. Cuadro 2.

Cuadro 2: Normas de calidad del cacao beneficiado en grano en Ecuador.

Requisitos	Unidad	Cacao Fino (Arriba)			Cacao CCN51	
		A.S.S.S	A.S.S	A.S.E	C.S.S	C.S.C
Peso de 100 granos	G	>130	>120 a 130	100 a 120	>125	110-125
Humedad máxima	%	7	7	7	7	7
Granos fermentados (min)	%	75	65	53	68	55
Granos violetas (min)	%	15	21	25	18	26
Granos pizarrosos (min)	%	9	12	18	12	15
Granos mohosos (min)	%	1	2	4	2	4
Totales (análisis sobre 100 granos) (mín)	%	100	100	100	100	100
Granos defectuosos (análisis 500 gramos) (máx)	%	0	1	3	1	3
A.S.S.S	Arriba Superior Summer Selecto					
A.S.S	Arriba Superior Selecto					
A.S.E	Arriba Superior Época					
C.S.S	Cacao Superior Selecto					
C.S.C	Cacao Superior Corriente					
El símbolo % representa al número 0,01 que expresa a la fracción masiva.						
Nota: Se permite la presencia de ganza en el Cacao A.S.E y el Cacao C.S.C en un máximo del 1,5%						

Fuente: (INEN, 2018).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Localización del estudio

El presente trabajo de investigación se lo realizó en la finca “Don Hermel”, en el sector de Río Negro, ubicado en la vía Buenavista- Paccha, a 10 minutos del cantón Pasaje, en la provincia de El Oro – Ecuador. Figura 8.



Figura 8: Plano correspondiente a la finca “Don Hermel” en el sector de Río Negro

Fuente: Autor

3.1.2 Ubicación geográfica

El sitio de estudio se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

	Geográficas	UTM
Longitud:	79°49'46.92''W	9623663.00 Sur
Latitud:	3°24'14.71''S	630006.00 Este
Altitud:	32m	32m
Zona:	17	17

3.1.3 Clima y ecología

Con respecto a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, el lugar de investigación corresponde a un bosque seco – tropical, con una precipitación media anual de 699 mm, una temperatura media anual de 25° C y una humedad relativa del 84%.

3.1.4 Materiales de campo

- Fundas Plásticas
- Etiquetas
- Piola
- Balanza
- Tijera de podar
- Mazorcas de cacao sanas
- Cajón de madera
- Cuaderno de apuntes
- Esfero
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Secador de marquesina
- Marcador

3.1.5 Materiales de laboratorio

- Granos secos de cacao CCN-51
- Vasos plásticos
- Etiquetas
- Balanza
- Balde plástico
- Tabla de clasificación de granos secos de cacao por el grado de fermentación
- Mortero
- Tamiz
- Refinador portátil
- Cucharas plásticas

3.1.6 Variables analizadas

- Índice de mazorca
- Índice de grano
- Porcentaje de cascarilla
- Porcentaje de fermentación
- Calidad sensorial de granos de cacao

3.1.7 Tratamientos

Para el presente trabajo de investigación se establecieron 6 tratamientos con diferentes dosis, detallados a continuación en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Composición de la mezcla de dosis usados en los tratamientos.

TRATAMIENTOS	COMPOSICIÓN DE DOSIS
T1	Biochar 100g + Gallinaza 50g
T2	Biochar 100g + Fossil Shell Agro 5g + Gallinaza 50g
T3	Biochar 50g + Fossil Shell Agro 10g + Gallinaza 50g
T4	Fossil Shell Agro 10g + Gallinaza 50g
T5	Silicato de calcio 50g + Gallinaza 50g
T6	Cal agrícola 50g + Biochar 50g + Gallinaza 50g
Testigo	Sin dosis

Fuente: Autor

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Métodos

Primero se identificaron las plantas de cacao CCN-51 a las que se les aplicó las diferentes mezclas de dosis preparadas de Biochar, Gallinaza, Fossil Shell Agro, Silicato de calcio y Cal agrícola de cada tratamiento y testigo en la finca “Don Hermel” correspondiente al sector de Río Negro. Luego se procedió a aplicar los tratamientos espolvoreando alrededor en cada una de las 10 plantas elegidas cubriéndolo con hojas y ramas secas. Después de 6 meses con el uso de la tijera de podar y el podón se procedió a realizar la cosecha de las mazorcas sanas y maduras, tomando 3 mazorcas por planta, siendo 30 mazorcas en total cosechadas por tratamiento y testigo. Luego se procedió a realizar el quiebre de las mazorcas y a desgranarlas de forma manual.

Luego los granos fueron puestos en fundas transparentes para iniciar el proceso de fermentación, los granos se colocaron en un cajón de madera con dimensiones de 80 cm de largo por 40 cm de ancho y 10 cm de altura con el propósito de aumentar la temperatura y comenzar con la activación de los microorganismos. El proceso de fermentación duró 3 días y las masas fueron removidas a las 24, 48 y 72 horas de haber iniciado este proceso.

Para el proceso de secado los granos de cacao fueron llevados a una secadora de marquesina elaborada de forma manual, donde se procedió con el secado natural de los granos por alrededor de 7 días, hasta que los granos alcanzaron el 7 a 8% de humedad, los granos fueron removidos una vez cada 24 horas para lograr un secado homogéneo.

Al finalizar con el proceso de secado los granos fueron guardados y almacenados en fundas plásticas debidamente identificadas y etiquetadas de las cuales se procedió a tomar 100 granos por tratamiento y testigo para realizar la prueba de corte para determinar el porcentaje de fermentación.

Para el análisis sensorial de los granos, se tomaron 200 gramos de granos secos por tratamiento y testigo, los cuales fueron llevados a tostar a una temperatura de 150°C por 30 minutos, se procedió a descascarillar de forma manual y moler en un refinador portátil hasta obtener una pasta homogénea (licor de cacao), entregada al panel de catadores para su respectivo análisis sensorial.

3.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en este trabajo de investigación fue un diseño completamente al azar (DCA), realizado en un entorno homogéneo.

3.2.3 Características del diseño

- Tratamientos: 6
- Repetición por tratamiento: 10 plantas por tratamiento
- Mazorcas cosechadas por tratamiento y testigo: 30
- Testigo: 1

3.2.4 Medición de las variables

Índice de mazorca

Para determinar el índice de mazorca se procedió a pesar los granos hasta obtener un peso de 1kg de granos fermentados y secos por tratamiento y testigo. Se pesa el total de granos fermentados y secos, tomando en cuenta que se cosechó 3 mazorcas por planta siendo 30 mazorcas por tratamiento y testigo. (Quintana *et al*, 2015)

Índice de grano

Para la determinación del índice de grano se procedió a tomar el peso promedio de 100 granos de cacao fermentados y secos en gramos (g) de cada tratamiento elegidos de forma completamente al azar y dividirlos para 100 con ayuda de la siguiente fórmula: (Quintana *et al*, 2015)

$$IG = \frac{\text{Peso de 100 almendras secas y fermentadas (gr)}}{100}$$

Porcentaje de cascarilla

El porcentaje de cascarilla se determina al momento de pesar 30 granos de cacao fermentados y secos elegidos de forma completamente al azar de cada uno de los tratamientos y testigo. De cada muestra se tomaron 30 granos a los cuales se les retiró la cascarilla para pesarlos y dividirlos para el peso total de los 30 granos y multiplicarlos para 100. Para ello se efectuó la siguiente fórmula: (Quintana *et al*, 2015)

$$\% \text{ de cascarilla o testa} = \frac{\text{Peso de cascarilla}}{\text{Peso de 30 granos fermentados y secos (gr)}} \times 100$$

Porcentaje de fermentación

El porcentaje de fermentación se lo realizó mediante la “prueba de corte”, que consiste en tomar 100 granos fermentados y secos de cada tratamiento y testigo de forma completamente al azar para realizar un corte longitudinal para determinar su color y compararlos de acuerdo al criterio de las normas INEN 176 y con la tabla de clasificación de granos secos de cacao por el grado de fermentación. Para lograr determinar el total de

granos bien fermentados y medianamente fermentados se lo realizó con la ayuda de la siguiente fórmula: (Córdova, 2019)

$$\%F = \frac{(NF)x100}{100 \text{ granos}}$$

Donde:

%F: Grado de fermentación en porcentaje

NF: Número de granos fermentados (buena y media)

Según (Erazo, 2019) para la obtención del cálculo del porcentaje de granos defectuosos, estos deben ser determinadas por las siguientes fórmulas:

Granos violetas:

$$\%V = \frac{(\#granos \text{ violeta})x100}{100 \text{ granos}}$$

Granos pizarrosos:

$$\%Pz = \frac{(\#granos \text{ pizarra})x100}{100 \text{ granos}}$$

Granos mohosos:

$$\%Dh = \frac{(\#granos \text{ mohosos})x100}{100 \text{ granos}}$$

Granos Infestados:

$$\%If = \frac{(\#granos \text{ infestados})x100}{100 \text{ granos}}$$

Granos defectuosos:

$$\%D = \%V + \%Pz + \%Dh + \%If$$

Calidad sensorial del cacao

En la evaluación, los catadores llevaron las muestras al baño maría, donde cada catador probó una pequeña cantidad de licor de cacao y la colocó sobre su lengua. El catador mantuvo la muestra en su boca determinando los atributos de cada muestra de cada tratamiento y registrando los resultados según la escala hedónica propuesta por la USAID (Desarrollo Internacional de los Estados Unidos). Con respecto a los perfiles de sabores básicos, específicos y determinados se calificaron individualmente la degustación del licor de cacao usando la siguiente escala:

1= Excelente

2= Bueno

3= Regular

4= Malo

5= Pésimo

Los sabores básicos se clasificaron en:

Astringente: Se consideran aquellas muestras que presentan un sabor a fruto seco crudo.

Ácido: Muestras que presentaron un sabor ácido, percibido en el centro de la lengua.

Verde: Aquellas muestras que presentaron un sabor crudo

Moho: Aquellas muestras que presentaron un sabor musgoso o a pan viejo.

Los sabores específicos se clasifican en:

Floral: Aquellas muestras que presentaron un sabor agradable, como referencia a flores.

Frutal: Muestras que presentaron un sabor a fruta madura, siendo un sabor agradable.

Cacao: Se consideran aquellas muestras que presentaron un sabor a chocolate.

Nuez: Muestras que presentaron un sabor a granos o nuez.

Caramelo: Muestras que obtuvieron un sabor dulce, como referencia agua azucarada.

Amargo: Muestras que presentaron un sabor amargo, fuerte percibido en la lengua.

Los sabores determinados estaban conformados por:

Químico: Muestras que presentaron un sabor contaminado como combustible u otros.

Humo: Muestras que presentaron un sabor relacionado al jamón y humo de madera.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANOVA de un factor

En el análisis de varianza que corresponde al Cuadro 4, se observa que al obtener una significancia menor a 0,05; si existe diferencia estadística entre el índice de mazorca, índice de grano y porcentaje de cascarilla en cada uno de los tratamientos establecidos.

Cuadro 4: ANOVA de un factor

ANOVA de un factor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
IM	313,662	6	52,277	3,052E+31	,000
	,000	63	,000		
	313,662	69			
IG	,989	6	,165	3,397E+31	,000
	,000	63	,000		
	,989	69			
PC	206,244	6	34,374	4,532E+31	,000
	,000	63	,000		
	206,244	69			

Fuente: Autor

4.2 Porcentaje de Fermentación

En los resultados obtenidos en el porcentaje de fermentación correspondiente al Cuadro 5, se puede observar un mayor porcentaje en la fermentación buena en todos los tratamientos, siendo el T4 el más elevado con un 68%, mientras el T1 tuvo un porcentaje cercano con un 65% y el T6 y Testigo el menor porcentaje siendo del 58%, siguiendo con una fermentación media el T1 y T2 tuvieron un porcentaje igual y mayor a los demás tratamientos con el 20% de fermentación media, mientras el T6 obtuvo el valor más bajo con el 13%. En cambio, en el porcentaje de fermentación pizarrosa los tratamientos del T1, T2 y T3 no manifestaron presencia alguna de granos pizarrosos ya que su porcentaje fue de 0%, mientras el de mayor porcentaje fue del T6 con el 11% de granos pizarrosos, con el porcentaje de fermentación violeta si hubo presencia en todos los tratamientos siendo el T1, T4 y Testigo los más altos con el 4% de granos violeta y los más bajos el

T2 y T3 con el 3%, con respecto al porcentaje de fermentación de granos mohosos el Testigo se presentó con el mayor porcentaje siendo este de 14% y en menor porcentaje el T4 con el 4%, con el porcentaje de fermentación de granos infestados el T1 y T2 se presentaron con el valor más alto siendo este del 6%, mientras los tratamientos del T4, T6 y Testigo tuvieron el valor más bajo siendo este de 0%.

Cuadro 5: Comparación de resultados del porcentaje de fermentación buena, media, pizarra, violeta, mohoso e infestado en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Buena	Media	Pizarra	Violeta	Mohoso	Infestado
T1	65	20	0	4	5	6
T2	61	20	0	3	10	6
T3	61	26	0	3	7	3
T4	68	19	5	4	4	0
T5	60	19	7	2	10	2
T6	58	13	11	5	13	0
Testigo	58	17	7	4	14	0

Fuente: Autor

En el Gráfico 1, se puede observar las diferencias con respecto al porcentaje de fermentación, siendo el T4 con el 68% y T1 con 65% los tratamientos con el porcentaje más alto en fermentación buena y el T6 y Testigo los de menor porcentaje, con respecto a la fermentación media está el T3 con el 26% con un alto porcentaje diferenciándose de los demás tratamientos y en menor porcentaje el Testigo con el 17% con respecto a los granos pizarrosos el tratamiento T6 con el 7% se presentó en mayor porcentaje, en los granos violeta el T6 obtuvo el valor más alto con un 5% de fermentación violeta, siendo el T2 y T3 los más bajos con el 3%, el testigo presentó el mayor porcentaje de granos mohosos con el 14% y en menor porcentaje el T1 con el 5%, con relación al porcentaje de fermentación de granos infestados el T1 y T2 obtuvieron el valor más alto con el 6% de granos infestados.

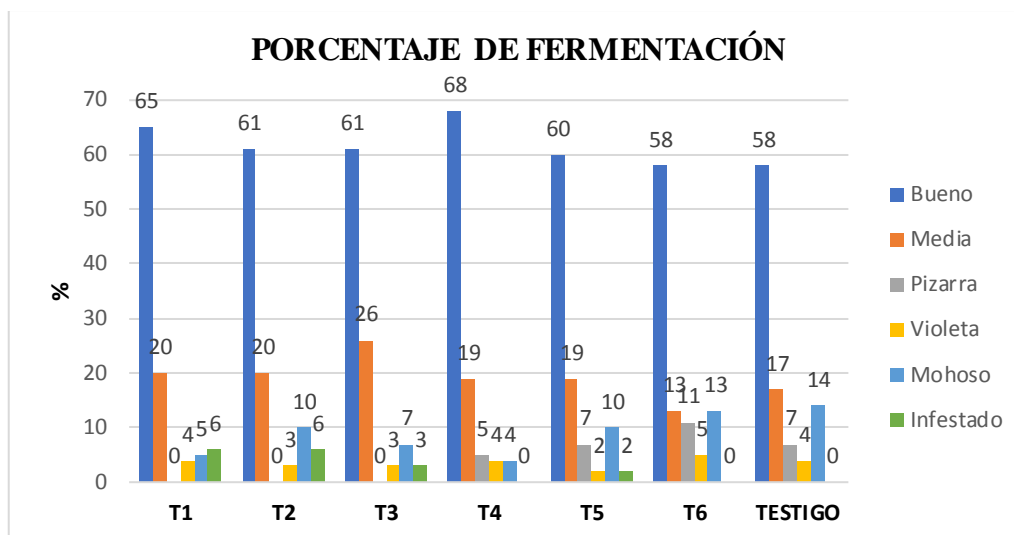


Gráfico 1: Diferencias en el porcentaje de fermentación de los granos

Fuente: Autor

4.3 Índice de Mazorca

En relación al Gráfico 2, señala que el T3 (BFG2) presenta el valor de media más bajo siendo este valor de 14,77 mazorcas, seguido por el T4 (FG) con 15,29 mazorcas, T2 (BFG) con 17,18 mazorcas, el Testigo con 18,17 mazorcas, T6 (CBG) con 19,52 mazorcas y T1 (BG) con 19,67 que presentaron valores superiores, en cambio el T5 (SG) obtuvo la media más alta siendo de 20,8 en la cantidad de mazorcas con respecto a los demás tratamientos. Según (Loor *et al*, 2015) el índice de mazorca es de importancia para determinar la cantidad de mazorcas que se necesitan para poder obtener un kilo de cacao fermentado y seco, por lo tanto con los resultados obtenidos el T3 (BFG2) fue el de mejor rendimiento ya que se necesitó menor cantidad de mazorcas para obtener un kilo de granos fermentados y secos.

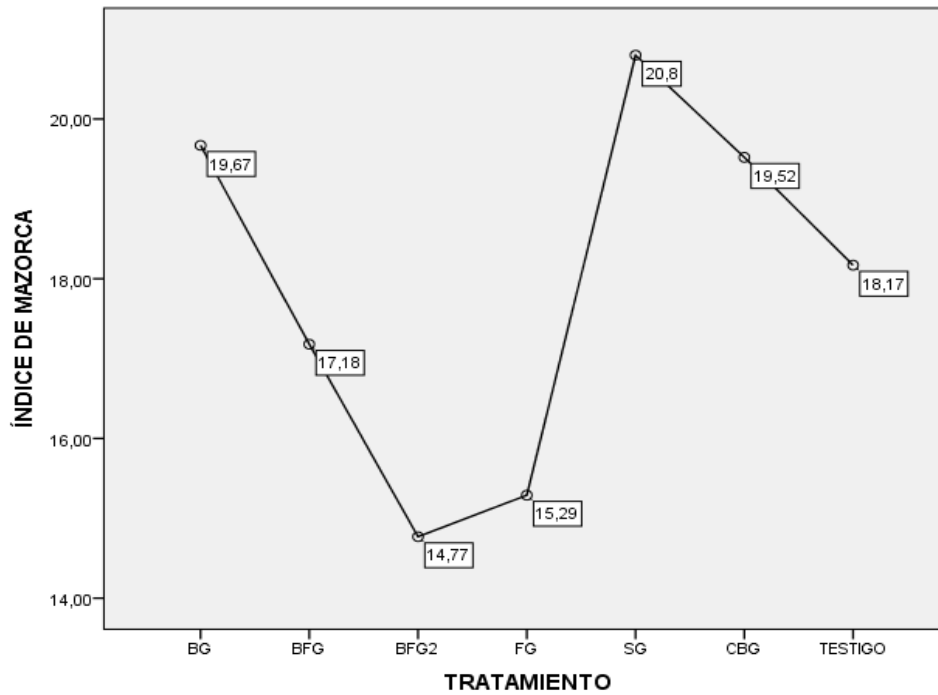


Gráfico 2: Comparación de medias en el índice de mazorca

Fuente: Autor

4.4 Índice de grano

En el Gráfico 3, se puede observar que el índice de grano más alto lo obtuvo el T6 (CBG) con 1.57 granos, mientras que el T3 (BSG2) estuvo en un rango muy cercano con 1.5 granos. Al comparar los resultados se puede declarar que estos valores están dentro del rango establecido por las normas nacionales, ya que según (Jimenez, 2017) declara que el índice de grano de cacao ecuatoriano debe ser de 1,26 granos, todos los tratamientos cumplen con este requisito a excepción del T5 (SG) que obtuvo una media baja de 1,17 granos por lo tanto este tratamiento no cumple con el índice establecido por las normas ecuatorianas.

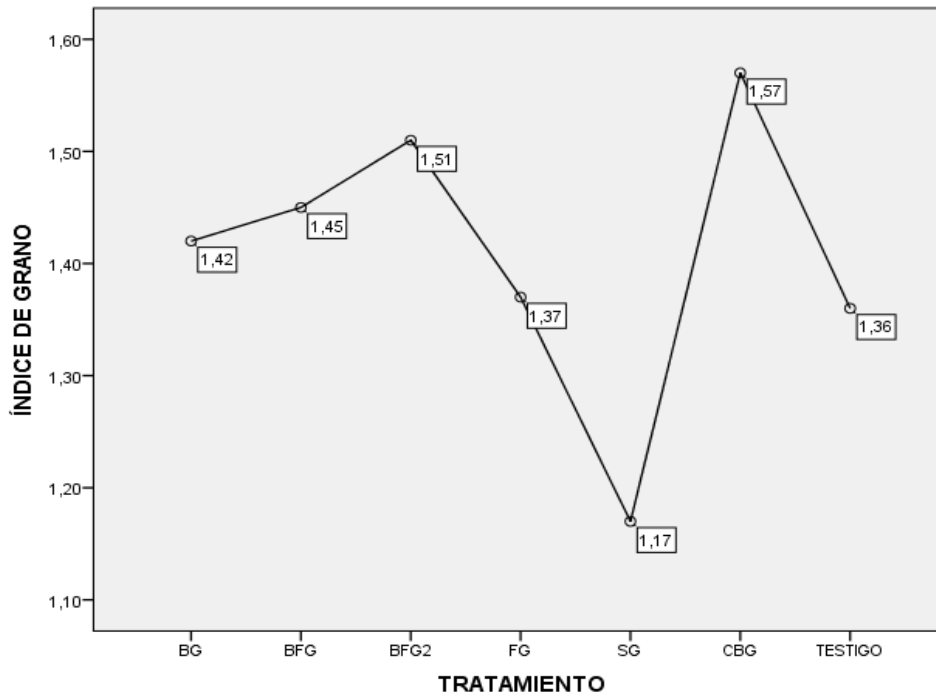


Gráfico 3: Comparación de medias en el índice de grano

Fuente: Autor

4.5 Porcentaje de Cascarilla

En el Gráfico 4, se puede observar que el T6 (CBG) presenta la media más alta de cascarilla comparado con los demás tratamientos con el 13,33%, con la media más baja está el T1 (BG) con el 7,32%, siguiendo el T3 (BFG2) con el 8,7%, el Testigo con el 8,89%, el T4 (FG) con el 9,09%, el T5 (SG) con el 9,3% y el T2 (BFG) con el 9,52%. Según (Quintana *et al*, 2015), si el porcentaje de cascarilla es elevado se considera como una desventaja y los granos tendrán un menor rendimiento en su calidad, el rango óptimo en cuanto a la exportación de granos a nivel mundial es de un 12 a 13%, por lo tanto el T6 (CBG) está en desventaja económica ya que si supera el porcentaje establecido por las normas internacionales, siendo los demás tratamientos favorables y aceptados ya que están dentro del porcentaje establecido.

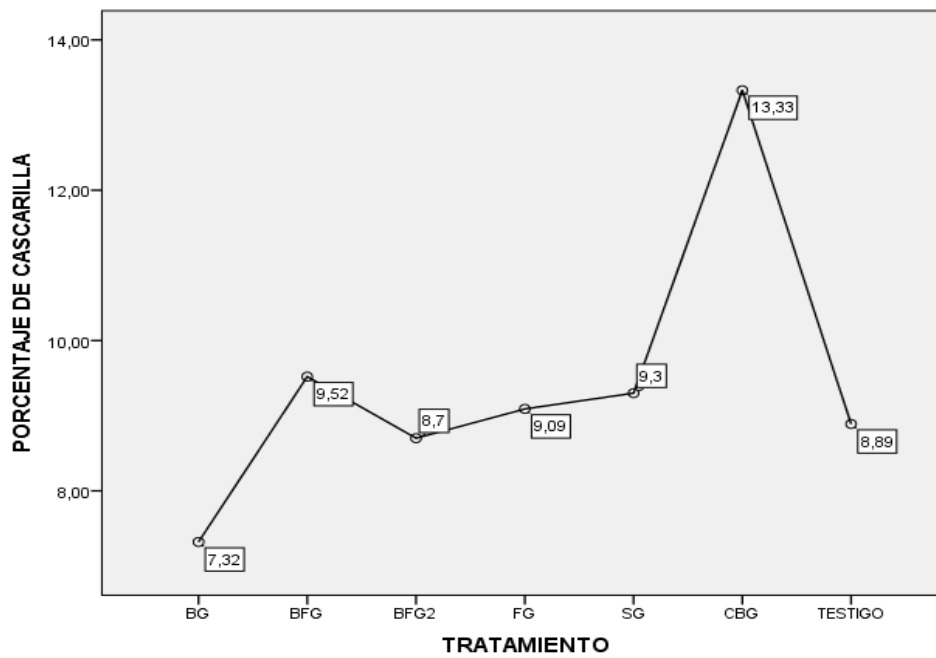


Gráfico 4: Comparación de medias en el porcentaje de cascarrilla

Fuente: Autor

4.6 Porcentaje de Fermentación Buena

De acuerdo con el Gráfico 5, se puede observar que el T6 (CBG) y Testigo presentaron los valores de media más bajos con el 58% y con una diferencia estadística con los demás tratamientos. Seguido por el T5 (SG) con una poca diferencia del 60%, los T2 (BFG) y T3 (BFG2) presentaron valores estadísticamente iguales entre ellos con el 61%, seguido por el T1 (BG) con el 65%. Según (Fedecacao, 2015), los granos bien fermentados son aquellos que presentaron una fermentación completa con olor y color característico al chocolate, siendo el T4 (FG) el tratamiento con las mejores características en cuanto a fermentación buena ya que obtuvo la media más alta con el 68%, a diferencia de los demás tratamientos.

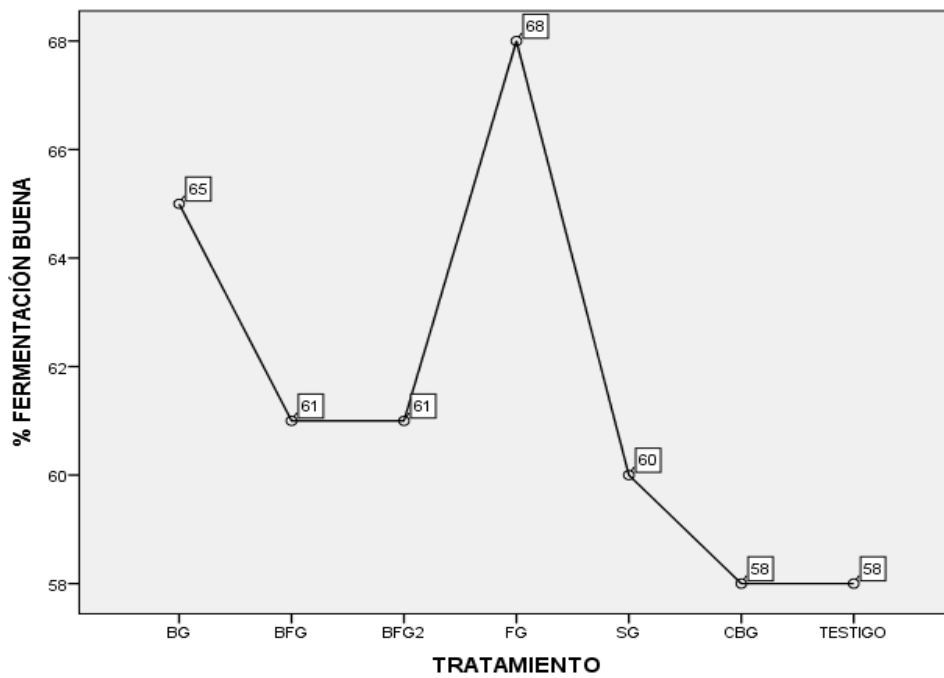


Gráfico 5: Comparación de medias en el porcentaje de fermentación buena

Fuente: Autor

4.7 Porcentaje de Fermentación Media

Con relación al Gráfico 6, el T6 (CBG) presentó el valor más bajo en la fermentación media de los granos de cacao con el 13% y difiere estadísticamente con los demás tratamientos, seguido de este tratamiento está el Testigo con el 17%, mientras que con un porcentaje mayor está el T4 (FG) y T5 (SG) que presentaron valores estadísticos iguales entre ambos tratamientos con el 19%, con un porcentaje mayor se encuentra el T1 (BG) y T2(BFG) que también mostraron valores estadísticos iguales con el 20%. En cambio, el T3 (BFG2) obtuvo la media más alta con el 26% en relación a los demás tratamientos. Según (Steinau, 2017) los granos con fermentación media se deben a granos con una fermentación incompleta, la calidad en cuanto al aroma y sabor es regular, pero aún aprovechable para la producción de chocolate, en este caso el T3 es el más adecuado.

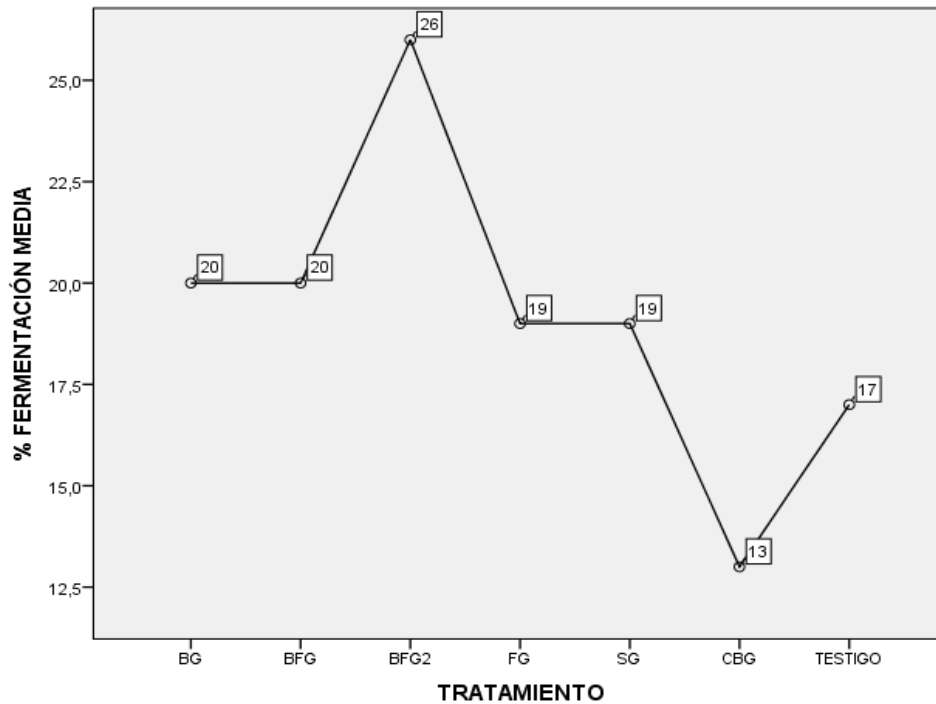


Gráfico 6: Comparación de medias en el porcentaje de fermentación media

Fuente: Autor

4.8 Porcentaje de Fermentación de granos Pizarra

De acuerdo con el Gráfico 7, el T1 (BG), T2(BFG) y T3(BFG2) con el 0% no presentaron presencia de granos pizarra, estos tratamientos difieren estadísticamente con los demás tratamientos que si obtuvieron porcentajes más elevados, seguido de estos tres tratamientos está el T4 (FG) con el 5%, luego se encuentran el T5 (SG) y el Testigo que presentaron los valores estadísticos iguales entre ellos con el 7%, en cambio el T6 (CBG) obtuvo la media más alta en cuanto al porcentaje de granos pizarra superando a los demás tratamientos con el 11%. Según (Fedecacao, 2015), los granos pizarra son aquellos granos de cacao sin fermentar o de mazorcas inmaduras y se caracterizan por su sabor amargo y astringente, en este caso siendo el T6 (CBG) el más representativo.

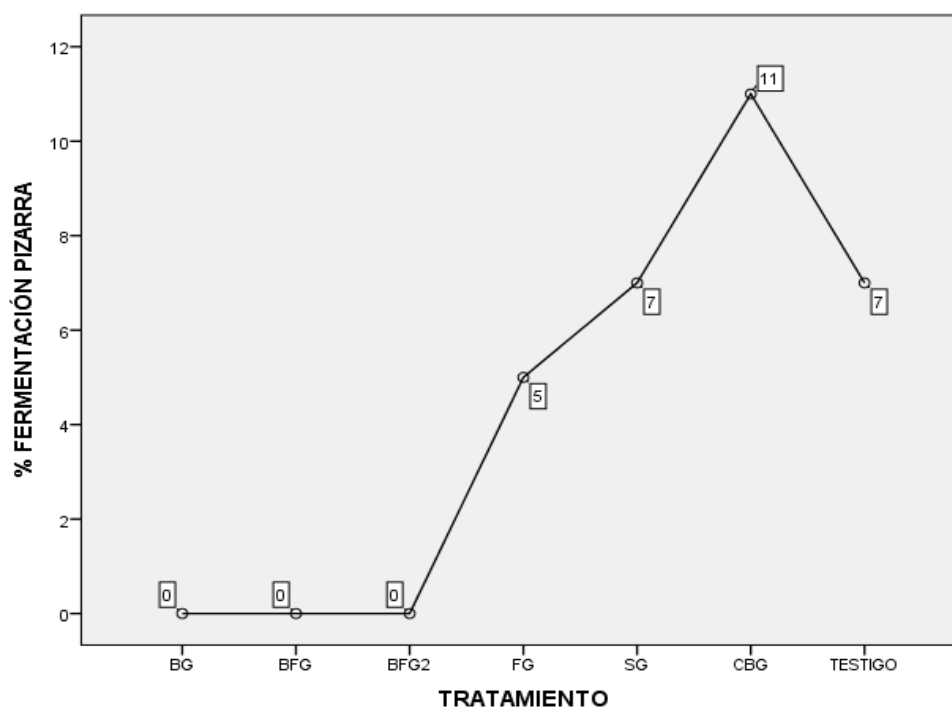


Gráfico 7: Comparación de medias en el porcentaje de fermentación pizarra

Fuente: Autor

4.9 Porcentaje de Fermentación de granos Violeta

En el Gráfico 8 se puede observar que el valor de media más bajo es el T5 (SG) con el 2% que difiere estadísticamente con los demás tratamientos, el T2 (BFG) y T3 (BFG2) presentan los valores estadísticamente iguales entre sí con el 3%, al igual que las medias del T1 (BG), T4 (FG) y Testigo que también presentaron valores estadísticamente iguales con el 4%, en cambio el T6 (CBG) es el tratamiento con la media más alta en relación a la fermentación de granos violeta con el 5%. Según (Steinau, 2017) la fermentación violeta se debe a que los granos no se han fermentado completamente por lo que llegan a presentar un sabor ácido y astringente, como en el caso del T6 (CBG) al ser el tratamiento de mayor valor.

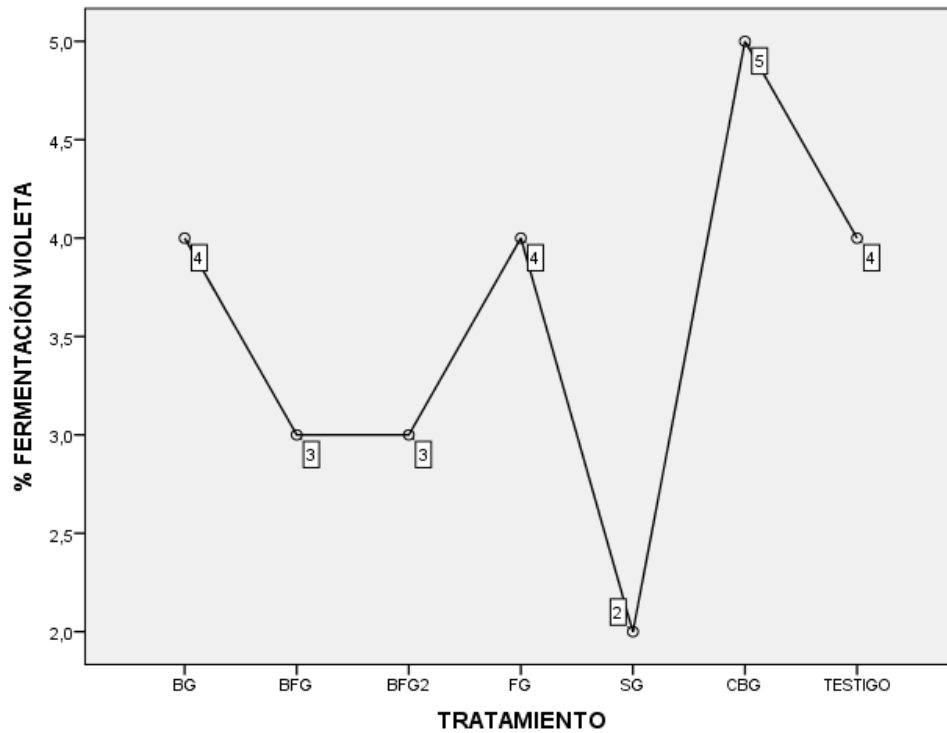


Gráfico 8: Comparación de medias en el porcentaje de fermentación violeta

Fuente: Autor

4.10 Porcentaje de Fermentación de granos Mohosos

En el Gráfico 9 se puede observar que todos los tratamientos registraron presencia de granos mohosos, en donde el T4 (FG) tuvo menos presencia de moho en los granos con el 4%, seguido del T1 (BG) con el 5%, el T3 (BFG2) con el 7%, el T2 (BFG) y T5 (SG) presentaron valores iguales con el 10%, seguido del T6 (CBG) con 13% y el Testigo con el 14% siendo el T6 y Testigo los tratamientos con la media más alta en cuanto al porcentaje de granos mohosos. Según (Jimenez, 2017), los granos mohosos se deben a la sobre-fermentación o mal almacenamiento de granos, esto produce un sabor desagradable.

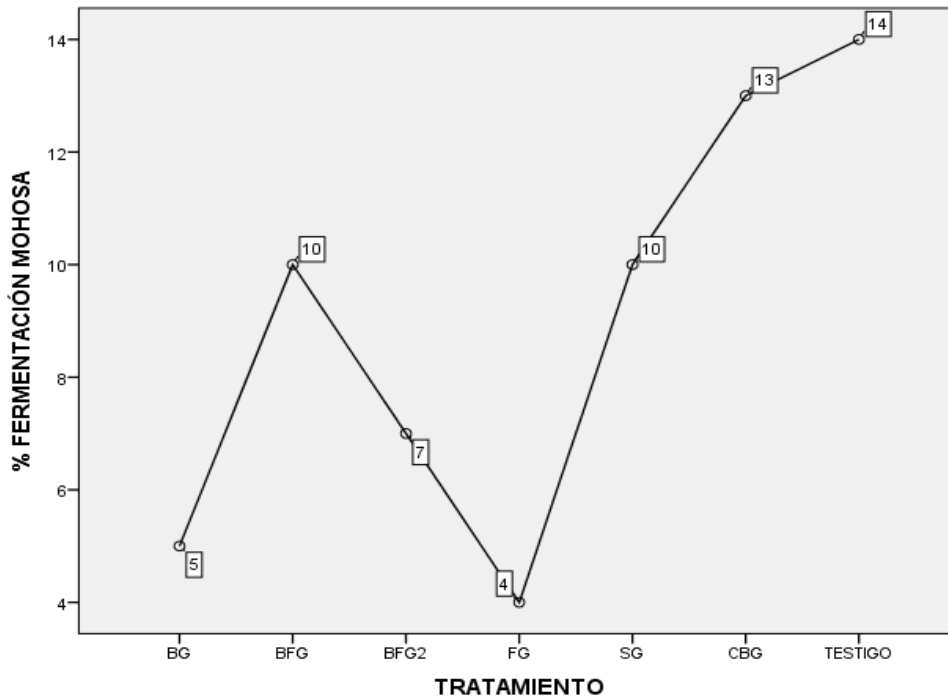


Gráfico 9: Comparación de media en el porcentaje de fermentación mohoso

Fuente: Autor

4.11 Porcentaje de Fermentación de granos Infestados

De acuerdo al Gráfico 10, los tratamientos del T4 (FG), T6 (CBG) y Testigo no registraron presencia de granos infestados, el T5 (SG) obtuvo el 2%, el tratamiento T3 (BFG2) con el 3%, mientras que los tratamientos del T1 (BG) y T2 (BFG) presentaron valores estadísticos iguales con el 6%. Según (Llerena, 2016), los granos infestados son aquellos granos que se detectan insectos en cualquier fase de desarrollo ya sean en huevos, larvas o en fase adulta, siendo el T1 y T2 los de mayor presencia.

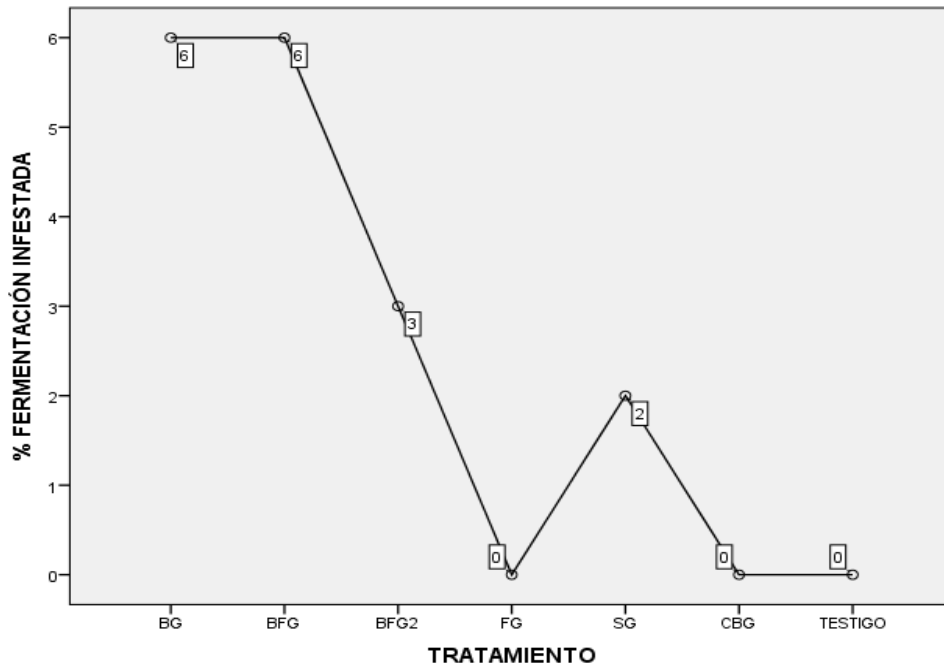


Gráfico 10: Comparación de medias en el porcentaje de fermentación infestada

Fuente: Autor

4.12 Calidad Sensorial del licor de cacao

De acuerdo con los resultados en el análisis sensorial de las muestras del licor de cacao de cada tratamiento, con respecto a los sabores básicos se puede observar en el Gráfico 11 que en el sabor ácido de las muestras del Testigo y T1 obtuvieron rangos iguales y superiores a los demás tratamientos con el 2.75, mientras que el T4 y T5 obtuvieron los valores más bajos con el 1.50. Según (Zambrano, 2018) se debe a un deficiente proceso de fermentación, su sabor hace referencia con el vinagre y a frutas cítricas

En astringencia hubo presencia en todos los tratamientos, pero sobresalió el Testigo con un valor alto de 3.0 superando al T1 y T2 que obtuvieron el mismo rango de 2.50 y con menor resultado está el T4 y T5 con un valor igual de 2. Según (Caobisco, 2015) el sabor astringente se debe a la falta de fermentación produciendo un sabor de sequedad en la boca, su sabor se asemeja a las cáscaras de frutos secos crudos y sabor de algunos vinos.

Con respecto al sabor verde o crudo de los granos el T4 no obtuvo ningún valor, a diferencia de los demás tratamientos que sí tuvieron presencia de este sabor, siendo el Testigo con el valor más alto de 1.50, mientras que el valor siguiente le corresponde al T1 y T6 con un valor de 1. Según (Zambrano, 2018) el sabor a verde o crudo se debe a la

mala fermentación de los granos o mal proceso de secado, generalmente es característico de los granos violeta.

El sabor mohoso estuvo presente en todos los tratamientos a excepción del T3, T4 y T5, el valor más alto lo obtuvo el T6 con 1, seguido del Testigo con el 0.75. Según (Caobisco, 2015) el sabor mohoso es producido por una fermentación muy prolongada, un mal o corto proceso de secado o mal almacenamiento, su sabor se asemeja al musgo y pan viejo.

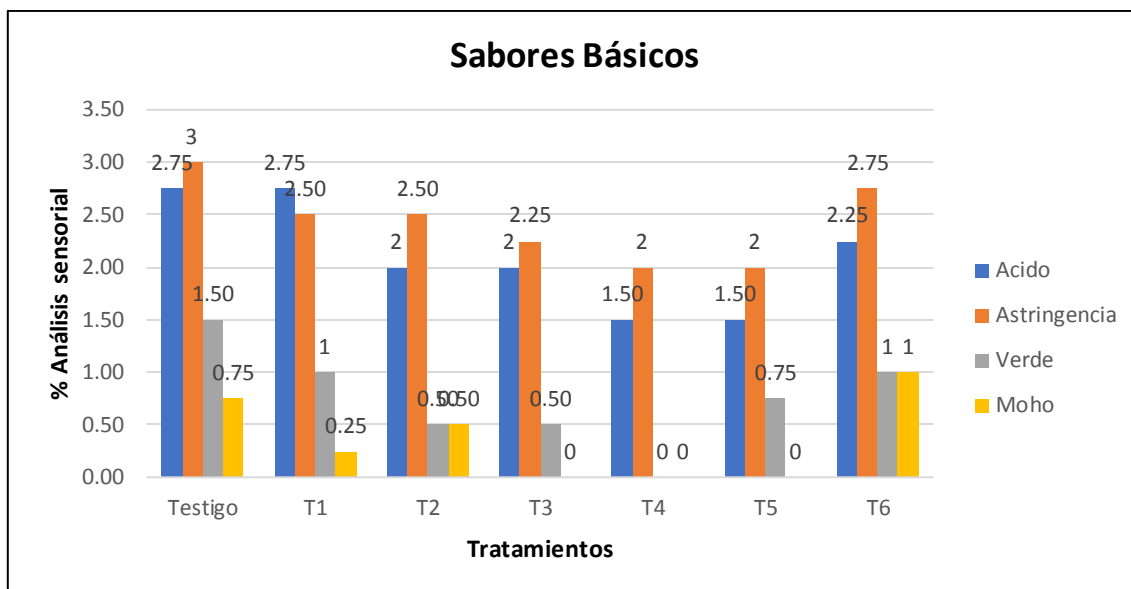


Gráfico 11: Resultados obtenidos en sabores básicos en el análisis sensorial

De acuerdo al Gráfico 12, se puede observar que en los sabores específicos el sabor a cacao está presente en todos los tratamientos y según la evaluación realizada por los 4 catadores se determinó que la calificación más alta fue el T4 con un valor de 3.25 superando a los demás tratamientos, siguiendo el T1, T5 y T6 con los segundos valores más altos con 2.75. Según (Caobisco, 2015) el sabor cacao se debe a los granos bien fermentados, tostados y sin defectos, su sabor hace referencia al chocolate.

Con el sabor floral está presente en todos los tratamientos, aunque en un valor mínimo, el T1 y T5 alcanzaron los valores más altos siendo este el 1.25 de sabor floral, mientras que los demás tratamientos obtuvieron valores mínimos como el caso del Testigo y T6 que obtuvieron el mismo valor bajo de 0.25. Según (Zambrano, 2018) el sabor floral es característico del cacao fino de aroma, este sabor se puede comparar con flores cítricas, lilas y violetas.

El sabor frutal también estuvo presente en todos los tratamientos, siendo el T4 y T5 los tratamientos con los valores más altos de 1.25 cada uno, en cambio el Testigo, T1 y T2 obtuvieron el valor más bajo de 0.25. Según (Zambrano, 2018) el sabor frutal se asemeja al sabor de las frutas secas maduras y a las ciruelas pasas.

El sabor nuez se manifestó en mayor valor en el T4 y T5 con el 1.75, mientras que el valor más bajo fue del T6 con el 0.75. Según (Zambrano, 2018) este sabor es característico de los granos que presentan un sabor y aroma a nuez.

El sabor a caramelo no estuvo presente en el Testigo y T1, mientras que en el T4 presentó el valor más alto entre los tratamientos con el valor de 1. Según (Zambrano, 2018) el sabor caramelo describe una sensación cercana al azúcar y compuestos sintéticos.

El sabor amargo fue uno de los sabores más presentados en la evaluación de la pasta de cacao, este sabor obtuvo los valores más altos en relación a los otros sabores en todos los tratamientos, según el Gráfico 12 el Testigo obtuvo el valor más alto en comparación con los demás tratamientos siendo este valor de 3.25, seguido del T2 con el valor de 3, en cambio el valor más bajo obtenido en este sabor es el T6 con un valor de 2. Según (Zambrano, 2018) el sabor amargo en los granos es producido por una mala fermentación, este sabor se asemeja a la toronja, cerveza o café.

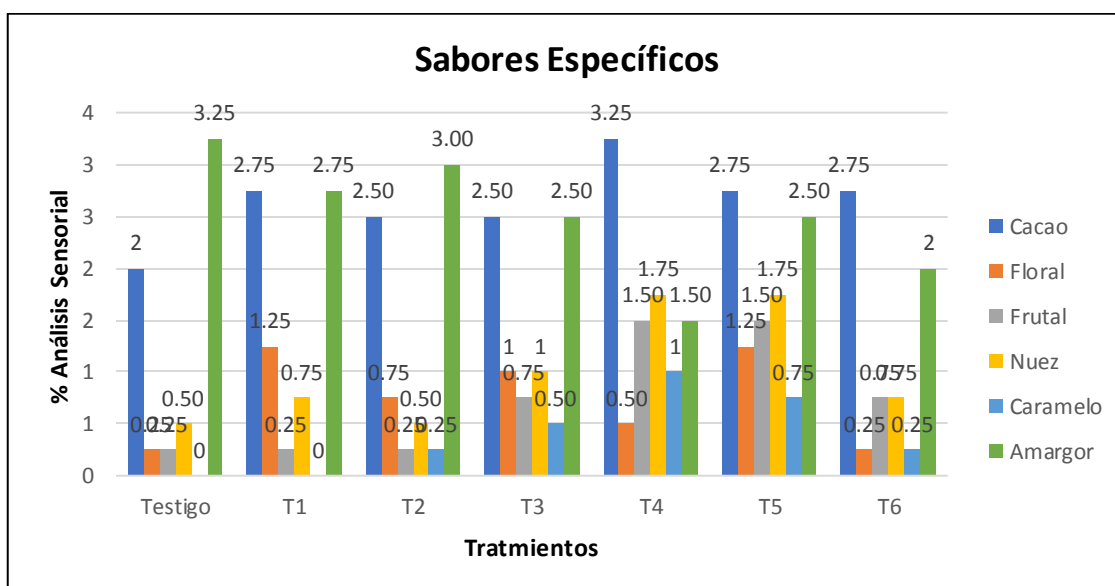


Gráfico 12: Resultados obtenidos en sabores específicos en el análisis sensorial

Nota: No hubo presencia de sabores determinados como: Químico y Humo.

5. CONCLUSIONES

-En relación a las dosis aplicadas en los tratamientos, el T4 y T1 obtuvieron la primera y segunda mejor calificación en los resultados del análisis sensorial, siendo el T4 cuya dosis no está presente el biochar el mejor calificado y en segundo lugar el T1 con presencia de biochar.

-En las pruebas físicas el T3 y T6 cuyas dosis tienen presencia de biochar mostraron los mejores resultados en el índice de mazorca e índice de grano y el T1 con dosis de biochar, obtuvo el mejor porcentaje de cascarilla. En el porcentaje de fermentación el T4 que no posee biochar obtuvo el mayor valor de fermentación, seguido del T1.

-Al realizarse el análisis sensorial del licor de cacao se determinó que el T4 cuya dosis no está compuesta por el biochar tiene ventaja sobre los demás tratamientos, seguido del T1 cuya dosis está compuesta por biochar.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar la cosecha de mazorcas sanas y que han alcanzado la madurez completa, evitando cosechar mazorcas enfermas con monilia o phytophthora.
- Realizar la remoción de masas cada 24 horas de haber iniciado el proceso de fermentación.
- Realizar el secado de granos por 7 días en marquesina plástica en caso de realizarse un secado natural.
- Tomar en cuenta el porcentaje de humedad establecido por las normas internacionales y mantenerlo en un rango de 7 a 8%.
- Seguir realizando investigaciones científicas sobre las dosis de biochar y combinados a aplicar en las plantas de cacao, para determinar tratamientos con una mejor la calidad física y sensorial de los granos de cacao.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anecacao. (2015a). *CacaoCCN51 | Anecacao Ecuador*.
<http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacaoecn51.html>
- Anecacao. (2015b). *Historia del Cacao | Anecacao Ecuador*.
<http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- Anecacao. (2020). *Estadísticas de Exportación*.
<http://www.anecacao.com/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>
- Arvelo, M. A., González, D., Delgado, T., Maroto, S., Montoya, P., & Delgado, T. (2016). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2793/1/BVE17048806e.pdf>
- Arvelo Sánchez, M. A., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya López, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. In *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*. <https://pdfslide.net/documents/manual-tecnico-del-cultivo-de-cacao-practicas-latino-a-manual-tecnico-del.html>
- Ballesteros. (2018). ECUADOR: Programa de empleo productivo y acceso a mercados. *Ballesteros*, 3, 19.
http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1258/OLC_CAF_boletin_3_Espanol-final.pdf
- Caminoverde. (2019). The Taste of Quality. *Proceso de Fermentación y Secado Del Cacao*, 18.
<http://www.anecacao.com/uploads/2013/09/Presentacion.Fermentacion.y.Secado.de.Cacao.BALAO.ECUADOR.pdf>
- Caobisco. (2015). Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. In *Revista Brasileira de Medicina* (Vol. 69, Issue 12).
[http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao en Grano Requisitos de Calidad de la Industria Apr 2016_es.pdf](http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao%20en%20Grano%20Requisitos%20de%20Calidad%20de%20la%20Industria%20Apr%202016_es.pdf)
- Carrión, J. (2012). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí. *Universidad San Francisco de Quito*, 65.
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1451/1/104270.pdf>
- Cely, P. (2016). Evaluación del uso de residuos orgánicos para la producción de biochar y su aplicación como enmienda orgánica. *Universidad Politécnica de Madrid*, June, 190. http://oa.upm.es/44393/1/PAOLA_ANDREA_CELY_PARRA.pdf
- Córdova, R. (2019). Automatización de un sistema de fermentación de almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) para pequeños productores. *Córdoba Rosa*, 7(2), 79.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13832/1/DE00002_TRABAJO_DETITULACION.pdf
- Cuenca, J. (2019). EVALUACIÓN DE LA MINERALIZACIÓN DE BIOCHAR SOBRE PARAMETROS QUÍMICOS DEL SUELO EN DOS TIEMPOS DE INCUBACIÓN. *Universidad Técnica de Machala*, 61.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15160/1/DE00016_TRABAJO_DETITULACION.pdf

- Díaz, C. (2017). Uso de biochar de acícula de pino (*Pinus patula*) como enmienda de suelo negro andino (Andosol). *Universidad Del Azuay*, 64. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6828/1/12800.pdf>
- Erazo, C. (2019). Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L), en el cantón El Empalme provincia Guayas. *Universidad Internacional SEK*, 73. [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3361/1/FERMENTACION DE CACAO.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3361/1/FERMENTACION_DE_CACAO.pdf)
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbon. *Terra Latinoamericana*, 34, 16. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- ESPOL. (2016). Estudios industriales y orientación estratégica para la toma de decisiones para la Industria de cacao. In *Escuela Politécnica del Litoral*. <https://docplayer.es/26841915-Estudios-industriales-orientacion-estrategica-para-la-toma-de-decisiones-industria-de-cacao.html>
- FAOSTAT. (2020). *Producción de Cacao*. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Fedecacao. (2015). *Cosecha, Fermentación y Secado del Grano de Cacao*. 16. [https://www.fedecacao.com.co/portal/images/Cartilla/Fichas_Calidad_y Beneficio.pdf](https://www.fedecacao.com.co/portal/images/Cartilla/Fichas_Calidad_y_Beneficio.pdf)
- Gómez, A., Cruz, L., Jiménez, A., Ocampo, D., & Parra, Á. (2016). Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto en el crecimiento de maíz. *Revista U. D. C. A Actualidad & Divulgación Científica*, 19, 341–349. [https://www.researchgate.net/publication/329352805_Biochar_como_enmienda_e n_un_oxisol_y_su_efecto_en_el_crecimiento_de_maiz](https://www.researchgate.net/publication/329352805_Biochar_como_enmienda_e_n_un_oxisol_y_su_efecto_en_el_crecimiento_de_maiz)
- Gómez, L. (2017). Diseño de plan de producción de Cacao CCN-51 sector Las Piedras- Los Ríos para exportar. *Universidad de Guayaquil*, 73. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23568/1/Diseño_de_plan_de_producción de cacao CCN-51 sector las piedras- Los Rios para exportar.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23568/1/Diseño_de_plan_de_producción_de_cacao_CCN-51_sector_las_piedras- Los_Rios_para_exportar.pdf)
- González, Y., Palomino, C., & Elevina, P. (2012). Factores que inciden en la expresión de la calidad sensorial del chocolate. *ResearchGate, April 2014*, 19. [https://www.researchgate.net/publication/236606348_Factores_que_inciden_en_la _calidad_sensorial_del_chocolate?enrichId=rgreq-2ae901c5c7f451bb9d93eb6e8bd5d48a-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNjYwNjM0ODtBUzo5NzE1OTc2MD MxODQ3MkAxNDAwMTc2MTAwMjgz&e=1_x_3&_e](https://www.researchgate.net/publication/236606348_Factores_que_inciden_en_la_calidad_sensorial_del_chocolate?enrichId=rgreq-2ae901c5c7f451bb9d93eb6e8bd5d48a-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIzNjYwNjM0ODtBUzo5NzE1OTc2MDMxODQ3MkAxNDAwMTc2MTAwMjgz&e=1_x_3&_e)
- Guerra, P. (2015). Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 101. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1895/Q70.G84-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INEN. (2018). *Granos de cacao. Requisitos NTE INEN 176-5*. Norma Técnica Ecuatoriana. http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf

- Jimenez, J. (2017). Efecto del presecado sobre el porcentaje de fermentación y calidad sensorial del licor de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Universidad Técnica de Machala*, 79.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10589/1/DE00007_TRABAJO_DETITULACION.pdf
- Ledesma, I. (2017). Diseño de una planta piloto de pirólisis rápida de la fracción orgánica de rechazo de RSU. *Universidad de Sevilla*, 113.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91608/fichero/TFG+Isabel+Ledesma+Montaño.pdf>
- León, F., Calderon, J., & Mayorga, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(18), 45. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vo19iss18.2016pp45-55p>
- Llerena, K., & Uriña, Z. (2017). “Uso de Cultivos Iniciadores (Starter) en la Fermentación de Cacao Tipo Nacional Clon 103 y CCN51 en la Estación Pichilingue ubicada en Quevedo - Provincia de los Ríos.” *Universidad de Guayaquil*, 28050, 111.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28030/1/TESIS-FINAL-MARZO.pdf>
- Llerena, W. (2016). Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51. In *Universidad Internacional de Andalucía*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=664426>
- Lloor, R., Tarqui, O., Benavides, J., Quijano, G., Casanova, T., Garzón, I., Quiroz, J., Mestanza, S., Párraga, J., Subía, C., & Calderón, D. (2015). *MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ Estación Experimental Tropical Pichilingue Programa Nacional Cacao y Café Publicación Miscelánea No. 433 Estación Experimental*.
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4380/1/iniapeetpPM433Protocolo2.pdf>
- Marín, J., García, R., & Barrezueta, S. (2018). Elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. *Agroecosistemas*, December, 8. https://www.researchgate.net/publication/329659341_Elaboracion_de_biocarbon_obtenido_a_partir_de_la_cascara_del_cacao_y_raquis_del_banano?enrichId=rgreq-c14bd67370ac921793d2069ba33efd38-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyOTY1OTM0MTtBUzo3MDQyMDMyMDY5NjMyMjMBA
- Martínez, L. (2015). *Estandarización de Fermentación Cacao Luz Karine m / Chocolate / Saccharomyces Cerevisiae*. Scrib.
<https://es.scribd.com/document/254017862/Estandarizacion-de-Fermentacion-Cacao-Luz-Karine-m>
- Morales Intriago, F. L., Carrillo Zenteno, M. D., Ferreira Neto, J. A., Peña Galeas, M. M., Briones Caicedo, W. R., & Albán Moyano, M. N. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(1), 7. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.131>
- Nates, E. (2014). Evaluación Del Efecto De Biochar En El Suelo Y La Calidad De Los Frutos En Un Cultivo De Uchuva. *Pontificia Universidad Javeriana*, 44.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17900/NatesOcampoEvelynMaria2014.pdf?sequence=1>

- Navia, A., & Pazmiño, N. (2015). Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN51 a través de la Adición de Enzimas durante el Proceso de Fermentación. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 5, 14. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/31173/D-79626.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- Olmo, M. (2016). Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal. *Tesis*, 157. <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/13381/2016000001398.pdf?sequence=1#:~:text=En general%2C la adición de,crecimiento y la producción vegetal.>
- Pava, D. (2016). EFICACIA DE LOS MÉTODOS DE FERMENTACIÓN Y SECADO PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L). *Universidad Técnica de Machala*, 23. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7607/1/DE00004_EXAMENC OMPLEXIVO.pdf
- Pérez, A., Santamaria, E. K., Operario, D., Tarkang, E. E., Zotor, F. B., & Cardoso, S. R. de S. N. (2017). SISTEMA DE CALIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ESTÁNDARES DE CALIDAD PARA CACAO FINO Y DE AROMA DE COLOMBIA. *BMC Public Health*, 5(1), 30. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/04/Tercer-Entre-gable-Sistema-de-Calificación-y-Clasificación.pdf>
- Peréz, R. (2016). El beneficiado del cacao: secado, transporte, almacenamiento y evaluación de calidad (Parte II). *Anecacao*, 40. <http://www.anecacao.com/uploads/magazine/revista-anecacao-10-edicion.pdf>
- Quintana Fuentes, F. L., Gómez Castelblanco, S., García Jerez, A., & Martínez Guerrero, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(Volumen 6 Número 1 – enero-junio), 14. <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1284/1620>
- Rivera Fernández, R. D., Barrera Álvarez, A. E., Guzmán Cedeño, Á. M., Medina Quinteros, H. N., Casanova Ferrín, L. M., Peña Galeas, M. M., & Nivelá Morante, P. E. (2014). EFECTO DEL TIPO Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL CACAO (Theobroma cacao L.) TIPO NACIONAL. *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.165>
- Romero, J. (2016). Incidencia Del Metodo De Fermentacion En La Calidad De Las Almendras Y Licor De Theobroma Cacao L.Tipo Nacional. *Universidad Técnica de Machala*, 88. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7639/1/DE00030_TRABAJO DETITULACION.pdf
- Solórzano, C., Puyutaxi, E., Amores, F., Barragan, J., Nicklin, C., & Barzol, S. (2015). Comparación sensorial del cacao (Theobroma cacao L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Ciencias Agrarias*, 11. https://www.researchgate.net/publication/321636700_Comparacion_sensorial_del_

cacao_Theobroma_cacao_L_Nacional_fino_de_aroma_cultivado_en_diferentes_zonas_del_Ecuador

- Steinau, I. (2017). Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador. *Agrociencia. Serie Fitociencia*, 1(1), 101. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14635/1/13101640.pdf>
- Tangri, N., & Wilson, M. (2017). Gasificación y pirólisis de residuos: procedimientos de alto riesgo y baja rentabilidad para el tratamiento de residuos. *Gaia*, 1, 18. <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Gasificación-y-pirólisis-2017-ESP-1.pdf>
- Tenesaca, D. (2019). Balance energético de la producción de bioetanol a partir de mucílago de cacao CCN-51 en los cantones Camilo Ponce Enríquez y La Troncal. *UNIVERSIDAD DE CUENCA*, 76. [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32301/1/Trabajo de Titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32301/1/Trabajo_de_Titulación.pdf)
- Vassallo, M. (2015). Cadena del cacao en Ecuador. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Velastegui, P. (2019). Investigación del cacao de Santo Domingo de los Tsáchilas para sus múltiples usos en la gastronomía. *Universidad San Francisco de Quito*, 81. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8457/1/143700.pdf>
- Zambrano, G. (2018). Evaluación de la influencia del proceso de beneficio del cacao (*Theobroma cacao*) CCN-51 de altura en su calidad final, mediante el análisis físico, físico-químico y sensorial. *Universidad Central Del Ecuador*, 2, 107. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16624/1/T-UCE-0008-CQU-044.pdf>

8. ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de granos secos de cacao por el grado de fermentación

			
<h3 style="text-align: center;">CLASIFICACIÓN DE ALMENDRAS SECAS DE CACAO POR EL GRADO DE FERMENTACIÓN</h3>			
Características	Clasificación de los granos	Causas	Efecto de las almendras en el chocolate
<ul style="list-style-type: none"> • Color café • Grietas • Quebradizo • La cáscara se separa fácilmente del cotiledón 	<p style="text-align: center;">Fermentación buena</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de una buena fermentación y secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Buen sabor y aroma • Sabor a cacao • Máxima expresión del sabor ARRIBA, disminuye los sabores fuertes como: <ul style="list-style-type: none"> - amargo - ácido o agrio y - manchoso o astringente
<ul style="list-style-type: none"> • Color café con violeta • Menos grietas • Menos quebradizo • Aspecto algo compacto 	<p style="text-align: center;">Fermentación media</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta cuando el tiempo de fermentación es insuficiente • Remociones tardías • Baja temperatura, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad del sabor y aroma es aceptable, cualidades aprovechables para la fabricación de chocolates. • Niveles de la astringencia: acidez y amargor más altos que en las almendras bien fermentadas
<ul style="list-style-type: none"> • Color violeta intenso • Aspecto compacto o semi compacto 	<p style="text-align: center;">Violeta</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de interrupción de la fermentación • Secado muy rápido 	<ul style="list-style-type: none"> • Astringencia y acidez fuerte poco recomendables para la elaboración de chocolates • El desarrollo de los hongos son favorecidos cuando la testa está rota y el contenido de humedad en las almendras supera el 7%.
<ul style="list-style-type: none"> • Color gris negruzco, opaco • Son muy compactos • Su sabor es muy desagradable y prolongado 	<p style="text-align: center;">Pizarra</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de fermentación 	<ul style="list-style-type: none"> • El sabor es extremadamente amargo, astringente y muy desagradable
<ul style="list-style-type: none"> • Coloración blanquecina y en ocasiones verdosa o amarilla 	<p style="text-align: center;">Mohoso</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo de los hongos se favorece cuando la testa está rota el contenido de humedad de las almendras supera el 7% 	<ul style="list-style-type: none"> • Producen olores y sabores desagradables • Dan origen a sustancias perjudiciales para la salud • Su presencia es un defecto altamente indeseable para la industria
<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de insectos • Huevos y excrementos de los insectos • En ocasiones las almendras están deterioradas hasta el 90% 	<p style="text-align: center;">Infestado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Son granos atacados por insectos • Poca limpieza de las bodegas • Falta de fumigación y • Almacenamiento por largo tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Producen olores y sabores indeseables • Es un defecto grave que inutiliza las almendras para el uso industrial

Anexo 2. Resultado de la catación del licor de cacao

Tratamientos	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Caramelo	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho
Testigo	2.00	0.25	0.25	0.50	0.00	3.25	2.75	3.00	1.50	0.75
T1	2.75	1.25	0.25	0.75	0.00	2.75	2.75	2.50	1.00	0.25
T2	2.50	0.75	0.25	0.50	0.25	3.00	2.00	2.50	0.50	0.50
T3	2.50	1.00	0.75	1.00	0.50	2.50	2.00	2.25	0.50	0.00
T4	3.25	0.50	1.50	1.75	1.00	1.50	1.50	2.00	0.00	0.00
T5	2.75	1.25	1.50	1.75	0.75	2.50	1.50	2.00	0.75	0.00
T6	2.75	0.25	0.75	0.75	0.25	2.00	2.25	2.75	1.00	1.00

Anexo 3. Índice de mazorca, índice de grano y porcentaje de cascarilla obtenidos en los diferentes tratamientos

Tratamientos	Códigos	Índice de Mazorca	Índice de Grano	Porcentaje de Cascarilla
T1	BG	19.67	1.42	7.32
T2	BFG	17.18	1.45	9.52
T3	BFG2	14.77	1.51	8.70
T4	FG	15.29	1.37	9.09
T5	SG	20.8	1.17	9.30
T6	CBG	19.52	1.57	13.33
T7	Testigo	18.17	1.36	8.89

Anexo 4. Porcentaje de fermentación obtenido en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Códigos	Porcentaje de Fermentación (Prueba de corte)					
		Bueno	Medio	Pizarro	Violeta	Mohoso	Infestado
T1	BG	65	20	0	4	5	6
T2	BFG	61	20	0	3	10	6
T3	BFG2	61	26	0	3	7	3
T4	FG	68	19	5	4	4	0
T5	SG	60	19	7	2	10	2
T6	CBG	58	13	11	5	13	0
T7	Testigo	58	17	7	4	14	0

Anexo 5. Fotografías



Foto 1: Selección y etiquetado de plantas por tratamiento.



Foto 4: Cosecha de mazorcas sanas y maduras



Foto 2: Preparación de la mezcla de las diferentes dosis por tratamiento



Foto 5: Clasificación de mazorcas por planta y tratamiento



Foto 3: Aplicación de las diferentes dosis por tratamiento



Foto 6: Toma de datos del peso de mazorcas por planta y tratamiento



Foto 7: Desgrane manual y toma de datos del peso de granos frescos



Foto 10: Selección y peso de 100 granos por tratamiento



Foto 8: Fermentación de granos por el método de cajón de madera a 1 nivel



Foto 11: Prueba de corte en 100 granos de cacao



Foto 9: Secado natural de granos en secadora de marquesina



Foto 12: Licuado y triturado de granos



Foto 13: Molienda y obtención de pasta de cacao



Foto 14: Muestras para determinar el análisis sensorial