



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTOS EN LA
PRODUCCIÓN Y FITOSANIDAD DEL CACAO (*THEOBROMA CACAO*
L.) CULTIVAR CCN-51

NOLES LEON MERCEDES JOHANNA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EVALUACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTOS EN LA
PRODUCCIÓN Y FITOSANIDAD DEL CACAO (THEOBROMA
CACAO L.) CULTIVAR CCN-51

NOLES LEON MERCEDES JOHANNA
INGENIERA AGRÓNOMA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN Y
FITOSANIDAD DEL CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*) CULTIVAR CCN-51

NOLES LEON MERCEDES JOHANNA
INGENIERA AGRÓNOMA

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 18 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

Tesis de grado JMNL

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

2%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 2%

Excluir bibliografía

Apagado

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

La que suscribe, NOLES LEON MERCEDES JOHANNA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN Y FITOSANIDAD DEL CACAO (THEOBROMA CACAO L.) CULTIVAR CCN-51, 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.

La autora 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.

La autora 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, 18 de diciembre de 2020


NOLES LEON MERCEDES JOHANNA
0706113651

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios y a la Virgen de Chilla por guiarme y darme la fortaleza, sabiduría e inteligencia hasta este momento de mi vida.

A mis abuelita María Montaña por darme su amor y ser la fuente de inspiración que me alentó a superarme día a día hasta culminar mis estudios universitarios, a mis padres Freddy Noles Montaña y Marisol Leon Suarez por ser un ejemplo de fortaleza a seguir, e inculcarme buenos valores y darme su apoyo incondicional en todo momento, a mis hermanos Leiver y Ariel por ser un pilar fundamental en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Mi infinito agradecimiento a Dios por darme vida, salud y fortaleza para culminar mi formación universitaria.

A mis padres y hermanos por todo el apoyo brindado, por depositar su confianza y alentarme a continuar preparándome. De manera general a toda mi familia que de una u otra manera contribuyeron en mi formación académica

A Bryan Azuero Gaona por ser un apoyo incondicional en todo momento y por incentivarme a ser perseverante hasta cumplir las metas trazadas.

Al Ing. Agr. José Quevedo Guerrero director del trabajo de titulación por compartir sus conocimientos en cada una de las cátedras impartidas y motivarme a seguir adelante en momentos cuando parecía que ya no podía continuar.

Al Dr. Julio Chabla Carrillo PhD y Dr. Rigoberto García Batista miembros del tribunal por brindarme su apoyo en todo mi trabajo de titulación.

Al señor Benigno Ramon dueño de la Finca “Ramon” por permitirme desarrollar el trabajo de campo y siempre estar predispuesto a colaborar en todo el proceso.

A mis compañeros Carolina Quiñonez, Nayelhi Valarezo, Gabriela Ajila, Jhony Niola y Alex Rodríguez, por su amistad y brindarme su apoyo en todas las actividades académicas encomendadas, también a Francisco Balladares, Jimena Quito y Dayse Farez por ayudarme en todo el trabajo de campo y toma de datos.

**EVALUACIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS: EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN Y
FITOSANIDAD DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) CULTIVAR CCN-51**

Noles Leon, Johanna

Quevedo Guerrero, José

RESUMEN

El cacao es un fruto tropical de gran importancia económica para todos los países que lo producen, mediante su producción genera empleo de forma directa e indirecta a lo largo de toda su cadena productiva. Ecuador ocupa el cuarto lugar como exportador de cacao en grano a nivel mundial y por las características organolépticas que posee lidera la producción de cacao fino y de aroma en los mercados internacionales. A nivel nacional entre las principales provincias que lo producen se encuentra la provincia de El Oro que cuenta con las condiciones climáticas adecuadas que le permiten desarrollar al máximo su potencial productivo aumentando la rentabilidad del cultivo y por lo tanto garantiza una buena economía al productor. Lo negativo se encuentra en el uso indiscriminado de agroquímicos que degradan el suelo, contaminan el agua y pone en riesgo la salud de las personas, es por esto que surge una propuesta para contrarrestar los factores negativos mediante la aplicación edáfica de biocarbón y microorganismos de montaña sólidos en combinación con otras enmiendas orgánicas con el objetivo de mejorar la producción y fitosanidad del cultivo de cacao CCN-51, que es un híbrido precoz y de alta productividad. La presente

investigación se desarrolló en el Sitio Rio Negro de la Parroquia La Victoria perteneciente al Cantón Santa Rosa, el diseño experimental que se planteo fue bloques completamente al azar con seis tratamientos y un testigo cada uno con diez repeticiones: T1: Biocarbón (100g) +(50g) de Microorganismos de montaña sólidos; T2: Biocarbón (100g) + Fossil Shel Fluor (5g) + (50g) de Microorganismos de microorganismos sólidos; T3: Biocarbón (50g) + Fossil Shel Fluor (10g) + (50g) de Microorganismos de montaña sólidos; T4: Fossil Shel Fluor (10g) + (50g) de Microorganismos de montaña sólidos; T5: Silicato de Calcio (50g) + (50g) de Microorganismos de montaña sólidos; T6: Cal agrícola (50g) + biocarbón (50g) + (50g) de Microorganismos de montaña sólidos. Las variables evaluadas fueron: número de mazorcas por planta (NMP), numero de mazorcas sanas (NMS), numero de mazorcas enfermas (NME), peso de mazorca (PM), peso de semilla en fresco (PSF), numero de semillas por mazorca (NSM), peso seco de las semillas (PSS), índice de mazorca (IM), índice de semillas (IS), índice de cascarillas (IC), porcentaje de fermentación buena (FB), porcentaje de fermentación media (FM), porcentaje de fermentación pizarra (FP), porcentaje de fermentación violeta (FV), porcentaje de fermentación con moho (FMH), porcentaje de humedad (PDH) y rendimiento (RTO). Los datos obtenidos se analizaron con el software estadístico SPSS mediante el ANOVA de un factor y la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Los resultados obtenidos señalan que es muy rentable aplicar el biocarbón en combinación con los microorganismos de montaña sólidos para favorecer la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta. Las enmiendas orgánicas a base de silicio fortalecen la pared celular por lo tanto generan resistencia a la planta contra el ataque de plagas y enfermedades, también disminuye el estrés hídrico permitiéndole tener un incremento en su rendimiento lo que se traduce en ganancias para el agricultor. En la prueba de ANOVA de un factor muestra que existe

diferencia significancia para la variable NMS, NME, IM, PDH Y RTO. El T1 y T2 con (59,10 y 53,59 qq/ha/año) respectivamente muestran las medias más altas en producción y también el mejor estado fitosanitario dejando en evidencia que el biocarbón potencia el efecto de las enmiendas orgánicas que lo acompañan, además mejora la salud del suelo al ser aplicados de forma edáfica e incrementa la reserva de nutrientes en la zona radicular de la planta, lo que facilita la absorción para una óptima producción. El T4 obtuvo la media más baja en RTO, NMP y NMS. En la prueba de corte para evaluar la calidad física de las almendras el mayor porcentaje de fermentación buena (FB) obtuvo el T4 (92,6%), lo que indica que se encuentra en el rango permitido por la industria chocolatera, sin embargo obtuvo el (0,9%) de FMH; el Testigo obtuvo el (9,5%) en fermentación media (FM); FP el Testigo con (0,3%); FV el Testigo con (1,2%). Para concluir, la aplicación de biocarbón + MMS mejora la producción y fitosanidad del cultivo además tiene un bajo costo nutricional por hectárea de \$ 113,32 y un beneficio de \$4725,5 en comparación con los otros tratamientos demostrando que estas dos enmiendas son efectivas y de bajo costo para ser aplicadas en una plantación de cacao.

Palabras clave: Biocarbón , microorganismos de montaña sólidos, cacao, fitosanidad, producción.

**EVALUATION OF ORGANIC AMENDMENTS: EFFECTS ON COCOA PRODUCTION
AND PHYTOSANITARY (*Theobroma cacao* L.) CULTIVAR CCN-51**

Noles Leon, Johanna

Quevedo Guerrero, José

ABSTRACT

Cocoa is a tropical fruit of great economic importance for all the countries that produce it, through its production it generates employment directly and indirectly throughout its production chain. Ecuador is the fourth largest exporter of cocoa beans in the world and due to its organoleptic characteristics it leads the production of fine and aromatic cocoa in international markets. At a national level, among the main provinces that produce cocoa is the province of El Oro, which has the appropriate climatic conditions that allow it to develop its productive potential to the maximum, increasing the profitability of the crop and therefore guaranteeing a good economy for the producer. The negative side is the indiscriminate use of agrochemicals that degrade the soil, contaminate the water and put people's health at risk. This is why a proposal has arisen to counteract the negative factors by applying biochar and solid mountain microorganisms in combination with other organic amendments in order to improve the production and phytosanitary conditions of the CCN-51 cocoa crop, which is an early hybrid with high productivity. The present research was developed in the Rio Negro Site of La Victoria Parish, belonging to Santa Rosa County. The experimental design was proposed in completely randomized blocks with six treatments and one control each with ten repetitions: T1: Biocarbon (100g) + (50g) of solid

mountain microorganisms; T2: Biocarbon (100g) + Fossil Shel Fluor (5g) + (50g) of solid mountain microorganisms; T3: Biocarbon (50g) + Fossil Shel Fluor (10g) + (50g) of solid mountain microorganisms; T4: Fossil Shel Fluor (10g) + (50g) of Solid Mountain Microorganisms; T5: Calcium Silicate (50g) + (50g) of Solid Mountain Microorganisms; T6: Agricultural Lime (50g) + Biocoal (50g) + (50g) of Solid Mountain Microorganisms. The variables evaluated were: number of ears per plant (NMP), number of healthy ears (NMS), number of diseased ears (NME), ear weight (PM), fresh seed weight (PSF), number of seeds per ear (NSM), seed dry weight (PSS), ear index (IM), seed index (IS), husk index (CI), percentage of good fermentation (FB), percentage of medium fermentation (FM), percentage of slate fermentation (PF), percentage of violet fermentation (FV), percentage of mold fermentation (FMH), percentage of humidity (PDH) and yield (RTO). The data obtained were analyzed with the SPSS statistical software using the one-factor ANOVA and the Tukey test ($\alpha = 0,05$).

The results obtained indicate that it is very profitable to apply biocoal in combination with solid mountain microorganisms to promote the availability of the necessary nutrients for plant development. The organic amendments based on silicon strengthen the cell wall thus generating resistance to the plant against the attack of pests and diseases, also reduces water stress allowing you to have an increase in their performance which translates into profits for the farmer. In the one-factor ANOVA test it shows that there is significant difference for the NMS, NME, IM, PDH and RTO variable. The T1 and T2 with (59.10 and 53.59 qq/ha/year) respectively show the highest averages in production and also the best phytosanitary condition, leaving evidence that biochar enhances the effect of organic amendments that accompany it, also improves soil health when applied in an edaphic way and increases the reserve of nutrients in the root zone of the plant, which facilitates the absorption for an optimal production. T4 obtained the lowest average in RTO, NMP

and NMS. In the cutting test to evaluate the physical quality of the almonds, the highest percentage of good fermentation (BF) obtained T4 (92.6%), which indicates that it is within the range allowed by the chocolate industry, however it obtained (0.9%) of HF; the Control obtained (9.5%) in medium fermentation (MF); FP the Control with (0.3%); VF the Control with (1.2%). In conclusion, the application of biochar + MMS improves the production and phytosanitary of the crop and has a low nutritional cost per hectare of \$ 113.32 and a benefit of \$ 4725.5 compared to other treatments demonstrating that these two amendments are effective and low cost to be applied in a cocoa plantation.

Keywords: Biocoal, solid mountain microorganisms, cocoa, phytosanitary, production.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVO GENERAL	16
Objetivo específico	16
2. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. Origen	17
2.2. Principales países productores de cacao	17
2.3. Importancia del cacao en el mundo y Ecuador	18
2.4. Zonas productoras de cacao en Ecuador	19
2.5. Producción de cacao en Ecuador	19
2.6. Clasificación taxonómica	20
2.7. Variedades de cacao en el Ecuador	21
2.7.1. Criollo	21
2.7.2. Forastero	21
2.7.3. Cacao Nacional o Fino de Aroma	21
2.7.4. Trinitario	22
2.7.5. Cacao CCN-51	22
2.8. Morfología de la planta	23
2.8.1. Sistema radicular	23
2.8.2. Tallo o ramas	23
2.8.3. Hojas	24
2.8.4. Inflorescencia	25
2.8.5. Fruto	26
2.9. Factores edafoclimáticos	27
2.9.1. Suelo	27
2.9.2. pH	27
2.9.3. Precipitación	28
2.9.4. Temperatura	28
2.9.5. Viento	28
2.9.6. Altitud	28

2.9.7.	<i>Luminosidad</i>	29
2.10.	Labores culturales	29
2.10.1.	<i>Control de malezas</i>	29
2.10.2.	<i>Manejo de sombra</i>	29
2.10.3.	<i>Poda</i>	29
2.10.4.	<i>Riego</i>	30
2.10.5.	<i>Fertilización</i>	31
2.10.6.	<i>Control de Plagas y enfermedades</i>	31
2.11.	Principales plagas	32
2.11.1.	<i>Chinche del cacao</i>	32
2.11.2.	<i>Barrenador del tronco</i>	32
2.11.3.	<i>Hormigas arrieras</i>	32
2.12.	Principales enfermedades	33
2.12.1.	<i>Moniliasis</i>	33
2.12.2.	<i>Mazorca Negra</i>	34
2.12.3.	<i>Escoba Bruja</i>	34
2.13.	Cosecha	35
2.14.	Postcosecha	35
2.14.1.	<i>Quiebre</i>	35
2.14.2.	<i>Fermentación</i>	35
2.14.3.	<i>Secado</i>	36
2.14.4.	<i>Almacenamiento</i>	36
2.15.	Biocarbón	37
2.16.	Microorganismo de Montaña	38
2.17.	Fossil Shell	39
2.18.	Silicato de Calcio	40
2.19.	Cal Agrícola	40
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1.	Materiales	41
3.1.1.	<i>Localización del ensayo</i>	41
3.1.2.	<i>Ubicación Geográfica</i>	42
3.1.3.	<i>Materiales</i>	42
3.1.4.	<i>Tratamientos</i>	43

3.1.5.	<i>Variables evaluadas</i>	44
3.2.	Metodología	44
3.2.1.	<i>Diseño experimental</i>	44
3.2.2.	<i>Preparación del biocarbón</i>	45
3.2.3.	<i>Preparación de los microorganismos de montaña sólidos</i>	45
3.2.4.	<i>Análisis de suelo</i>	46
3.2.5.	<i>Preparación de los tratamientos</i>	46
3.2.6.	<i>Herculizado</i>	47
3.2.7.	<i>Aplicación de los tratamientos</i>	47
3.2.8.	<i>Cosecha</i>	47
3.2.9.	<i>Fermentado</i>	48
3.2.10.	<i>Secado</i>	48
3.2.11.	<i>Medición de las variables</i>	48
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1.	ANOVA de un factor	51
4.2.	Número de mazorcas por planta	52
4.3.	Número de mazorcas sanas	53
4.4.	Número de mazorcas enfermas	55
4.5.	Peso Mazorca	56
4.6.	Peso de semilla en fresco	58
4.7.	Número de semillas por mazorca	60
4.8.	Peso seco de semillas	61
4.9.	Índice de mazorca	63
4.10.	Índice de semilla	64
4.11.	Índice de cascarilla	65
4.12.	Porcentaje de fermentación buena	67
4.13.	Porcentaje de fermentación media	68
4.14.	Porcentaje de fermentación pizarra	69
4.15.	Porcentaje de fermentación violeta	70
4.16.	Porcentaje de fermentación con moho	72
4.17.	Porcentaje de humedad	72
4.18.	Rendimiento	74
4.19.	Análisis económico de los tratamientos	75

5. CONCLUSIONES	77
6. RECOMENDACIONES	78
7. BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales países productores a nivel mundial. Fuente; (FAOSTAT, 2018)	18
Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados.....	43
Tabla 3. ANOVA de un factor para las variables evaluadas.	51
Tabla 4. Prueba de Tukey para la variable número de mazorcas por planta.	52
Tabla 5. Prueba de Tukey para variable número de mazorcas sanas.	54
Tabla 6. Prueba de Tukey para variable número de mazorcas enfermas.	56
Tabla 7. Prueba de Tukey para variable peso de mazorca.	57
Tabla 8. Prueba de Tukey para variable peso de semilla en fresco.....	59
Tabla 9. Prueba de Tukey para variable número de semillas por mazorca.	60
Tabla 10. Prueba de Tukey para variable peso seco de semillas.	62
Tabla 11. Prueba de Tukey para variable índice de mazorca.	63
Tabla 12. Prueba de Tukey para variable índice de semilla.....	64
Tabla 13. Prueba de Tukey para variable índice de cascarilla.	66
Tabla 14. Prueba de Tukey para variable porcentaje de fermentación buena.	67
Tabla 15. Prueba de Tukey para variable porcentaje de fermentación media.....	68
Tabla 16. Prueba de Tukey para variable porcentaje de fermentación violeta.....	71
Tabla 17. Prueba de Tukey para variable porcentaje de humedad.....	73
Tabla 18. Prueba de Tukey para variable rendimiento.	75
Tabla 19. Análisis económico de los tratamientos.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Origen del cacao	17
Figura. 2. Rama de cacao.....	24
Figura. 3. Hoja de cacao.	25
Figura. 4. Inflorescencia de cacao.....	26
Figura. 5. Mazorca y semillas de cacao.	27
Figura. 6. Mapa de ubicación de la Finca "Ramon"	41
Figura. 7. Variable número de mazorcas por planta.....	53
Figura. 8. Variable número de mazorcas sanas.	55
Figura. 9. Variable de número de mazorcas enfermas.....	56
Figura. 10. Variable peso de la mazorca.	58
Figura. 11. Diagrama de cajas y bigotes para la variable peso de semilla en fresco.....	59
Figura. 12. Diagrama de cajas y bigotes para la variable número de semillas por mazorca.	61
Figura. 13. Diagrama de cajas y bigotes para la variable peso seco de semillas.	62
Figura. 14. Variable índice de mazorca.....	64
Figura. 15. Diagrama de cajas y bigotes para la variable índice de semilla.....	65
Figura. 16. Diagrama de cajas y bigotes para la variable índice de cascarilla.	67
Figura. 17. Variable porcentaje de fermentación buena.	68
Figura. 18. Variable porcentaje de fermentación media.....	69
Figura. 19. Porcentaje de fermentación pizarra.....	70
Figura. 20. Porcentaje de fermentación violeta.	71
Figura. 21. Porcentaje de fermentación con moho	72
Figura. 22. Porcentaje de humedad.....	74
Figura. 23. Variable de rendimiento.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo. 1. Cultivo de cacao a evaluar.....	85
Anexo. 2. Microorganismos de montaña recolectados.....	85
Anexo. 3. Biochar elaborado de mazorcas enfermas de cacao.....	86
Anexo. 4. Microorganismos de montaña sólidos	86
Anexo. 5. Toma de muestras de suelo	87
Anexo. 6. Peso de cada tratamiento a aplicar	87
Anexo. 7. Aplicación de los tratamientos.....	88
Anexo. 8. Toma de datos de las plantas evaluadas.....	88
Anexo. 9. Cultivo de cacao antes de la cosecha.....	89
Anexo. 10. Cosecha y toma de datos de las mazorcas	89
Anexo. 11. Mazorcas de cada tratamiento	90
Anexo. 12. Secado natural del cacao en marquesina.....	91
Anexo. 13. Proceso de corte para evaluar la calidad de las almendras.....	91

1. INTRODUCCIÓN

El cacao es la especie del género *Theobroma* que más se cultiva debido a la gran importancia socioeconómica en América Latina por ser uno de los principales productos exportables, ya sea en materia prima o elaborados (Sanchez, Zambrano, & Iglesias, 2019). A nivel mundial durante los últimos cinco años el cacao ha tenido una producción aproximada de 4'961.801 TM en 11'139.164 hectáreas, donde el principal productor es Costa de Marfil concentrando el 39.1% de la producción mundial siguiendo en orden de importancia Ghana (19,09%), Indonesia (13,97%), Nigeria (6,86%), Camerún (6,25%), Brasil (5,36%) y Ecuador (4,12%) (FAOSTAT, 2018).

Según (Guerrero G. , 2013), el cacao en Ecuador es considerado el producto de exportación más antiguo, por lo tanto ha estado estrechamente ligado a la economía de este país. La producción del cacao representa uno de los principales rubros del Sector Agropecuario, generando recursos y empleo, además contribuye al desarrollo y progreso de la economía ecuatoriana. La mayor concentración del cultivo del cacao se encuentra en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro, en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes y en las provincias del nororiente del Ecuador (Sucumbíos, Orellana y Napo) que en los últimos años la superficie sembrada ha incrementado correspondiendo al cacao tipo Nacional.

El cacao CCN-51 es una variedad precoz que se caracteriza por su capacidad productiva, siendo esta cuatro veces mayor a las clásicas producciones y a su vez por ser resistente a las enfermedades. (CEPAL, 2015). Las cifras de rendimientos tienen una alta variabilidad al depender de un adecuado manejo agronómico que incluye un programa fertilización, manejo de plagas y enfermedades,

manejo postcosecha, todos estos factores afectan la producción y la calidad de las almendras (Mora, F, y otros, 2014).

La presente investigación surge a partir de la problemática del uso indiscriminado de productos químicos que ocasiona una degradación del suelo, por lo tanto es imprescindible buscar una alternativa amigable con el medio ambiente, mediante la aplicación de abonos y enmiendas orgánicas como el biocarbón y microorganismos de montaña que ayudaran a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, mejorando la estructura, aumentando la porosidad, aireación e infiltración y retención de agua, al mismo tiempo disminuye la pérdida de fertilidad y mitiga la degradación de los suelos que ocasionan una baja productividad del cultivo.

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar el efecto de diferentes enmiendas orgánicas usadas de forma edáfica para mejorar la producción y fitosanidad del cultivo de cacao cultivar CCN-51.

Objetivo específico

- ❖ Determinar el efecto de seis tratamientos de enmiendas edáficas en la producción de cacao CCN-51 mediante la determinación de parámetros agronómicos.
- ❖ Evaluar el comportamiento fitosanitario de las plantas bajo seis tratamientos de enmiendas edáficas.
- ❖ Determinar el costo beneficio de los tratamientos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

El origen del cultivo de cacao es originario de los trópicos húmedos de América, su centro de origen está en América del Sur específicamente en la cuenca del río Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Brasil y Perú, esta área es el epicentro con mayor biodiversidad genética y de ahí se expandió a América central y el resto de Sudamérica (Espinosa & Mosquera, 2012).



Figura. 1. Origen del cacao
Fuente: (Espinosa & Mosquera, 2012)

2.2. Principales países productores de cacao

La mayor producción mundial de cacao por regiones tiene África que cubre el 71.1%, seguido de América 16.1%, Asia 11,9% y en último lugar esta Oceanía 1%. A nivel países en orden de importancia son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador, Perú,

República Dominicana y Colombia que concentran el 93% de la producción total. Sin embargo la producción del cultivo durante los últimos diez años muestran que África creció un 5%, América en 3,% mientras que Asia cayó un 8%. (FAOSTAT, 2018)

Tabla 1. Principales países productores a nivel mundial. Fuente; (FAOSTAT, 2018)

Países	Producción (t)
Costa de Marfil	1,963,949
Ghana	947,632
Indonesia	593, 832
Nigeria	332,927
Camerún	307,867
Brasil	239,387
Ecuador	235,182
Perú	134,676
República Dominicana	85,139
Colombia	52,743

2.3.Importancia del cacao en el mundo y Ecuador

La producción de cacao tiene una historia muy relevante en la economía del país, la planta de cacao es un árbol perenne que requiere climas húmedos, su fruto es una baya del que se obtienen las semillas que se utilizan para la elaboración de múltiples alimentos entre los que destaca el chocolate. Según (FAO, 2018) en el mundo hay 11'834.979 hectáreas cultivadas con una producción de 5'252.377 TM.

Según (Quintero & Diaz, 2004), el comercio mundial del cacao en grano es de gran importancia para los países que lo producen, constituyéndose en una base para su economía a partir de la obtención de subproductos y productos finales mediante procesos industriales. (Acebo M. , 2016), manifiesta que el Ecuador es un país que se dedica a la actividad agrícola en un 70%, entre ellas se encuentra la producción de cacao que está fuertemente ligado a la economía del país por ser el cuarto rubro de las exportaciones no petroleras con el 5% del total. Se estima que alrededor de 600 mil personas participan directamente en la cadena productiva del cacao representando 5% de la PEA nacional y 15% de la PEA rural (ANECACAO, 2019).

2.4.Zonas productoras de cacao en Ecuador

La producción del Cacao en el Ecuador esta principalmente en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, Esmeraldas, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas; en la Región Sierra en las provincias de, Cotopaxi, Bolívar, Cañar, y en la región Amazónica en las provincias de Orellana, Napo y Zamora Chinchipe, donde su máxima distribución es en la región Costa. (Lopez, 2017).En la provincia de El Oro la distribución se encuentra en los cantones de Guabo, Pasaje, Machala, Santa Rosa y Arenillas (Barrezueta, Prado, & Jimbo, 2017).

Estas zonas presentan las condiciones climáticas adecuadas que le permiten desarrollar su potencial productivo y que le otorga características organolépticas de alta calidad que lo hace apetecido en los mercados nacionales como internacionales, además de tener un suelo fértil que permite obtener un alto rendimiento e incrementar su demanda (Guerrero G. , 2015).

2.5.Producción de cacao en Ecuador

A nivel mundial se exportan 3,3 millones de toneladas de cacao en grano, de las cuales América Latina y el Caribe participa con 15% (Tapia, 2018). La producción anualmente va incrementando

y se vuelve muy importante para la economía de los productores, se estima que la producción ecuatoriana en el año 2018 fue de 235,182 Tm en una superficie de 501,950 ha (FAOSTAT, 2018). El cultivo de cacao en Ecuador está constituida especialmente por pequeños productores, aproximadamente el 70%, seguido por productores medianos con un 20% y grandes productores que representan aproximadamente un 10%. (Ibarra A. , 2019)

Es un producto tradicional en la canasta exportadora del país, representando el 6,33% del suministro total y productos procesados siendo sus principales destinos la Unión Europea y Estados Unidos . Las exportaciones totales durante el año 2018 fue de 315 mil TM con una variación del 5% respecto al año anterior. (ANECACAO, 2019). Cabe resaltar que cerca del 70% de la producción mundial de cacao fino de aroma se encuentra en nuestras tierras ecuatorianas convirtiéndose en el mayor productor de cacao fino de aroma del mundo.

Las exportaciones de cacao en grano el 30% corresponde a la variedad CCN-51; 47% al tipo Arriba de menor calidad, que se dirigieron principalmente a EE.UU.; mientras que 23% fueron del tipo Arriba de más alta calidad, mayormente enviado a Europa y Japón. (Acebo, 2016)

(Lema, 2019) La variedad de cacao Complejo Nacional en el 2019 tuvo un óptimo rendimiento de 0,45 t ha⁻¹ de almendras seca en las provincias de Imbabura, Sucumbíos, Carchi y Santa Elena con mayor productividad; el cacao híbrido CCN-51 las provincias de Imbabura, El Oro, Cañar y Santo Domingo de los Tsáchilas tuvieron un rendimiento de 0,75 t ha⁻¹ Esta diferencia en el rendimiento se debe a que el 90% de la producción de cacao Nacional es cultivada bajos sistemas tradicionales o semitecnificados, mientras que el CCN-51 se efectúa en sistemas tecnificados.

2.6. Clasificación taxonómica

Según (Batista, 2009), al referirse a la clasificación indica que queda de la siguiente manera:

División: Espermatofita

Clase: Angiosperma

Subclase: Dicotiledónea

Orden: Malvales

Familia: Esterculiáceas

Género y especie: *Theobroma cacao* L.

2.7. Variedades de cacao en el Ecuador

2.7.1. Criollo

Es de producción baja y de alta calidad; las características más sobresalientes las tiene el fruto que posee una cascara suave de color blanco o violeta, con 10 surcos profundos con otro de menor profundidad, su curvatura es rugosa y termina en una punta delgada. Las semillas son grandes, cilíndricas, dulces y de ellas se elabora el cacao denominado fino (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

2.7.2. Forastero

Su centro de origen se limita a zona de América del sur. Su fruto tiene una cascara dura más o menos lisa, su coloración va de verde claro o rosado pálido y luego se ponen amarillas, tienen una apariencia redondeada. Los granos son aplanadas de color morado y sabor amargo (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

2.7.3. Cacao Nacional o Fino de Aroma

Es una planta de hoja perenne con una altura de 6 a 10 metros, sus mazorcas son de color rojo o amarillo, requiere de humedad, sombra y un suelo rico en nutrientes. Su producción inicia a partir del tercer a cuarto año de edad. Es considerado uno de los mejores cacaos del mundo por sus

características de calidad y aroma que se parecen a los criollos, por esto es utilizado como materia prima para la elaboración de chocolates finos (Avalos, 2014).

2.7.4. Trinitario

En la actualidad es la variedad más cultivada a nivel mundial. Son plantas fuertes de tronco grueso y grandes hojas que surge del cruce de la variedad criolla y forastero las mazorcas por lo general son de muchas formas y colores; las semillas son más grandes respecto a las otras variedades (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

2.7.5. Cacao CCN-51

Según (Cedeño, 2011) Homero Castro Zurita inicio su arduo trabajo de investigación en Naranjal en 1960 en la Haciendas Pechichal, Sofía y Theobroma con la finalidad de buscar materiales mejorados y lograr de forma privada varios híbridos con características superiores en cuanto a tolerancia de enfermedades, alta productividad y calidad. El clon CCN-51 fue obtenido de la hibridación entre ICS-95 (Trinitario) y IMC-67 (Forastero), posteriormente realizó un segundo cruce a dicho híbrido con un Canelos (Trinitario) encontrado en el Oriente ecuatoriano al que identificó con las siglas, CCN cuyo significado es “Colección Castro Naranjal” y de entre los cuales sobresalió CCN-51, mismo que una vez catalogado por Homero Castro como “Promisorio” y comprobadas todas sus características se procedió a su respectiva propagación en 1965.

Características

- Es un cultivo precoz y su producción inicia a los dos años de edad, la principal característica de este híbrido es si alta productividad.
- Autocompatible, es decir no necesita polinización cruzada para una adecuada fructificación.

- Tolerancia a la “escoba bruja”, enfermedad de gran importancia para el cultivo de cacao
- Fácil adaptación: se adapta a casi todas las zonas tropicales, pero no supera los 1000 msnm.
- Excelente índice de mazorca y semilla (17.6 mazorcas/Kilo y 1.45 gr./semilla seca y fermentada)
- Porcentaje de manteca (54%) lo que lo hace muy cotizado por las industrias.
- Con un buen manejo postcosecha presenta buena calidad del grano.

2.8.Morfología de la planta

2.8.1. Sistema radicular

Su sistema radicular es pivotante en plantas que provienen de semillas formándose hasta los 2m de profundidad mientras que las plantas que provienen de estacas o injertos su forma radicular son fasciculadas formándose de manera horizontal alrededor del tronco de la planta a una profundidad de 20 a 25 cm. Consta de raíces principal y secundarias donde se forman los pelos absorbentes ubicados de 0 a 5 cm de profundidad del suelo encargados de la absorción de agua y nutrientes (Isla & Andrade, 2009).

2.8.2. Tallo o ramas.

La planta de cacao posee dos tipos de tallos: aquellos que crecen de forma recta y vertical llamados ortotrópico que provienen de plantas por semillas y aquellas plantas que son producidas por injertos que su crecimiento es horizontal y lateral llamados plagiotrópicos (Isla & Andrade, 2009). La corteza del tallo es de color oscuro (gris-café), pueden alcanzar entre 1 – 2 m de altura a una edad de 1 a 1.5 años de edad, es donde sus yemas apicales se detienen para dar inicio a la formación de 3 a 5 ramas laterales las cuales son conocidas como horquetas o verticilo (Montaleza, 2020).



Figura. 2. Rama de cacao.

Fuente: Autor

2.8.3. Hojas

Las hojas son perennes, alternadas formando dos filas una a cada lado de la rama, grandes con una longitud de 20 – 35 cm y 4 – 15 cm de ancho, formas lanceoladas a ovaladas, simples de color verde oscuro en el haz y un color más claro en el envés las cuales cuelgan de un peciolo cada una de ellas (Montes , 2016).



Figura. 3. Hoja de cacao.

Fuente: Autor

2.8.4. Inflorescencia

También llamado cojinete floral o botón floral el cual puede contener de 1 – 40 flores que una vez abiertas solo tienen 48 horas de viabilidad para ser polinizadas por insectos o de forma manual (Isla & Andrade, 2009). Las flores no poseen olor, son hermafroditas que nacen directamente del tallo principal y de las ramas laterales es decir que son caulifloras, cuando las condiciones de humedad y temperatura son óptimas puede existir floración todo el año, las flores pueden alcanzar un promedio de 1 a 2 cm de diámetro sostenido por un pedicelo de 1 a 3 cm, posee 5 pétalos y sépalos de color blanco u rosa dependiendo la especie (Barros, 1981).



Figura. 4. Inflorescencia de cacao.

Fuente: Autor

2.8.5. Fruto

La fruta del árbol de cacao es conocida como mazorca, botánicamente es una baya la cual adopta diversas formas, tamaños y colores de acuerdo a la especie y variedad que pertenezcan, sus tamaños varían de los 10 – 35 cm de longitud, su forma es ovalada y alargada con puntas prominentes y otras achatadas según su variedad que pertenezcan, son de color verde o rojas en su fase inicial y cuando llegan a la maduración se tornan de color amarillo generalmente. La semilla (almendra o grano) está rodeada de una pulpa blanca, jugosa, cremosa y azucarada llamado mucílago que está dispuesta de 5 líneas o surcos dentro de la mazorca que contiene entre 20 a 40 almendras (Leiva , Gutiérrez, Pardo , & Ramírez, 2019).



Figura. 5. Mazorca y semillas de cacao.

Fuente: Autor

2.9. Factores edafoclimáticos

2.9.1. Suelo

Para el cultivo de cacao los mejores suelos son los aluviales, de clase textural franca, una profundidad efectiva de 1 m que asegure un anclaje estable de la planta con un subsuelo permeable, por los contrario en los suelos arenosos son poco recomendables por la poca capacidad de retención de humedad del suelo la cual no satisface la necesidad de agua a la planta (Ibarra A. , 2019).

2.9.2. pH

Para un máximo desarrollo de la planta el pH debe encontrarse en un rango de 6.0 a 6.5 siendo este una de las características más importantes del suelo porque ayuda a regular la descomposición

de la materia orgánica, sin embargo, la planta de cacao también se adapta a rangos extremos de pH que oscilan de los 4,5 hasta los 8,5 donde su producción es muy deficiente (Arévalo, y otros, 2016)

2.9.3. Precipitación

Un adecuado suministro de agua al cultivo favorece a efectuar todos sus procesos metabólicos, La precipitación óptima para el cacao es de 1,600 a 2,500 mm bien distribuidos a lo largo del año, teniendo en cuenta la lluvia que es un factor climático que varía de acuerdo a la zona en donde se establezca la plantación (Antolinez, Almanza, Barona, Díaz, & Serrano, 2020)

2.9.4. Temperatura

Es uno de los factores más importantes del cultivo de cacao debido a su relación con el desarrollo, floración y fructificación de la planta. La temperatura para el cacao debe estar entre los siguientes valores; mínimo de 23°C, máxima de 32°C, óptima de 25°C, temperaturas por encima y por debajo de las antes mencionadas pueden causar efectos muy graves como; lento crecimiento vegetativo, disminución en el crecimiento radicular, poca intensidad de flores, entre otras. (Ibarra A. , 2019)

2.9.5. Viento

La velocidad óptima del viento es de 1 a 2 m/sg, en plantaciones donde el viento es superior a 4 m/sg y poca sombra la planta se ve afectada directamente con la caída de hojas y flores (Ibarra A. , 2019)

2.9.6. Altitud

Por su naturaleza el cacao tiene un mejor desarrollo y mayor producción en las zonas tropicales cultivándose desde los 0 msnm hasta los 800 msnm. Sin embargo, hay plantaciones que se desarrollan normalmente en altitudes mayores que van de los 1,000 a 1,400 msnm que atribuyen

que la altitud es un factor secundario que no afecta directamente a la planta. (Antolinez, Almanza, Barona, Díaz, & Serrano, 2020)

2.9.7. Luminosidad

La luz es uno de los factores más importantes en el cultivo de cacao que influyen al desarrollo y a los procesos fotosintéticos de la planta. En etapas iniciales o de establecimiento es recomendable asociarlos con otros cultivos para que le aporten sombra ya que la luz directa del sol afecta a las plantas jóvenes, en plantaciones ya establecidas la intensidad de luz debe ser mayor al 50% para obtener los mejores rendimientos (Mejía, Castro, Carvajal, Castrillón, & Puerta, 2017).

2.10. Labores culturales

2.10.1. Control de malezas

Consiste en eliminar todas las hierbas que compiten por espacio, agua y nutrientes con el cultivo, además sirven de hospederos para insectos plagas, esto se realiza con la finalidad de tener una plantación limpia. Existen tres métodos para el control de malezas y son los siguientes: manual, mecánico y químico. (Estrada, Romero, & Moreno, 2011)

2.10.2. Manejo de sombra

En una plantación de cacao se debe establecer un sistema de sombra para proteger a las plantas de los rayos del sol y viento, una vez establecido el cultivo se reduce la sombra hasta un 25 – 30% para evitar la propagación de enfermedades. Los árboles de sombra aportan materia orgánica al suelo a través de las hojas secas, regulan la temperatura del cultivo y también facilitan la creación de un habitat para la reproducción de insectos polinizadores. (Arvelo, Gonzales, Moroto, Delgado, & Montoya, 2017)

2.10.3. Poda

Según (Arvelo, Gonzales, Moroto, Delgado, & Montoya, 2017), la poda consiste en estimular el desarrollo de nuevos crecimientos vegetativos eliminando las partes improductivas de la planta con la finalidad de lograr una alta productividad del cultivo. A continuación, se detalla los tipos de poda que existen:

- **Poda de Formación:** Esta poda da la arquitectura a la planta, regula el crecimiento y se efectúa en el primer año de vida de la planta que consiste en dejar un solo tallo con alrededor de cuatro ramas principales que forman el armazón y posteriormente la copa del árbol.
- **Poda de Mantenimiento:** Se realiza a partir de los dos años y medio con la finalidad de mantener la arquitectura de la planta y se corrige cada 6 meses la poda.
- **Poda Fitosanitaria:** Consiste en eliminar todas las partes de la planta defectuosas, enfermas, débiles y cruzadas así mismo se debe retirar todos los frutos enfermos para evitar la propagación de las enfermedades.
- **Poda de Regeneración:** Esta es una poda drástica que se realiza en plantaciones viejas para y realiza el corte a la altura de 2 o 2.5 m con el objetivo de renovar el área de producción.

2.10.4. Riego

Es una planta que no resiste la escasez de agua y requiere alrededor de 1500 a 2500 mm en todo el año, un sistema de riego adecuado permite un buen desarrollo vegetativo y una buena producción. El riego proporcionado, en el momento oportuno garantiza la realización plena de las funciones fisiológicas de crecimiento, producción y óptimo resultado económico del cultivo de cacao. El exceso ocasiona pudrición en las raíces por lo que se recomienda un buen drenaje. (Borbor & Tomala, 2018)

2.10.5. Fertilización

Un suelo es considerado fértil cuando tiene todos los elementos que necesita la planta y estos están disponibles para ser absorbidos, las características físicas y químicas del suelo están directamente relacionadas en la disponibilidad de los mismos, el limitado desarrollo de los plantas y la baja producción se debe a la escasez de nutrientes en el suelo.

Para tener un óptimo desarrollo de las plantas y alta producción se recurre a la implementación de fertilizantes pero antes de indicar un programa de fertilización se debe realizar un análisis general del suelo para conocer el nivel de fertilidad del mismo y de esta manera evitar deficiencias o toxicidad. También se debe contar con un sistema de riego eficiente que permita disolver los fertilizantes y poder ser tomados a través del sistema radicular para luego ser transportados por toda la estructura de la planta. El cacao requiere de macroelementos como el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S); también microelementos como son Boro (B), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), entre otro. Un aporte equilibrado por hectárea de (N, P, K y Ca) garantizan una plantación vigorosa, mejor fitosanidad y aumento en el rendimiento (Moscol, Espinoza, Mendoza, Rojas, & Salvador, 2012)

2.10.6. Control de Plagas y enfermedades

Para tener una larga producción y economía de una plantación se debe a un buen mantenimiento y control de plagas y enfermedades. Se debe tener un adecuado manejo para lo cual se debe descartar el uso de plantas susceptibles al ataque de insectos y enfermedades, las enfermedades son la principal causa de pérdida en la producción mundial de cacao. Los productores deben ser capaces de identificar los primeros síntomas de las principales enfermedades, comprender las causas y el funcionamiento de los organismos que generan al patógeno para realizar un control

oportuno caso contrario una sola planta enferma puede ser capaz de diseminar la enfermedad a toda la plantación. (Arvelo, Gonzales, Moroto, Delgado, & Montoya, 2017)

Existen cuatro métodos utilizados para prevenir y controlar las enfermedades, que son: la regulación que consiste en evitar el transporte de material infectado de una zona a otra; las prácticas culturales consisten en crear las condiciones no aptas para el desarrollo y propagación de patógenos; el control biológico es el uso microorganismos o feromonas para combatir las plagas; el control químico es el uso de químicos que son tóxicos para las plagas y enfermedades. (Arvelo, Gonzales, Moroto, Delgado, & Montoya, 2017)

2.11. Principales plagas

2.11.1. Chinche del cacao

Son insectos, en estado adulto (ninfa) atacan en cualquier fase de desarrollo del fruto y los brotes terminales de las hojas. Las mazorcas atacadas, presentan manchas necróticas circulares, causada por la picadura del insecto, estas manchas se unen entre sí, teniendo las mazorcas una apariencia seca y petrificada. (Isla & Andrade, 2009)

2.11.2. Barrenador del tronco

Xyleborus spp. causa daño en estado adulto penetrando al tronco ocasionando una cantidad de galerías, su ataque se realiza en la parte basal y en algunas ocasiones llega a causar daño en la zona radicular. Una característica de estos escarabajos es la presencia de montículos de aserrín sobre la base de la planta o corteza. Este insecto está asociado con el hongo *Ceratocystes fimbriata*, que es el agente causal de la enfermedad conocida como "Mal del machete". (INIAP, 2018)

2.11.3. Hormigas arrieras

Son insectos de cabeza grande y mandíbulas fuertes, se caracterizan por hacer cortes semicirculares desde el borde hasta llegar a la nervadura central de la hoja. También cortan botones florales, mazorcas pequeñas ocasionando pérdidas en la producción. (INIAP, 2018)

2.12. Principales enfermedades

2.12.1. Moniliasis

Es causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, esta enfermedad ocasiona pérdidas del 50% de la producción de cacao. (Sánchez, Gamboa, & Rincón, 2003), la infección se presenta en cualquier fase de desarrollo del fruto, aunque la mayor susceptibilidad se presenta en las primeras semanas de formación. Los síntomas varían de acuerdo a la edad del fruto, la severidad del ataque del patógeno, susceptibilidad de la planta y condiciones climáticas; en frutos jóvenes se forman protuberancias en la superficie llamadas gibas, posteriormente se presenta una maduración prematura con la aparición de lesiones irregulares color café que van creciendo hasta cubrir toda la superficie del fruto y sobre la misma aparece una capa blanca de apariencia algodonosa que son los micelios del hongo. (Rivera., 2017)

(Mora & Fiallos, 2012) manifiestan que los síntomas pueden ser externos e internos, en los externos se presenta una necrosis, deformación y pudrición del fruto. Hay frutos que pueden completar su desarrollo y no mostrar síntomas externos. Los tejidos centrales, la pulpa, semillas y algunas veces la cascara forman una sola masa donde los tejidos son rodeados por una sustancia gelatinosa ocasionada por la descomposición de los mismos, de manera que dificulta su y los frutos enfermos son más pesados que los sanos.

Una mazorca esporulada ubicada a una altura aproximada de dos metros tiene un gradiente de dispersión con capacidad de infección de 40%, de hasta una distancia de 20 m. Los frutos

momificados y esporulados en la copa del árbol son considerados la principal fuente de inóculo para iniciar la epidemia, diseminando las esporas en sentido descendente. La presencia de agua libre no sólo permite la germinación de las esporas, sino que remueve el inóculo desde estos frutos (Jaimes & Aranzazu, 2010).

2.12.2. Mazorca Negra

Es una de las enfermedades de mayor importancia económica en el mundo. Llegando a causar pérdidas de rendimiento hasta de 30% en el cultivo dependiendo de las condiciones climáticas presentes. Ataca a todos los órganos de la planta: hoja, tronco, cojín floral, fruto y raíz. *Phytophthora spp.*, ocasiona el daño más importante en el fruto (Fuentes C. , 2016).

La infección puede empezar por los extremos o en la parte media del fruto, en la superficie aparecen manchas pardas aproximadamente circulares bien definidas que se extienden hasta cubrir toda la mazorca que posteriormente se presentan gran cantidad de esporangios cuando tiene las condiciones favorables de humedad (Murrieta & Palma, s.f). Los frutos momificados pueden permanecer por mucho tiempo en la planta convirtiéndose en fuente de infección permanente al ser diseminado por acción del viento, lluvia o insectos (Rivera, 2017).

2.12.3. Escoba Bruja

En Ecuador es considerada una de las enfermedades más severas con el 80% de pérdidas de la producción de cacao, su agente causal *Moniliophthora perniciosa*, provoca varios síntomas en el cultivo, en vivero causa el debilitamiento de la plántula, clorosis de las hojas, hojas quebradizas y necrosadas; cuando la infección es en las yemas vegetativas se forman escobas típicas ocasionado por la hipertrofia tanto del brote principal como de las yemas axilares. En el fruto ataca en las

primeras semanas de formación del fruto y se desarrolla a medida que el fruto crece (Borbor & Tomala, 2018).

2.13. Cosecha

Consiste en separar el fruto maduro de la rama o tronco de la planta por lo general se realiza entre el 5-6 mes después de la floración. Se conoce que el fruto ya está maduro por el cambio de coloración que puede ser de amarillo a rojo pálido dependiendo de la variedad del cacao. Se recomienda cada 15 días realizar la cosecha y solamente frutos maduros para evitar la recolección de frutos sobre maduros o pintones que afecten la calidad del cacao, también se debe utilizar tijeras de podar para evitar daños en los cojinetes florales al momento de realizar el corte. (Moscol, Espinoza, Mendoza, Rojas, & Salvador, 2012)

2.14. Postcosecha

2.14.1. Quiebre

Consiste en partir la mazorca y extraer sin causar daños en las almendras, las mismas deben estar libres de cascara y placenta para posteriormente ser colocados a fermentar.

2.14.2. Fermentación

La fermentación es la etapa más importante en el beneficio del cacao el cual está involucrado dos etapas, la primera una fermentación microbiana que consiste la eliminación del mucilago del grano y la segunda consta de reacciones bioquímicas en los cotiledones que son los precursores de los aromas y sabores de la almendra (Gutiérrez, 2012). Los factores que influyen a la fermentación son la variedad del cacao, tiempo de almacenamiento del fruto o mazorcas antes de abrirlas, tipo de fermentador utilizado, días de fermentación y remoción de la masa fermentante (Ortiz de Bertorelli, Graziani de Fariñas, & Rovedas, 2009).

En esta etapa existen relaciones ordenadas entre microorganismos y los cambios de temperatura, pH y humedad, con la formación de alcoholes, ácidos y compuestos polifenólicos que matan al embrión, disminuyen el sabor amargo y se produce las bioquímicas que forman el desarrollo de sabor y aroma a chocolate (Teneda, 2016)

2.14.3. Secado

Es la etapa después de la fermentación que posee una humedad cercana al 60%, el cual tiene la necesidad de disminuir el porcentaje del grano hasta un rango de 5 – 8% para poder almacenarla por mayor tiempo (Pérez & Contreras, 2017). El secado no constituye un simple proceso de disminución de humedad sino a cambios químicos en el grano, mientras la humedad desciende lentamente se inician los procesos enzimáticos (Siguencia, 2013), existen dos tipos de secado: natural y artificial.

En el secado natural es el método más antiguo y uno de los utilizados por los productores, se basa en aprovechar las condiciones ambientales de la zona especialmente la radiación solar (heliofanía) y el viento, de modo que influye que el aire se mueva y la evaporación de la humedad (Pérez & Contreras, 2017).

El secado artificial es una alternativa de secado en donde no se utilizan energías naturales, pero a su vez se usa corrientes de aires calientes con diferentes implementos o estructuras artificiales que pueden funcionar con leña, carbón mineral, gas, diésel o electricidad , se lo utiliza en zonas donde llueve mucho o en plantaciones grandes con altas producciones por ser un método más rápido de secado (Moreno & Sánchez, 1989).

2.14.4. Almacenamiento.

El almacenamiento del grano de cacao debe ser: seco, limpio y clasificado, se lo realiza en sacos de yute limpios y en pilas de no más de seis sacas de altura en un lugar muy ventilado, siendo el cacao un material higroscópico, se almacena el grano una vez que se ha enfriado luego del proceso de secado, en lugares libres de humedad ambiental para la prevención desarrollo de mohos, invasión de insectos, malos olores, ya que este productos es muy susceptible a estos problemas (Parra, 2014)

2.15. Biocarbón

El biocarbón es el proceso final de la degradación térmica de materiales orgánicos en ausencia de aire, se distingue del carbón vegetal por su uso como enmienda edáfica. Además, está siendo utilizado como nueva tecnología en diferentes partes del mundo y su uso cada vez se está haciendo más común. Las características estructurales del biocarbón varían de acuerdo al tipo y tiempo de la pirólisis, está formado por partículas de diferentes tamaños, lo que depende de la materia prima. Respecto a las propiedades físicas, el biocarbón es un sólido carbonoso, de color negro, con una superficie enredada y desordenada.

Este elemento es un mejorador de las propiedades físicas (porosidad, infiltración de agua, estructura, entre otros). Su aplicación aumenta el pH en suelos ácidos, también mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que se traduce en un aumento de la productividad de los cultivos. Además cuenta con un potencial en la captura de carbono en el suelo, sobre todo de suelos degradados que han perdido la materia orgánica que parte fundamental en la fertilidad física del suelo (Rebolledo, y otros, 2016).

Existen diferentes investigaciones del biocarbón acerca de la retención temporal del nitrógeno soluble en su estructura y liberarlo más lento que los productos inorgánicos, incrementando la

eficiencia de este nutriente y la productividad de los cultivos. También se ha considerado la aplicación de nuevas tecnologías como el uso de biofertilizantes, microorganismos y fertilizantes minerales para mejorar una deficiente fertilidad del suelo, podría verse apoyada por el empleo del biocarbón. El biocarbón provoca cambios positivos en el suelo mejorando la fertilidad y el crecimiento de los cultivos (Rebolledo, y otros, 2016).

2.16. Microorganismo de Montaña

Las bacterias fototróficas, bacterias productoras de ácido láctico, levaduras y hongos de fermentación son grupos muy importantes que forman parte del uso de microorganismos eficientes.

Las colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas constituyen los microorganismos de montaña que se encuentran de forma natural en diferentes ecosistemas, donde se descompone la materia orgánica, convirtiéndose en nutrientes necesarios para el desarrollo de bosques, plantaciones de café, cacao y banano entre otros cultivos (Tanya Morocho & Leiva Mora, 2019).

Los microorganismos benéficos están formados por un cultivo mixto líquido de *Rhodopseudomonas spp*, *Lactobacillus spp*, *Sacharomyces spp*, actinomicetos y hongos fermentadores que son capturados en sistemas naturales, los cuales tienen una relación de simbiosis entre sí generando efectos positivos para un ambiente en equilibrio (Martinez, Sanchez, Velasco, & Prado, 2014).

Beneficios de los MM:

- Incrementar el valor nutricional del suelo por lo tanto mejora el desarrollo y producción de los cultivos

- Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Estimula el desarrollo radicular permitiendo a la planta tomar agua y nutrientes con mayor facilidad.
- Incremento de materia orgánica permitiendo disminuir el estrés hídrico en tiempos de sequía o en suelos arenosos reduciendo el espacio poroso en su estructura.
- Eficiente controlador de fitonemátodos en el suelo mediante la competencia de espacio y nutrientes limitando el desarrollo de patógenos creando nichos en la zona radicular (Tanya Morocho & Leiva Mora, 2019).

2.17. Fossil Shell

Tiene certificación orgánica como acondicionador del suelo, la Tierra de Diatomeas es su ingrediente activo que son restos esqueléticos fosilizados de organismos marinos silíceos y especies unicelulares de agua dulce, particularmente algas y otras diatomeas, se encuentran en acuíferos que al secarse se fosilizan y se transforman en roca (Tuz, 2018). Fossil Shel Flúor contiene minerales y microelementos que al estar en combinación con fertilizantes químicos u orgánicos hacen disponible los nutrimentos necesarios para la nutrición de la planta y mejora el suelo restaurando la degradación e incrementa la productividad de los cultivos

Este fertilizante se identifica por su alto contenido de silicio, elemento que fortalece la pared celular de la planta y le da protección contra el ataque de plagas y enfermedades, además es considerado un supresor de las enfermedades fúngicas, nematodos y virus (Onofre Salazar, 2019).

2.18. Silicato de Calcio

Este fertilizante a base de Silicio y calcio es una enmienda orgánica que es aplicado en todo tipo de cultivos que al ser combinado con otros fertilizantes mejora la eficiencia de los mismo y produce un incremento en la producción y sostenibilidad agrícola. Por lo general se utiliza en suelos ácidos de forma edáfica para incrementar el pH, mejorar la capacidad de intercambio catiónico e incrementar la disponibilidad de los nutrimentos necesarios. La planta lo toma por las raíces y este se transporta por el flujo de agua provocando la transpiración, una vez que se encuentra en los tejidos promueve la resistencia de las plantas al ataque de plagas y enfermedades. También reduce el estrés hídrico y mejora la eficiencia del consumo de agua (Araya, Camacho, Molina, & Cabalceta, 2015).

2.19. Cal Agrícola

La cal agrícola aumenta la utilidad de los cultivos mediante el incremento de la eficiencia de los fertilizantes, también mejora las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo. Esta enmienda orgánica permite una mejor aireación del suelo e infiltración del agua, mejora la actividad microbológica y corrige la acidez de los suelos reduciendo la toxicidad de algunos elementos minerales, y tiene un gran aporte de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y otros nutrientes minerales (Lazcano, 2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del ensayo

El presente trabajo experimental se realizó en la Finca “Ramon” propiedad del Sr. Benigno Ramón, ubicada en el Sitio Rio Negro perteneciente a la Parroquia Rural La Victoria del Cantón Santa Rosa en la Provincia de El Oro.

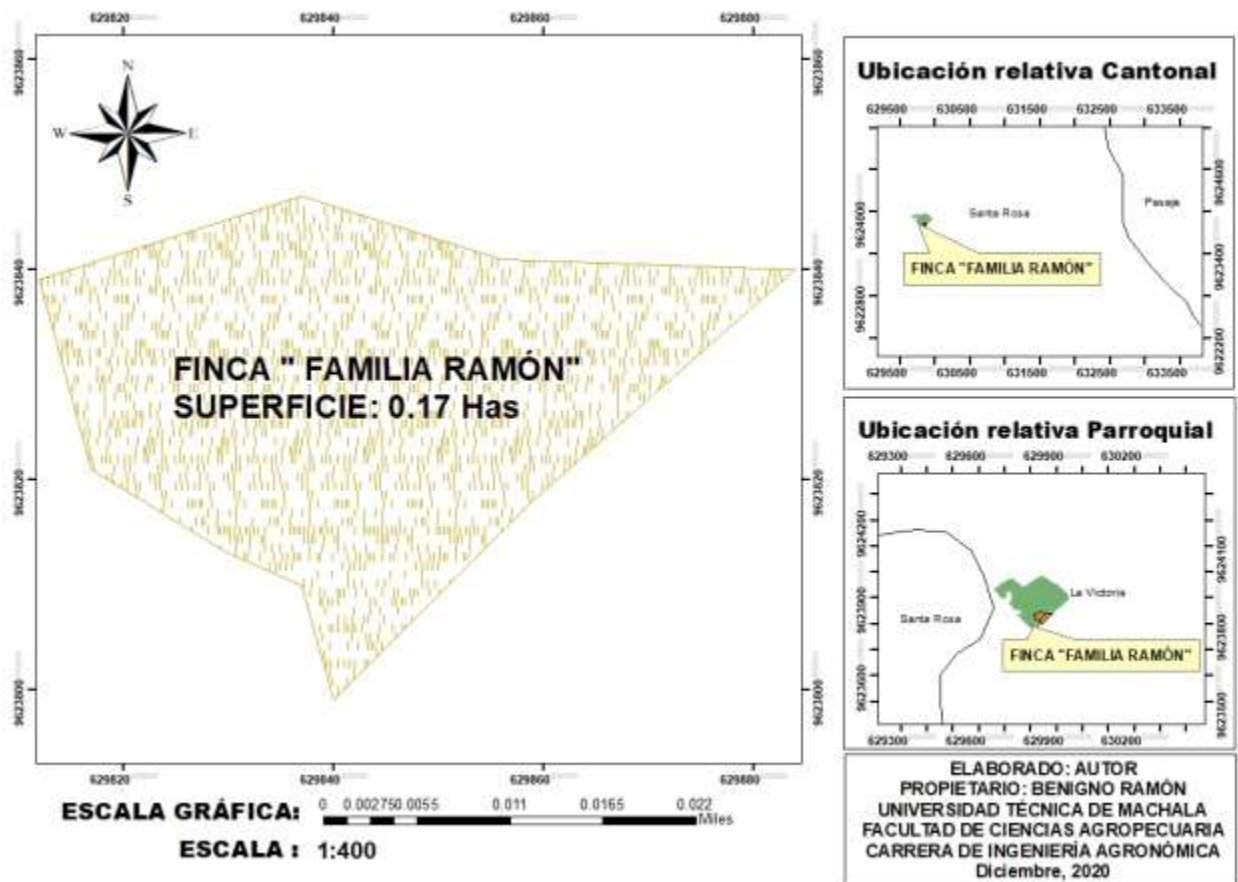


Figura. 6. Mapa de ubicación de la Finca "Ramon"

Fuente: El autor

3.1.2. Ubicación Geográfica

- Coordenada, Este: 629737 mE
- Coordenada, Norte: 9623851 mS
- Altitud: 31 msnm.
- Datum: WGS 84 (World Geodetic System 1984)
- Zona: 17 Sur

3.1.3. Materiales

En la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Material genético

- Plantas de cacao Híbrido CCN-51.

Materiales de campo

- Balanza
- Etiquetas
- Piola
- Fundas
- Herculizador
- Cámara fotográfica
- Libreta de notas
- Podón
- Tijera de podar

Equipos

- Estufa
- Medidor de humedad electrónico
- Multiparamétrico
- Mufla
- Balanza analítica
- Desecador

Productos utilizados para la fertilización

- Biocarbón de mazorcas de cacao molido
- Microorganismos de montaña sólidos
- Fossil Shell Agro
- Silicato de Calcio
- Cal agrícola

3.1.4. Tratamientos

Tabla 2. Descripción de los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Repeticiones	Descripción
T0	10	Testigo
T1	10	Biocarbón 100 g +50 g de Microorganismos de montaña sólidos
T2	10	Biocarbón 100 g + FOSSIL SHELL 5 g + 50 g de Microorganismos de montaña sólidos
T3	10	Biocarbón 50 g + FOSSIL SHELL 10 g + 50 g de Microorganismos de montaña sólidos
T4	10	FOSSIL SHELL 10 g + 50 g de Microorganismos de montaña sólidos
T5	10	Silicato de Calcio 50 g + 50 g de Microorganismos de montaña sólidos
T6	10	Cal agrícola 50 g + biocarbón 50 g + 50 g de Microorganismos de montaña sólidos

3.1.5. Variables evaluadas

- Número de mazorcas por planta (NMP)
- Número de mazorcas sanas (NMS)
- Número de mazorcas enfermas (NME)
- Peso Mazorca (PM)
- Peso de semilla en fresco (PSF)
- Número de semillas por mazorca (NSM)
- Peso seco de semillas (PSS)
- Índice de mazorca IM
- Índice de semillas IS
- Índice de cascarillas (IC)
- Porcentaje de fermentación buena (FB)
- Porcentaje de fermentación media (FM)
- Porcentaje de fermentación pizarra (FP)
- Porcentaje de fermentación violeta (FV)
- Porcentaje de fermentación con moho (FMH)
- Porcentaje de humedad (PDH)
- Rendimiento (RTO)

3.2. Metodología

3.2.1. Diseño experimental

Para la presente investigación se realizó un diseño completamente al azar, cada tratamiento conto con diez unidades experimentales.

- **Hipótesis nula:** La aplicación de enmiendas orgánicas incrementa la producción y mejora la fitosanidad en el cultivo de cacao Híbrido CCN-51.
- **Hipótesis alternativa:** La aplicación de enmiendas orgánicas no incrementa la producción y tampoco mejora la fitosanidad en el cultivo de cacao Híbrido CCN-51.

3.2.2. Preparación del biocarbón

Materiales

- Tanque grande (200 L) y mediano (100 L) de hierro
- Un saco de mazorcas enfermas
- Leña seca

Preparación

- En el tanque mediano que se encuentra en el tanque grande colocar todas las mazorcas enfermas secas.
- Por los costados colocar leña seca hasta cubrir todos los espacios.
- Prender el fuego y esperar que por efecto de pirólisis se elabore el biocarbón .

3.2.3. Preparación de los microorganismos de montaña sólidos

Materiales

- Tanque de plástico 100 litros
- Polvillo 40 kg
- 10 litros melaza

- 10 litros agua
- 1 saco de hojarasca con microorganismos de montaña
- Plástico
- Balde
- Pala

Preparación

- Sobre el plástico mezclar con una pala el polvillo, la hojarasca con los microorganismos de montaña previamente seleccionados.
- Añadir la melaza disuelta en agua y entreverar todo hasta que la masa esté totalmente homogénea y compacta.
- Para verificar que este correcto, se debe hacer la prueba del puño tomando una porción de masa y apretar, si escurre líquido tiene exceso de humedad, pero sino se compacta le hace falta líquido.
- Colocar en el tanque plástico la masa por capas y presionar para eliminar burbujas de aire para una correcta fermentación y finalmente tapar y en 30 días estará listo para dosificar y realizar las respectivas aplicaciones.

3.2.4. Análisis de suelo

Se tomó muestras de suelo del área de estudio, las muestras fueron tomadas en la gotera de cada planta a evaluar, donde se hizo un hoyo de 20 cm x 20 cm x 20 cm de largo, ancho y profundidad para extraer 2 kg de suelo que se colocaron en fundas plásticas previamente etiquetas para su posterior análisis.

3.2.5. Preparación de los tratamientos

En la propiedad del Ing. Carlos Román, se procedió a pesar con una balanza digital cada dosis de Biochar molido, microorganismos de montaña sólidos, Fossil Shell Flúor, Silicato de Calcio, Cal agrícola de acuerdo a cada tratamiento, fue puesto en una sola funda para conseguir una mezcla homogénea.

3.2.6. Herculizado

Se procedió a roturar el suelo con la herramienta Hércules alrededor de la planta con la finalidad de mejorar la aireación y porosidad de la zona radicular para un mejor aprovechamiento de las enmiendas orgánicas a aplicarse.

3.2.7. Aplicación de los tratamientos

Las dos primeras aplicaciones se realizó en los meses de Octubre y Noviembre y las cuatro sobrantes se efectuaron de la siguiente manera: doble aplicaciones en Diciembre y Enero. De este modo finalizando todo el ciclo de fertilización.

Es importante resaltar que antes de cada aplicación el suelo estaba a capacidad de campo y libre de malezas, la fertilización se realizó alrededor de la gotera de cada planta libre de hojarasca previamente rotura por el hércules, luego fue tapado con la misma hojarasca además de los residuos de poda con la finalidad de evitar la erosión del suelo, así como también la evaporación o eliminación de los fertilizantes por acción de la escorrentía.

3.2.8. Cosecha

La cosecha se realizó con podón y tijera de podar, dando inició en el mes de Junio recolectando 3 mazorcas sanas y maduras de cada planta, a las cuales se les tomo todos los datos que corresponden.

3.2.9. Fermentado

Se realizó por el método de rumo, para separar cada tratamiento se colocó las semillas en fundas plásticas perforadas por 3 días, cada 24 horas se removió las semillas para una fermentación homogénea.

3.2.10. Secado

Para eliminar la humedad de los granos se empleó el método del secado natural en marquesinas, se mantuvo ahí hasta reducir la humedad al 7%.

3.2.11. Medición de las variables

Número de mazorcas por planta

Se efectuó el conteo total de mazorcas por planta en cada uno de los tratamientos de manera mensual para cálculos posteriores de producción.

Número de mazorcas sanas

Se consideró todas las mazorcas desde las tercera semana de formación.

Número de mazorcas enfermas

Se realizó el conteo de todas las mazorcas que presentan signos de infección por *Moniliophthora rozeri* o *Phytophthora* spp, para obtener el porcentaje total de mazorcas enfermas evaluando la incidencia de enfermedades en función de las enmiendas orgánicas aplicadas.

Peso Mazorca

Los pesos de cada una de las mazorcas de todos los tratamientos se realizaron en una balanza digital después de la cosecha para luego promediar.

Peso semilla fresco

Se registró el peso fresco de las semillas que se obtuvo de cada unidad experimental

Número de semillas por mazorca

Luego de extraídas las semillas de la mazorca se realizó el conteo.

Peso de seco de semillas

Una vez concluido el secado se registró el peso de las semillas de cada tratamiento con el 7% de humedad, para la posterior prueba de corte y determinar la calidad de fermentación.

Índice de mazorca

Esta variable permite conocer con cuantas mazorcas de cacao se obtiene un kilo de cacao seco, para lo cual se recolectó 30 mazorcas al azar de cada tratamiento.

Índice de semilla

Para determinar esta variable se pesó 100 gr de semilla seca y fermentada al azar de cada mazorca para al final sacar el promediar cada tratamiento.

Índice de cascarilla

Para determinar esta variable se pesan 30 almendras secas y fermentadas tomadas al azar de cada unidad experimental a las cuales se les retiró la cascarilla y para determinar el porcentaje se empleó la siguiente ecuación.

$$\%IC = \text{Peso de cascarilla} \times 100 / \text{Peso de 30 almendras}$$

Porcentaje de fermentación buena (%)

Se determinó con el porcentaje de granos con buena fermentación después de realizar la prueba de corte de las almendras.

Porcentaje de fermentación media (%)

Se determinó con el porcentaje de granos con fermentación media después de realizar la prueba de corte de las almendras.

Porcentaje de fermentación pizarra (%)

Se determinó con el porcentaje de granos con fermentación pizarra después de realizar la prueba de corte de las almendras.

Porcentaje de fermentación violeta (%)

Se determinó con el porcentaje de granos con fermentación violeta después de realizar la prueba de corte de las almendras.

Porcentaje de fermentación con moho (%)

Se determinó con el porcentaje de granos de fermentación con moho después de realizar la prueba de corte de las almendras.

Porcentaje de humedad (%)

Para determinar esta variable se tomó 100 granos secos y se colocó en el medidor de humedad previamente calibrado con los valores de humedad del cacao.

Rendimiento

Esta variable está relacionada con el número de mazorcas por planta y el índice de mazorca, se realizó los cálculos para obtener como resultado (qq/ha/año).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANOVA de un factor

Para analizar cual enmienda orgánica va incrementar la producción y mejorar la fitosanidad en el cultivo de cacao se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) de un factor, el cual consiste en la comparación de varios grupos de una variable cuantitativa. Para verificar si existió significancia entre los tratamientos para las diferentes variables evaluadas, cuyo resultado se muestra en la Tabla 3, donde se observa que hay valores menores a 0,05 estableciendo que si existe diferencia significativa; las variables de mayor significancia fueron número de mazorcas sanas, numero de mazorcas enfermas, peso de semilla seco, porcentaje de humedad y rendimiento.

Tabla 3. ANOVA de un factor para las variables evaluadas.

VARIABLES	Sig.
Número de mazorcas por planta (NMP)	0,171
Número de mazorcas sanas (NMS)	0,017
Número de mazorcas enfermas (NME)	0,000
Peso Mazorca (PM)	0,252
Peso de semilla en fresco (PSF)	0,084
Número de semillas por mazorca (NSM)	0,174
Peso seco de semillas (PSS)	0,014
Índice de mazorca (IM)	0,000
Índice de semillas (IS)	0,273
Índice de cascarillas (IC)	0,298
Porcentaje de fermentación buena (FB)	0,688
Porcentaje de fermentación media (FM)	0,948
Porcentaje de fermentación pizarra (FP)	0,156

Porcentaje de fermentación violeta (FV)	0,316
Porcentaje de fermentación con moho (FMH)	0,147
Porcentaje de humedad (PDH)	0,000
Rendimiento (RTO)	0,006

4.2. Número de mazorcas por planta

La prueba de Tukey en la Tabla 4 manifiesta que existe un grupo definido para la variable NMS, los valores indican que no existe significancia en el número de mazorcas por planta, pero se determina que el T1 obtuvo el mayor número (40,2 mazorcas), seguido del T2 con (33,3 mazorcas), el T3 y T6 con (29,8 mazorcas), el T5 con (29,2 mazorcas), el T4 con (23,9 mazorcas) y finalmente el testigo con (22,6 mazorcas).

Tabla 4. Prueba de Tukey para la variable número de mazorcas por planta.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey^a	Testigo	10	22,6000
	FS+M	10	23,9000
	SI+M	10	29,2000
	B+FS+M	10	29,8000
	CA+B+M	10	29,8000
	FS+B+M	10	33,3000
	B+M	10	40,2000
	Sig.		0,129

En la figura 7 muestra que el mayor número de mazorcas por plantas tiene el T1 contiene Biocarbón más microorganismos de montaña solidos que aportan nutrientes a la planta y suelo mediante la aplicación edáfica, coincidiendo con (Zheng, Wang, Deng, Herbert, & Xing, 2013) que menciona que el **biocarbón** mejora las propiedades físicas y químicas del suelo también

incrementa la actividad microbiana del mismo, al ser aplicados en la zona radicular, permitiendo el aumento en la retención de nutrientes y en consecuencia el mejoramiento de la producción.

El T2 y T3 tienen **Biocarbón** en combinación con Fossil shell y Microorganismos de Montaña solidos en diferentes dosis para cada tratamiento, estos dos muestran similar NMP, le sigue el T5 (Silicato de Calcio y Microorganismos de montaña solidos) y el T6 que contiene Cal Agrícola combinada con **Biochar** y MMS que aportan nutrientes en menor cantidad. El tratamiento T4 (Fossil shel fluor y MMS) fue el de menor valor de todas las enmiendas orgánicas aplicadas y finalmente el T0 que tuvo la menor cantidad de NMP.

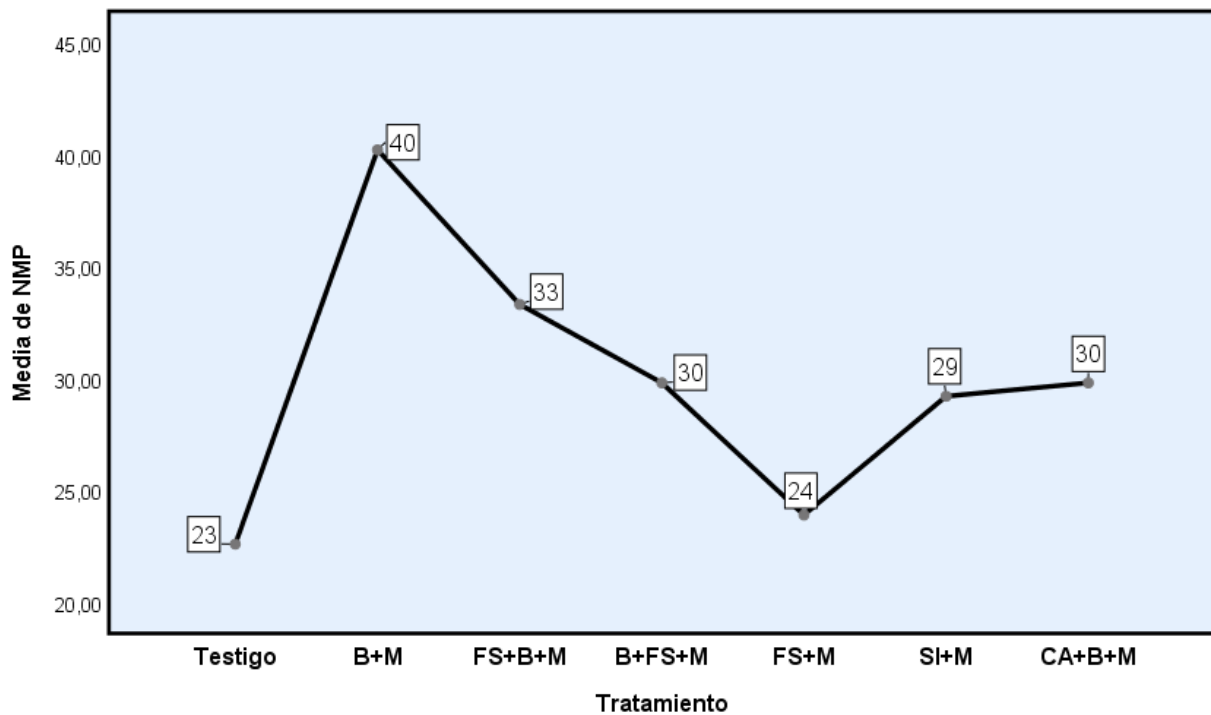


Figura. 7. Variable número de mazorcas por planta.

4.3. Número de mazorcas sanas

Los resultados obtenidos para esta variable Tabla 5 donde se presentan dos grupos de resultados, el primer grupo para el Testigo con (16,2) siendo el de menor NMS, mientras que el T4 con (20,6)

– T5 (25,2) – T3 (26) – T6 (26,1) – T2 (31,7) comparten significancia en ambos grupos. Como afirma (Onofre Salazar, 2019) que la aplicación de enmiendas orgánicas con alto contenido de silicio potencian la disponibilidad de los nutrientes para la asimilación de las plantas, facilitan la fotosíntesis aumentando la exposición solar de las hojas, mejora el sistema radical también controlan la incidencia de plagas y enfermedades. Finalmente, el T1 con (39) es el de mayor número de mazorcas sanas respectivamente. (Abenza, 2012) manifiesta que el biocarbón en combinación con los MMS incrementa la disponibilidad de nutrientes en el suelo además disminuye ampliamente el ataque de plagas y enfermedades lo todo esto traduce a un aumento en la producción de mazorcas sanas.

Tabla 5. Prueba de Tukey para variable número de mazorcas sanas.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
HSD Tukey^a	Testigo	10	16,2000	
	FS+M	10	20,6000	20,6000
	SI+M	10	25,2000	25,2000
	B+FS+M	10	26,0000	26,0000
	CA+B+M	10	26,1000	26,1000
	FS+B+M	10	31,7000	31,7000
	B+M	10		39,0000
	Sig.		0,180	0,063

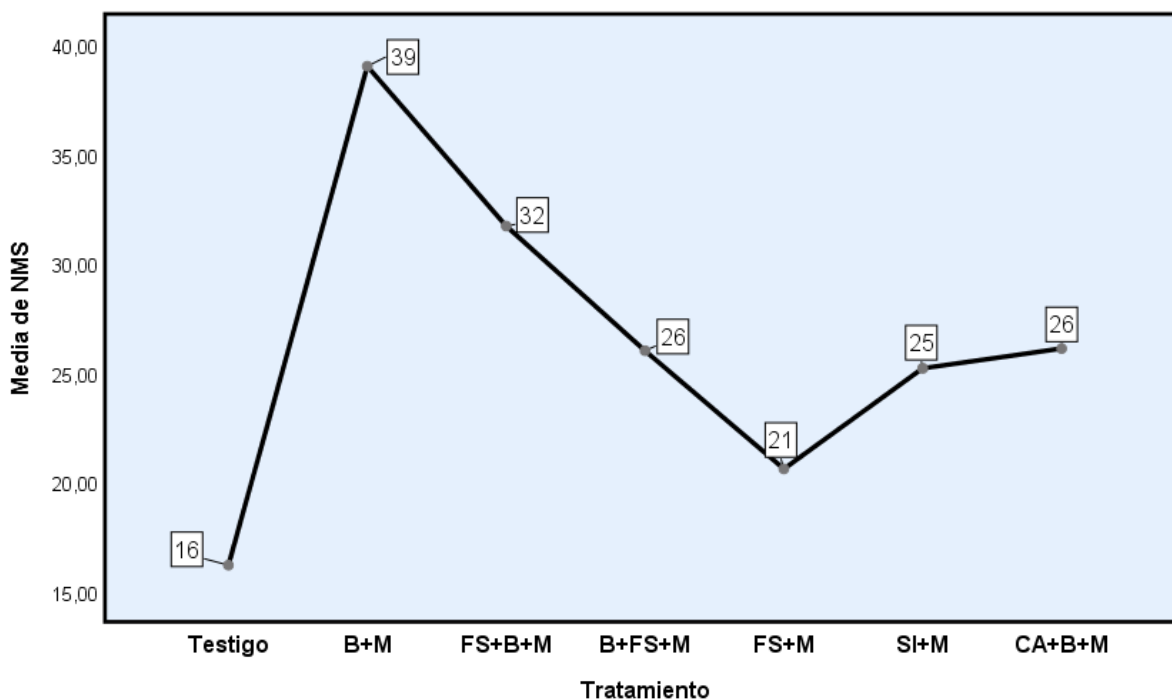


Figura. 8. Variable número de mazorcas sanas.

4.4. Número de mazorcas enfermas

Los resultados obtenidos para esta variable Tabla 6 donde se presentan dos grupos de resultados, el primer grupo para el T1 con (1,2) siendo el de menor NME, le sigue el T2 con (1,6) mientras que el T4 con (3,3) – T6 con (3,7) – T3 con (3,8) – T5 con (4) comparten significancia en ambos grupos y finalmente el Testigo con la media más alta de (6,5).

En la figura 9 se observa una variación brusca entre el testigo y los tratamientos. El T1 que contiene la mayor dosis de biocarbón deja en evidencia que es un potente protector contra las enfermedades al igual que el resto de tratamientos que contiene MMS, Si y Ca que también son enmiendas que fortalecen la pared celular. Como indica (Jumbo, 2019) que las fuentes de Si tiene efectos beneficiosos en la fisiología de la planta y protección del ataque de insectos y agentes causantes de enfermedades.

Tabla 6. Prueba de Tukey para variable número de mazorcas enfermas.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey^a	B+M	10	1,2000	
	FS+B+M	10	1,6000	
	FS+M	10	3,3000	3,3000
	CA+B+M	10	3,7000	3,7000
	B+FS+M	10	3,8000	3,8000
	SI+M	10	4,0000	4,0000
	Testigo	10		6,5000
	Sig.			0,183

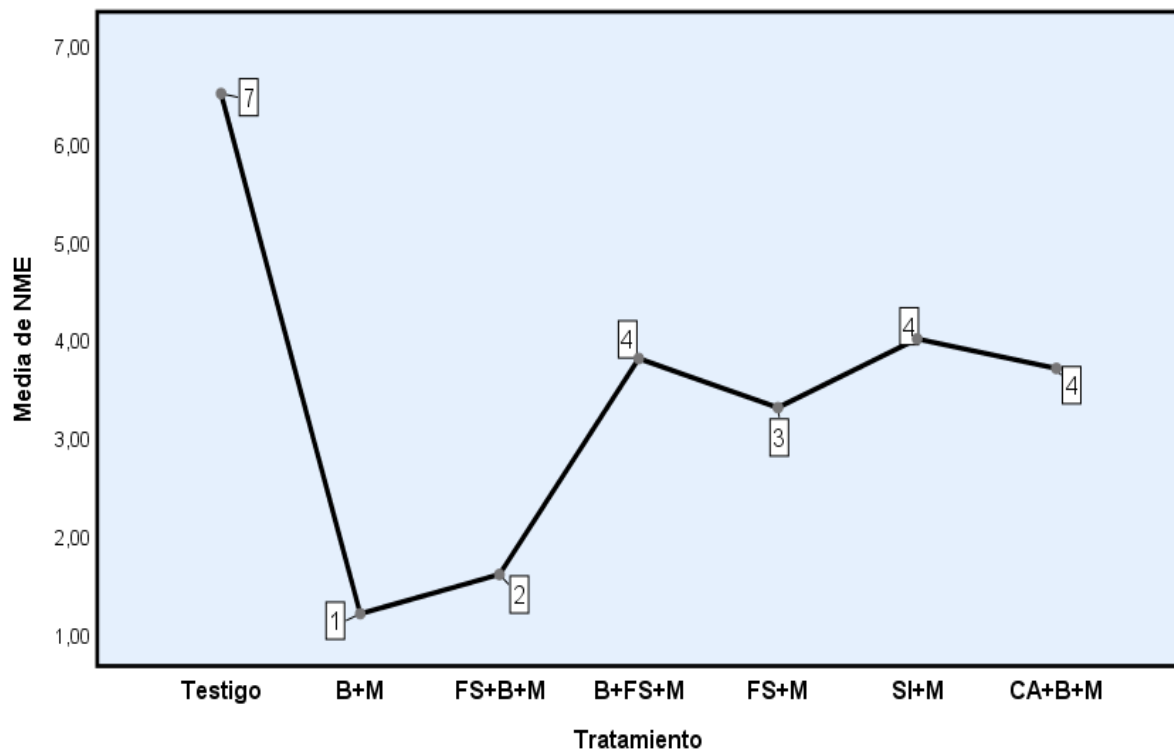


Figura. 9. Variable de número de mazorcas enfermas.

4.5. Peso Mazorca

En la Tabla 7 se aprecia que existe un grupo definido para la variable Peso de Mazorca, los valores indican que no existe diferencia significativa en el PM, pero se determina que el T3 tiene la media menor con (546,70 g) y le sigue el T1 con (553,60 g), T5 con (556,0 g), T0 con (566,4 g), T6 con (606,8 g), T4 con (612,9 g) y el T2 con (642,40 g) que fue el tratamiento que mejor aprovecho todos los nutrientes de la planta. Coincidiendo con lo mencionado por (López, 2016) quien expresa que el peso de las mazorcas de cacao CCN-51 está comprendido entre 544,8 y 903,46 g lo que indica que los valores de los tratamientos están dentro de lo que menciona el autor. También se puede evidenciar en la Figura 10 que los picos más altos tienen los tratamientos que están en combinación con MM y FOSSIL SHELL que contiene Silicio y este elemento mejora la eficiencia de las enmiendas aplicadas.

Tabla 7. Prueba de Tukey para variable peso de mazorca.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey^a	B+FS+M	10	546,7000
	B+M	10	553,6000
	SI+M	10	556,0000
	Testigo	10	566,2000
	CA+B+M	10	606,8000
	FS+M	10	612,9000
	FS+B+M	10	642,4000
	Sig.		0,352

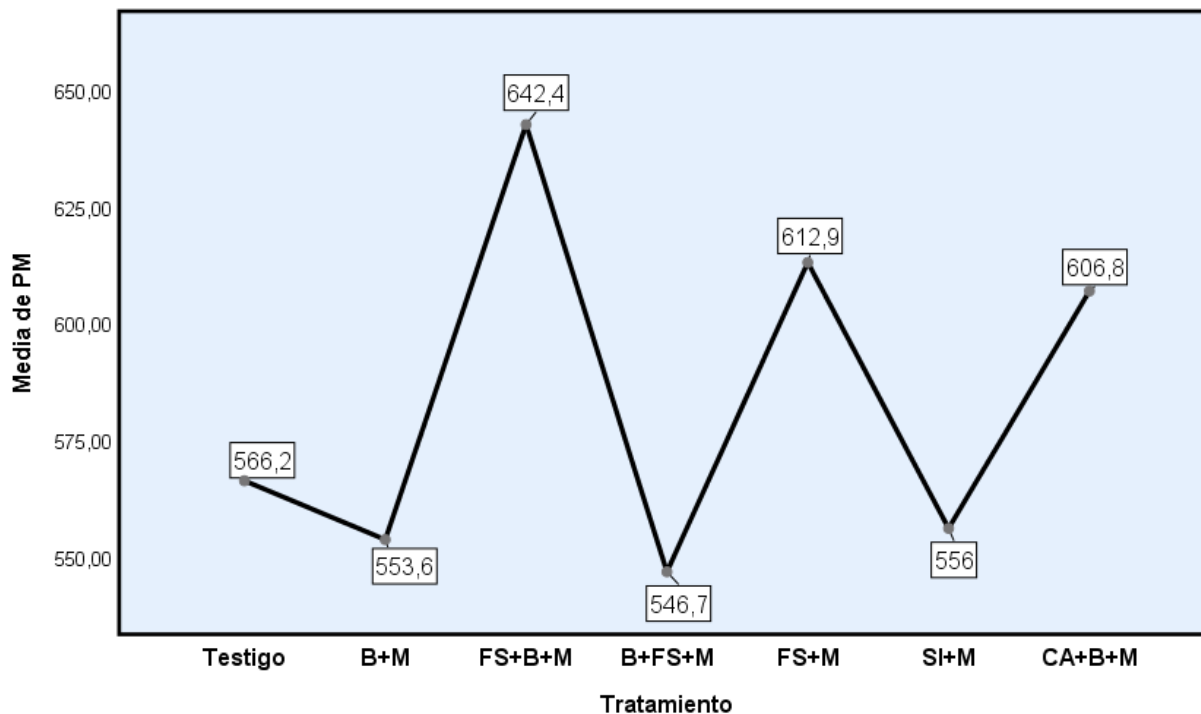


Figura. 10. Variable peso de la mazorca.

4.6. Peso de semilla en fresco

Mediante la prueba de Tukey en la siguiente Tabla 8 muestra que existe un solo grupo definido, donde no existe diferencia significativa para la variable PSF, pero se determina que el peso menor tuvo el T3 con 155,1g y el T2 obtuvo el mayor peso de semilla fresca con 192,8 g. En la Figura 11 de cajas y bigotes se puede evidenciar las medias y sus respectivos cuartiles con valores que indican en el T2 asimetría positiva con tendencia al menor peso de semilla fresca y se observó un mejor peso logrando alcanzar un máximo de (257 g) por mazorca, así demostrando que las plantas de este tratamiento aprovecharon al máximo la aplicación del biocarbón en combinación con el Fossil Shell y los MM mejorando las condiciones del suelo y permitiendo a la planta tomar todos los nutrientes necesarios y luminosidad requerida para cumplir con todos los procesos fisiológicos

y lograr aquel peso (Guerrero, Delgado, Tuz, & Batista, 2019). El T1, T6 y el Testigo presentaron homogeneidad en la distribución de datos sin embargo no alcanzaron niveles máximos en el PSF.

Tabla 8. Prueba de Tukey para variable peso de semilla en fresco.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey^a	B+FS+M	10	155,1000
	SI+M	10	165,1000
	B+M	10	171,8000
	Testigo	10	172,5000
	FS+M	10	179,9000
	CA+B+M	10	183,0000
	FS+B+M	10	192,8000
	Sig.		

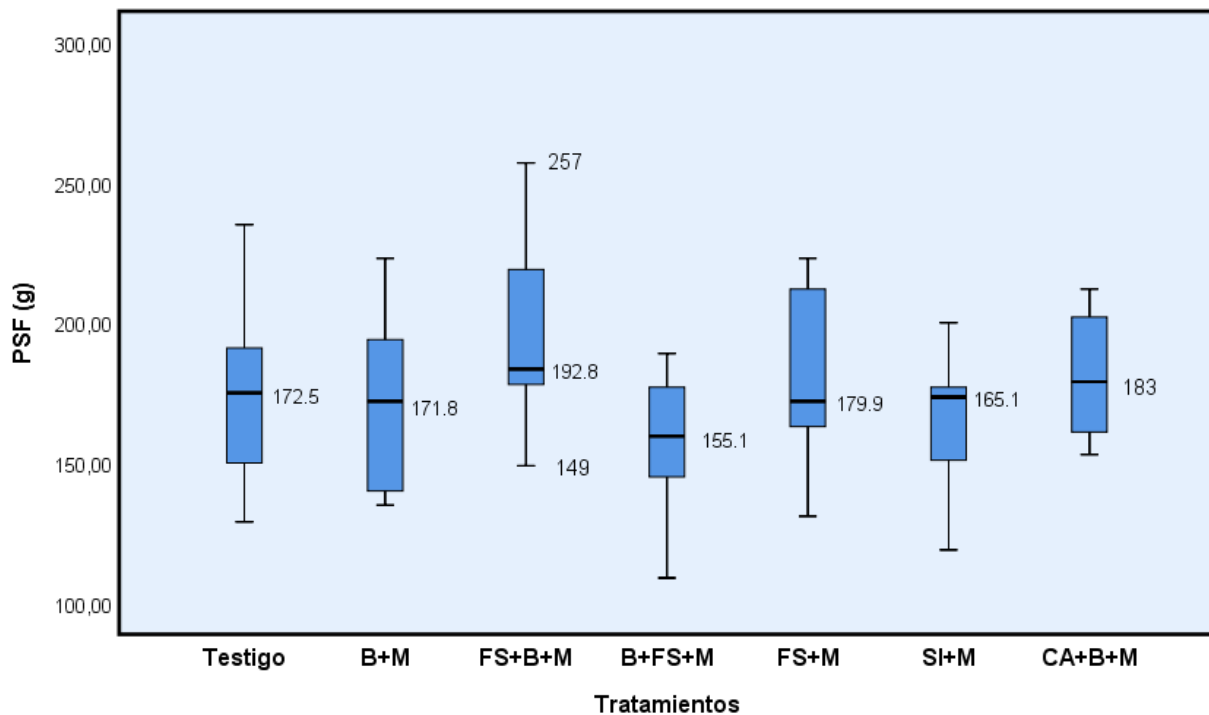


Figura. 11. Diagrama de cajas y bigotes para la variable peso de semilla en fresco.

4.7. Número de semillas por mazorca

La prueba de Tukey muestra en la Tabla 9 un grupo de significancia para la variable entre los tratamientos, el T2 obtuvo una media de (46,8 semillas) lo que justifica que tuvo el mayor peso de semilla fresca, el T5 y T6 presentaron similar número de semillas. En la Figura 12 se puede observar que el T6 tiene una distribución asimétrica negativa con tendencia al mayor número de semillas por mazorca alcanzando un máximo de (57 semillas) sin embargo en peso de semilla en fresco el T2 lo supero. El T4 que está en combinación con MM y Fossil Shell alcanzan un máximo de (56 semillas) disminuyendo el aporte nutricional para el llenado de las mazorcas, el T1 y T3 presentan máximos similares (50 y 51 semillas) respectivamente presentaron los valores más bajos en comparación con los otros tratamientos. Además, el T5 presento un valor atípico de (37 semillas) que se presentó causado por el exceso de sombra que se presentó en la zona donde se encontraba la planta y esto no le permitía a la planta receptor los nutrientes y luz para un adecuado desarrollo y llenado de frutos.

Tabla 9. Prueba de Tukey para variable número de semillas por mazorca.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey^a	B+FS+M	10	41,0000
	B+M	10	43,8000
	Testigo	10	44,5000
	SI+M	10	45,3000
	CA+B+M	10	45,5000
	FS+M	10	46,0000
	FS+B+M	10	46,8000
	Sig.		0,116

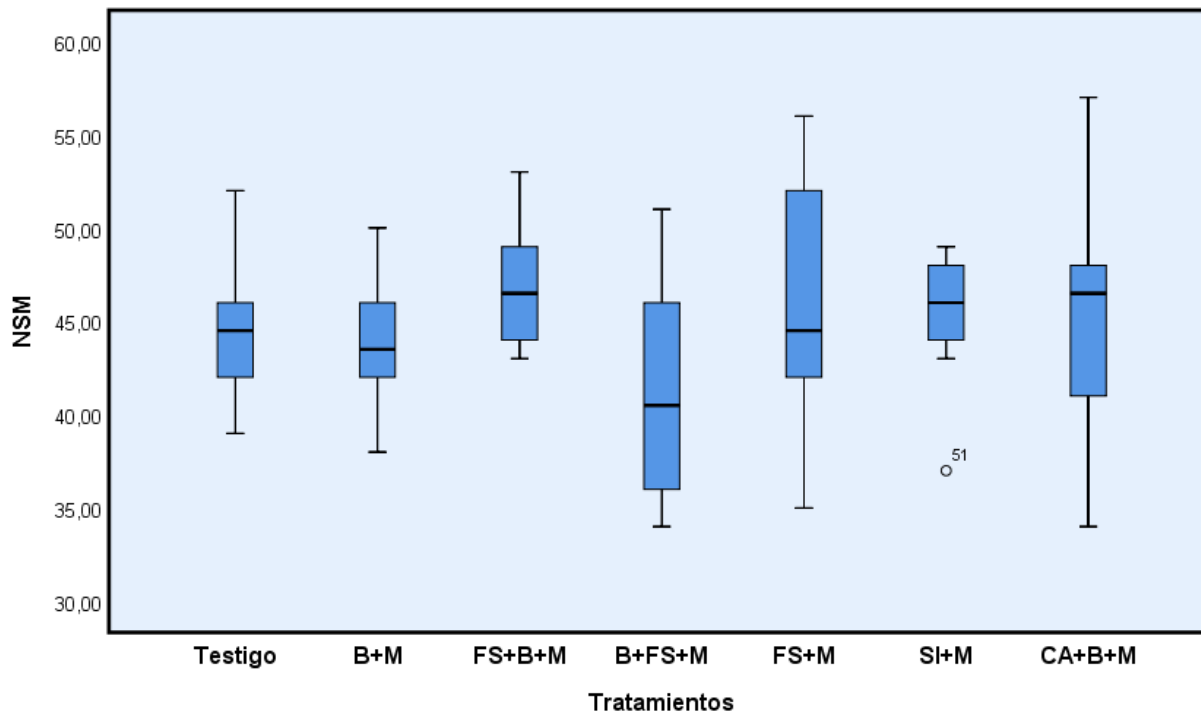


Figura. 12. Diagrama de cajas y bigotes para la variable número de semillas por mazorca.

4.8. Peso seco de semillas

En esta variable (tabla 10) se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, se define un solo grupo específico, pero se determina que el peso menor obtuvo el T3 con (57,85 g) y el T2 es el de mayor peso con (68,42 g), mientras que comparten similitud en peso el testigo, T5 y T1 con 58,84 – 58,94 – 58,98 respectivamente.

Según (Steiner, y otros, 2007) el biocarbón aumenta la CIC y combinado con enmiendas orgánicas incrementa la reserva de nutrientes en la zona de enraizamiento por lo tanto ayuda mejorar la producción por lo que se asume el incremento del peso para este tratamiento, en este caso el T2 como se puede observar en el Figura 13 donde obtuvo el nivel máximo de 84,32 g presentando asimetría negativa al igual que el T5 y T6 con tendencia al mayor peso, el T1 y T3 presentan

asimetría positiva con tendencia al menor peso. el T4 presento homogeneidad en la distribución de datos, pero no alcanzo el nivel máximo de peso seco de semilla, mientras que el testigo presenta dos valores atípicos (74,34 g y 43,27 g) provocado por la deficiencia de nutrientes que no permiten obtener un buen peso con mazorca.

Tabla 10. Prueba de Tukey para variable peso seco de semillas.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD	B+FS+M	10	57,8590
Tukey^a	Testigo	10	58,8490
	SI+M	10	58,9470
	B+M	10	58,9850
	CA+B+M	10	64,6660
	FS+M	10	68,3210
	FS+B+M	10	68,4230
Sig.			0,114

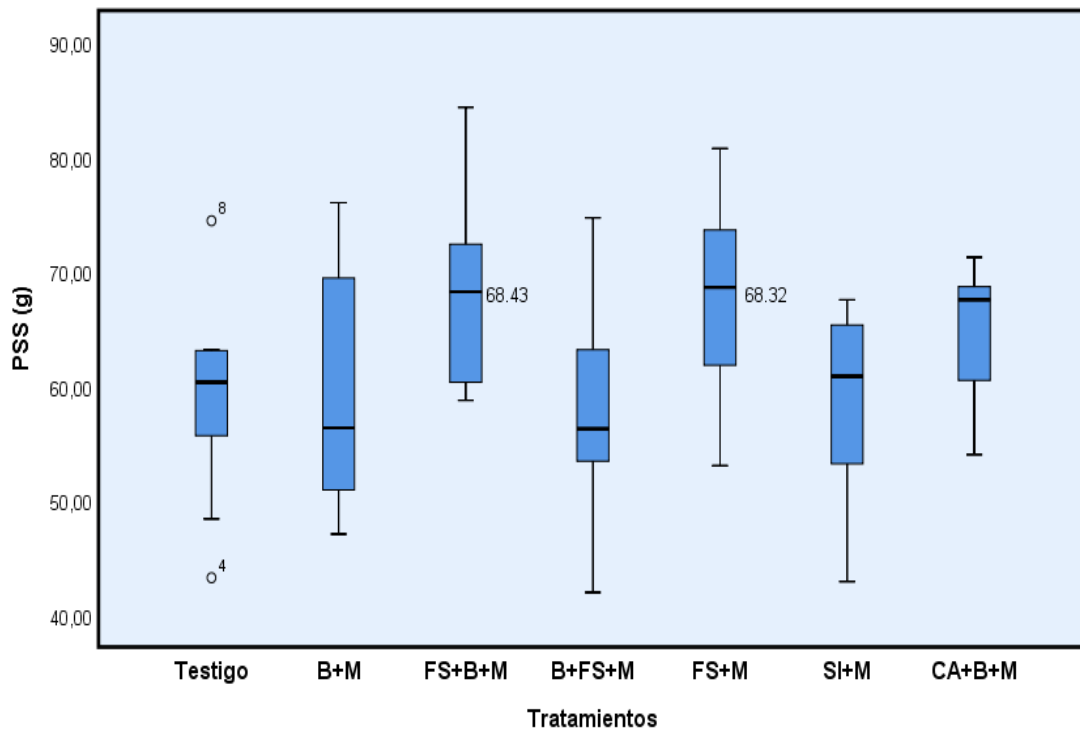


Figura. 13. Diagrama de cajas y bigotes para la variable peso seco de semillas.

4.9. Índice de mazorca

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Tabla 11), indica que no existe significancia entre los tratamientos y presenta la formación de siete grupos donde el subconjunto 1 (T2) con un valor menor de la media presenta una diferencia estadística con los grupos 2,3,4,5,6,7; es decir necesita la menor cantidad de mazorcas para obtener un kg de cacao seco y fermentado, estos datos concuerdan con (Fuentes, Castelblanco, Jerez, & Guerrero, 2015) que registran índices entre 14 y 17 mazorcas para cacao CCN-51. El T3 obtuvo la media más elevada con un IM de 17,56, es decir se encuentra dentro del estándar internacional que menciona (Fuentes, Castelblanco, Jerez, & Guerrero, 2015) que se requieren 25 mazorcas para obtener un kilo de cacao.

Tabla 11. Prueba de Tukey para variable índice de mazorca.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	
HSD	FSBM	10	14,4600						
Tukey^a	FSM	10		15,2100					
	CABM	10			15,4300				
	BM	10				16,1300			
	Testigo	10					16,6600		
	SIM	10						16,8800	
	BFSM	10							17,5600
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

En el Figura 14 se puede observar que la media más baja obtuvo el T2 y T4 con 14,46 y 15,21 respectivamente, esto se le atribuye que el biocarbón y los MM incrementan la acción de los fertilizantes, además la planta aumenta la eficiencia para captar nutrientes y agua y de este modo mejorar la producción. (Tuz, 2018). La evaluación de esta variable es de suma importancia para la industria cacaotera en la selección del material para programas de fitomejoramiento para lo cual se selecciona materiales con un índice menor a 20 mazorcas, como

indicador de productividad (Solis, Zamarripa, Pecina, Garrido, & Hernandez, 2015) en el índice de mazorca influyen los factores ambientales, genéticos y edad de la plantación.

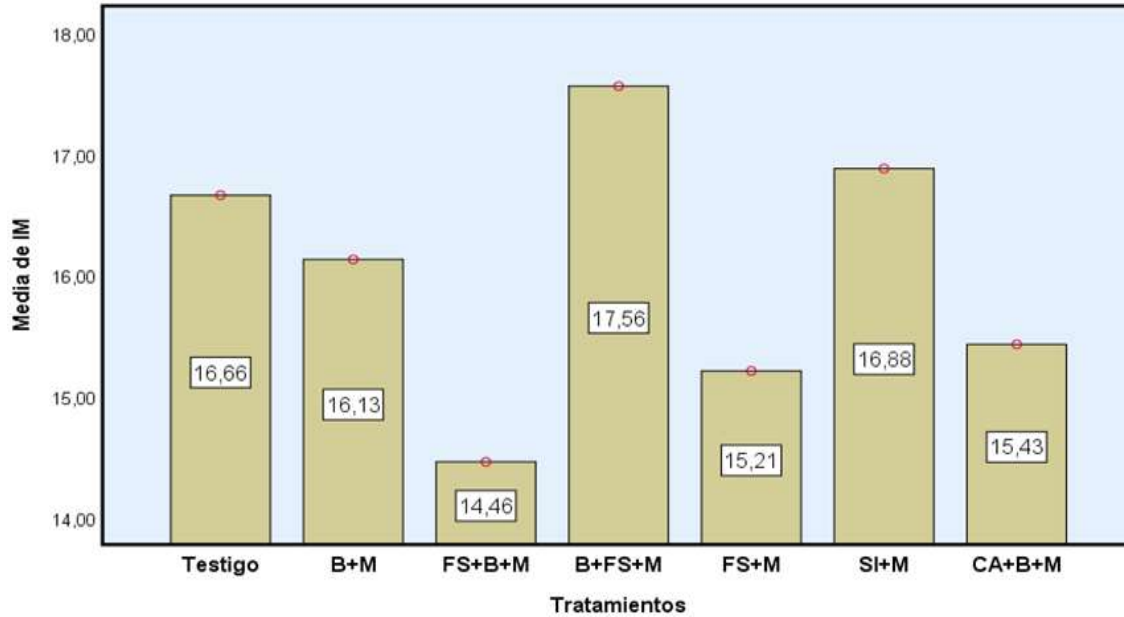


Figura. 14. Variable índice de mazorca.

4.10. Índice de semilla

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Tabla 12), muestra un solo grupo definido para esta variable donde indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, el T5 es el que tiene la media menor con (1,33 g) difiere estadísticamente del resto de tratamientos y el T4 obtuvo la media más alta con (1,47 g) coincidiendo con lo mencionado por (Chang & Torres, 2014) quienes exponen que el índice de semilla es de 1,4 g para el cacao CCN-51.

Tabla 12. Prueba de Tukey para variable índice de semilla.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey^a	SIM	10	1,3310
	Testigo	10	1,3540
	BM	10	1,4090
	BFSM	10	1,4220

CABM	10	1,4350
FSBM	10	1,4720
FSM	10	1,4760
Sig.		0,356

El Figura 15 muestra que el T6 tiene una distribución asimétrica negativa con tendencia a los pesos más altos de las semillas (1,81 g), el T1 y T2 presentan una media similar, mientras que el T3 y T4 presentaron un máximo de (1,73 g y 1,78 g) respectivamente, estos datos se encuentran dentro del rango que mencionan (Pinargote, Morán, Cedeño, & Guzmán, 2014) que el índice de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1,26 g es preciso acotar que el IS es un indicador de rendimiento que puede estar afectado por el material genético que correspondan los progenitores, edad de las plantas y factores edáficos y climáticos por lo tanto la aplicación de biocarbón y MM deja en evidencia que potencia el efecto de los fertilizantes al ser combinados.

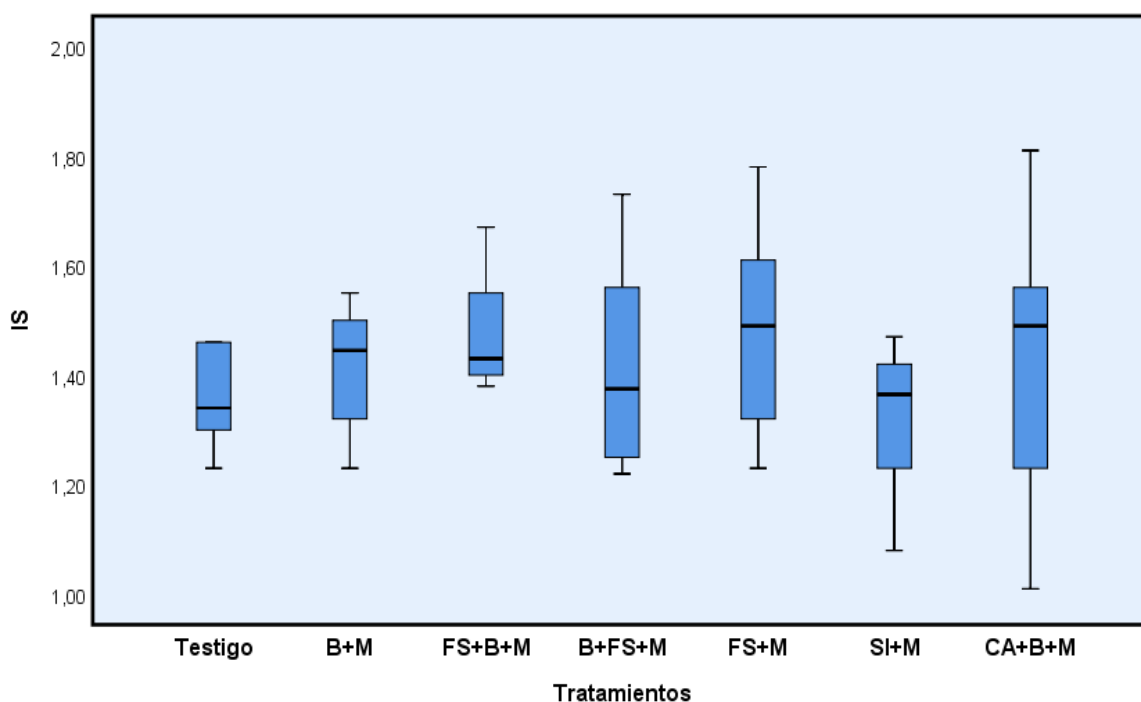


Figura. 15. Diagrama de cajas y bigotes para la variable índice de semilla.

4.11. Índice de cascarilla

Esta variable (Tabla 13) no presenta diferencia significativa entre los tratamientos, la media menor obtuvo el T6 con (9,56%) mientras que el T5 y T2 presentaron similitud (9,70 y 9,73 %) respectivamente, el T4 obtuvo la media mayor con (10,70 %). La figura 16 muestra diferencias entre los valores extremos de los tratamientos cuyos valores mínimos van desde 11,18 a los máximos de 14,59 en porcentaje de cascarilla. En resultados adquiridos por (Pinargote, Morán, Cedeño, & Guzmán, 2014) menciona que en el mercado internación el porcentaje de testa permitido es del 12% (Fuentes, Castelblanco, Jerez, & Guerrero, 2015) indica que el porcentaje de testa para granos normales esta entre el 10% y 14% también manifiesta que mientras el grano sea de mayor tamaño menor es el contenido de testa. Esta variable es un factor clave en la industria del cacao, ya que la misma requiere de semillas con el menor contenido de testa para la elaboración de productos y subproductos derivados del cacao

Tabla 13. Prueba de Tukey para variable índice de cascarilla.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey^a	CABM	10	9,5620
	SIM	10	9,7070
	FSBM	10	9,7390
	BFSM	10	9,9140
	BM	10	10,0660
	Testigo	10	10,4490
	FSM	10	10,7040
	Sig.		0,338

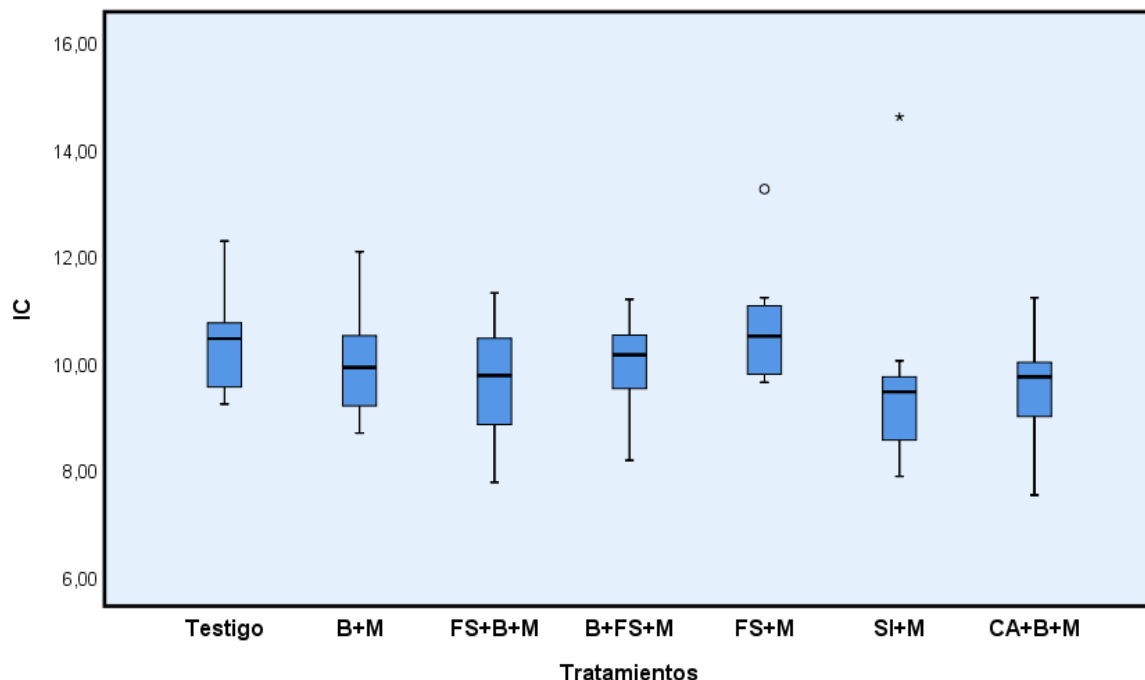


Figura. 16. Diagrama de cajas y bigotes para la variable índice de cascarilla.

4.12. Porcentaje de fermentación buena

En la prueba de Tukey (Tabla 14) muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, donde indica que el testigo obtuvo el valor más bajo de la media con (89,1%), el T2 y T4 presentan similar media con (90,2 y 90,3 %) respectivamente, el valor de la media más alto obtuvo el T5 con (92,6%) que contiene Silicato de calcio y MM. Según (Pinargote, Morán, Cedeño, & Guzmán, 2014), el 75% de granos fermentados es el valor mínimo requerido por la industria para un óptimo beneficio del sabor y aroma del cacao. Es decir los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos están dentro del valor antes mencionado, resultados menores indican baja calidad en las almendras y beneficio en la elaboración de productos derivados del cacao.

Tabla 14. Prueba de Tukey para variable porcentaje de fermentación buena.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1

HSD	Testigo	10	89,1000
Tukey^a	BFSM	10	90,2000
	FSM	10	90,3000
	FSBM	10	90,8000
	CABM	10	91,0000
	BM	10	91,2000
	SIM	10	92,6000
	Sig.		

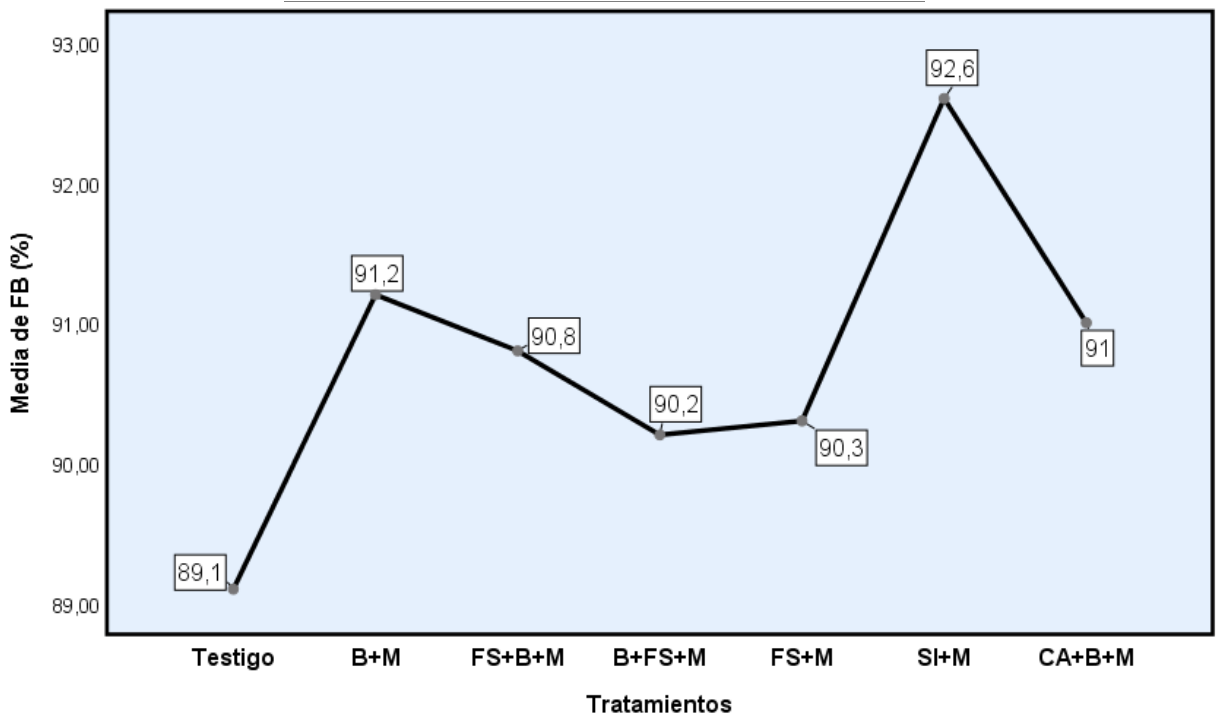


Figura. 17. Variable porcentaje de fermentación buena.

4.13. Porcentaje de fermentación media

En la prueba de Tukey (Tabla) señala que el T5, presenta el valor de media más bajo. En cambio, el T3, T4 y T6 presentan valores estadísticamente iguales entre ellos, mientras que el T1 y T2 también difieren estadísticamente con los demás tratamientos y el Testigo tuvo el valor de la media más alto que difiere con los demás valores obtenidos.

Tabla 15. Prueba de Tukey para variable porcentaje de fermentación media.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
-------------	---	------------------------------

		1	
HSD Tukey^a	SIM	10	7,2000
	BM	10	7,9000
	FSBM	10	8,0000
	FSM	10	8,4000
	BFSM	10	8,5000
	CABM	10	8,5000
	Testigo	10	9,5000
	Sig.		0,891

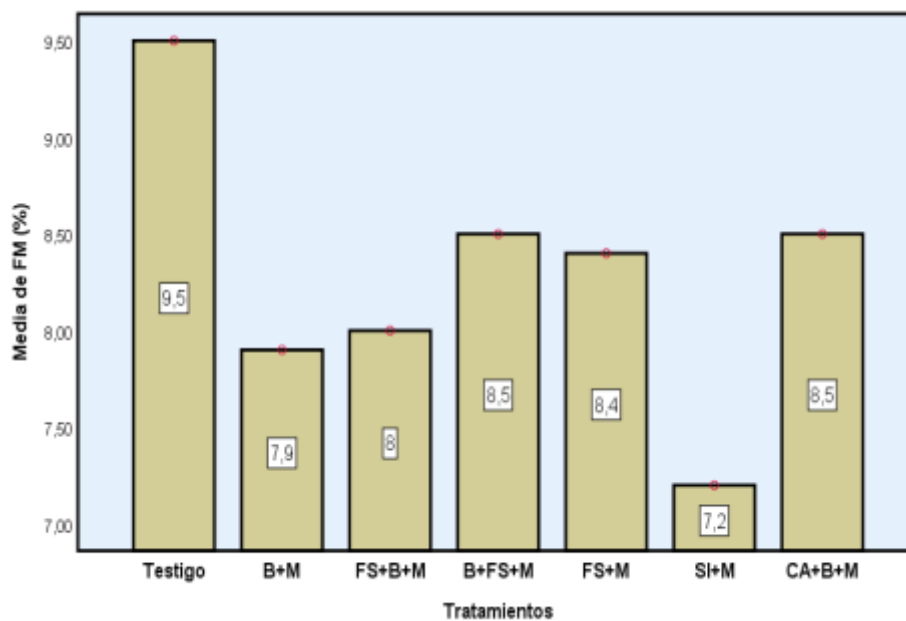


Figura. 18. Variable porcentaje de fermentación media.

En el Figura18 se observa que el valor de la media más bajo obtuvo el T5 con 7,2 y le sigue el T3, T4 y T6 con 8,5 – 8,5 y 8,5 respectivamente y con el valor vas alto de la media está el Testigo con un valor de 9,5. Estos resultados son menores a los obtenidos por (Álvarez, y otros, 2010) donde indica que el valor mínimo de fermentación media está en 16% .

4.14. Porcentaje de fermentación pizarra

En la Figura 19 se observa que el valor de la media más alto para esta variable obtuvo el Testigo con 0,3 y le sigue el T1 con 0,1 mientras que el resto de tratamientos tuvieron un valor de 0%. La presencia de almendras pizarra está relacionada con el grado de madurez de las mazorcas y la deficiente remoción de las muestras lo que se contradice según lo mencionado por (Álvarez, y otros, 2010) que las almendras pizarrosas se presentan cuando existen tiempos cortos de fermentación.

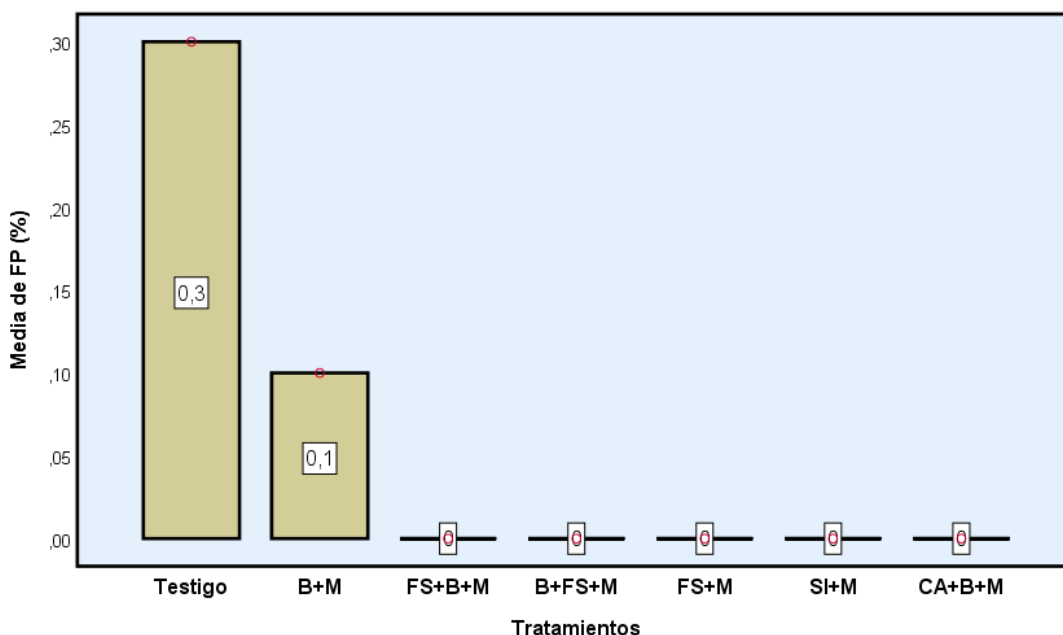


Figura. 19. Porcentaje de fermentación pizarra.

4.15. Porcentaje de fermentación violeta

En la prueba de Tukey (Tabla 16) se observa que existe un solo grupo definido para el porcentaje de fermentación violeta, muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos donde el valor de la media más bajo obtuvo el T5 mientras que el T2 y T6 presentaron igualdad en las medias con 0,5 % y el valor de la media más alto con 1,2 % fue el Testigo. Cuando ocurre una

fermentación deficiente se presenta este tipo de fermentación y por lo tanto no se producen las reacciones químicas como la oxidación de polifenoles. Al comparar los resultados obtenidos podemos decir que los valores son menores a los de (Bohórquez, Guerrero, Batista, & Reyes, 2019) quienes obtuvieron resultados entre 1 y 15% y mencionaron que este porcentaje de fermentación ocurre por una limitada fermentación. En la Figura 20 de las medias se observa que los porcentajes obtenidos son bajos, solo el Testigo obtuvo un valor por encima del 1%.

Tabla 16. Prueba de Tukey para variable porcentaje de fermentación violeta.

Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey ^a	SIM	10	0,0000
	FSM	10	0,4000
	FSBM	10	0,5000
	CABM	10	0,5000
	BFSM	10	0,6000
	BM	10	0,8000
	Testigo	10	1,2000
	Sig.		0,167

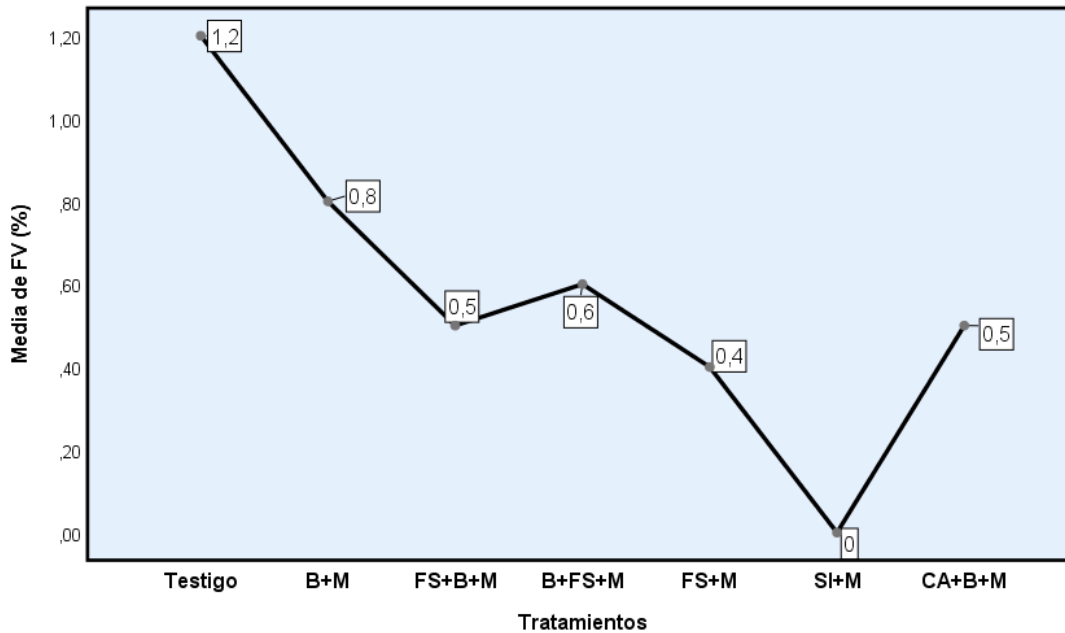


Figura. 20. Porcentaje de fermentación violeta.

4.16. Porcentaje de fermentación con moho

En la Figura 21 se puede observar que el T1, T5 y T6 no presentaron granos con moho, les sigue el testigo con 0,1 % mientras que el T2 y T3 presentaron igualdad en los porcentajes obtenidos 0,7% y el valor más alto de la media tuvo el T4 con 0,9 %. Una sobrefermentación y un proceso de secado lento o deficiente da como resultado presencia de almendras con moho (Jimenez, y otros, 2011).

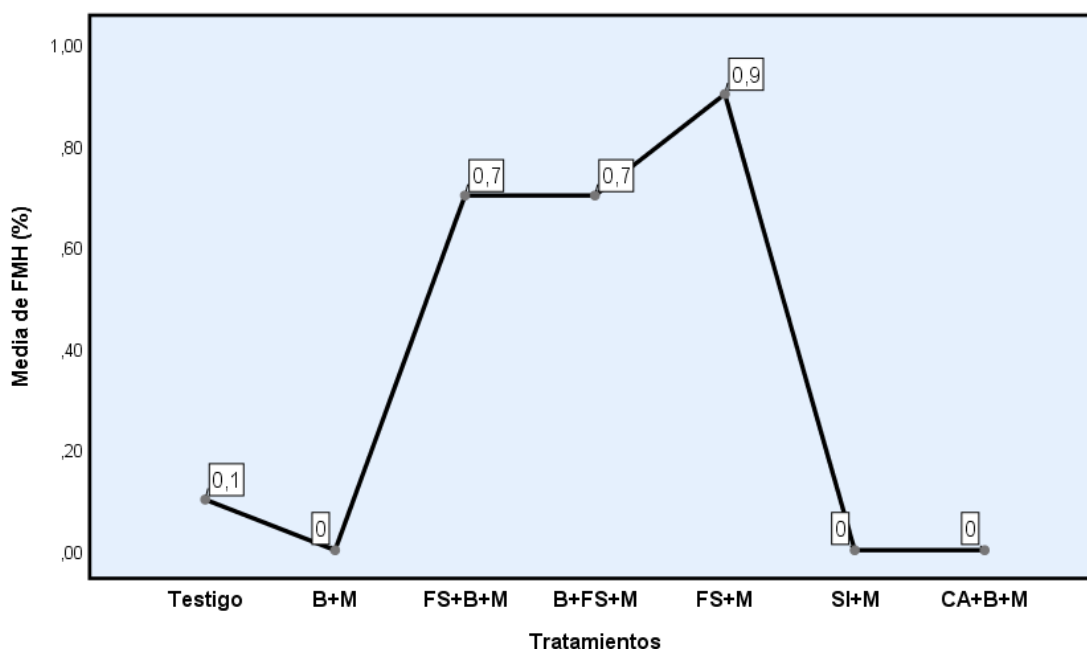


Figura. 21. Porcentaje de fermentación con moho

4.17. Porcentaje de humedad

La prueba de Tukey (Tabla 17) muestra que existen seis grupos diferentes para la variable PDH, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, pero se determinó que el porcentaje de humedad es menor en el T2 con (7,6 %) seguido el T3 con (7,7 %) el grupo tres está representado

por los T1 y T6 que tienen igual valor (7,8%) los grupos 4,5,6 están representados por el T0, T4 y T5 respectivamente, siendo este último el que obtuvo la media más alta.

Tabla 17. Prueba de Tukey para variable porcentaje de humedad.

HSD Tukey ^a	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	
	FSBM	10	7,6000						
	BFSM	10		7,7000					
	BM	10			7,8000				
	CABM	10			7,8000				
	Testigo	10				8,3000			
	FSM	10					8,6000		
	SIM	10						8,8000	
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

El secado de cacao consiste en la pérdida de humedad del cacao hasta que facilite su almacenamiento, transporte, manejo y comercialización. En la Figura 22 se muestra que el T1, T2, T3 y T6, tienen el PDH más bajo (7,7 – 7,8 %), estos tratamientos contienen biocarbón en su formulación y son los que tienen el porcentaje de humedad establecido por (CONVENIN, 1998) donde estableció un rango entre (6 - 8 %) este parámetro es un requisito de calidad fundamental en los mercados internacionales para la comercialización del grano.

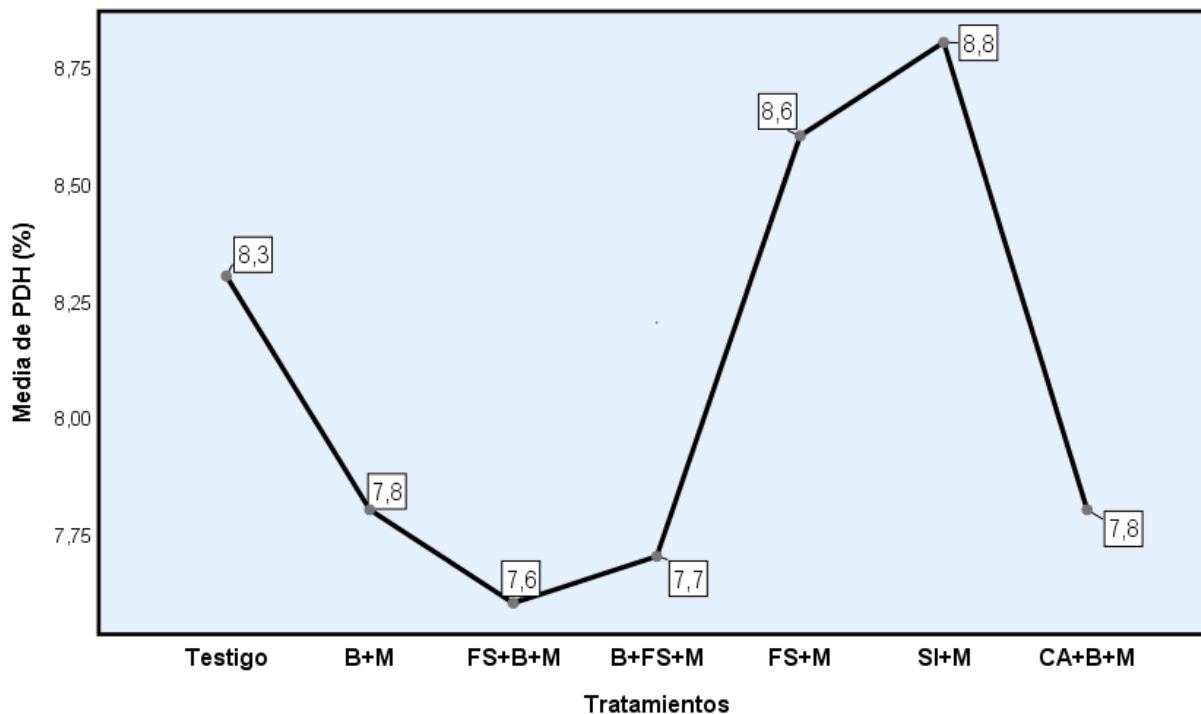


Figura. 22. Porcentaje de humedad.

4.18. Rendimiento

En la prueba de Tukey (Tabla 18) se puede observar dos grupos para esta variable donde no existe diferencia significativa entre los tratamientos, el Testigo obtuvo la media más baja con 23,76 q/ha/año considerando que también tuvo un bajo número de mazorcas por planta y de mazorcas sanas siendo estas variables justamente relacionadas con el rendimiento, el T4, T3, T5 y T6 comparten significancia en los dos grupos con (33,1- 36,19 – 36,49 y 41,34 q/ha/año) respectivamente, los valores más elevados tienen el T2 (53,58) y el T1 (59,10) qq/ha/año este aumento en los valores se le atribuye al biocarbón en combinación con los MM y Fertilizante ya que los MM ponen en disponibilidad los nutrientes y el biocarbón facilita a la planta la absorción de los mismos por lo tanto (Tuz, 2018) menciona que provoca el incremento del peso de las almendras y mejora el rendimiento de los cultivos.

Tabla 18. Prueba de Tukey para variable rendimiento.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
HSD	Testigo	10	23,7688	
Tukey^a	FSM	10	33,1069	33,1069
	BFSM	10	36,1934	36,1934
	SIM	10	36,4929	36,4929
	CABM	10	41,3480	41,3480
	FSBM	10		53,5884
	BM	10		59,1031
	Sig.		0,500	0,096

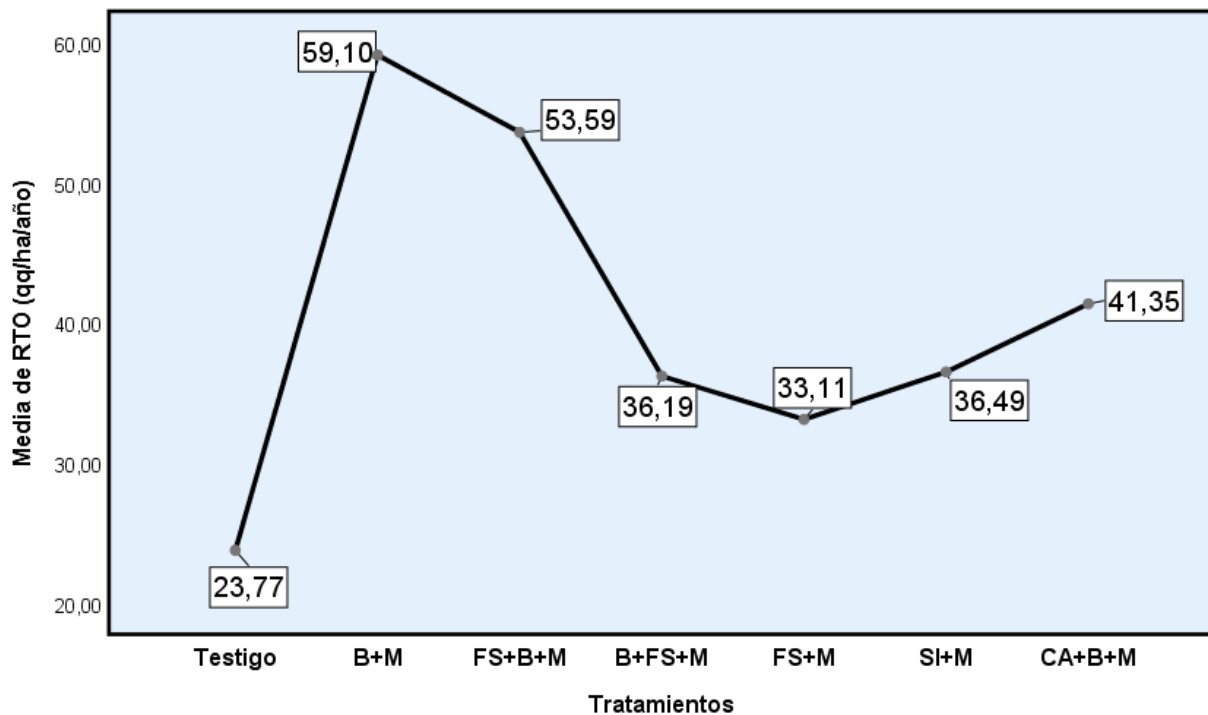


Figura. 23. Variable de rendimiento.

4.19. Análisis económico de los tratamientos

El análisis económico se realizó a cada tratamiento y llevado a hectáreas en función del precio de cacao en el mercado, se considera únicamente el trabajo de nutrición de los tratamientos y del beneficio para otros intereses se deberá restar el costo del personal semanal, y otros gastos como la cosecha, postcosecha y secado.

La Tabla 19 muestra la relación costo/beneficio donde se observa que el T1 tuvo el valor más alto con 3,9; su costo nutricional por planta fue de \$0,12 dando como resultado un costo de nutrición y mano de obra de \$1593,32 ha⁻¹ para obtener una producción de 59,1 qq/año con un precio de \$ 105 se obtiene un total de ingresos de \$6205,5 ha/año y un beneficio de \$4725,5 para obtener la relación costo beneficio se divide el ingreso total de los tratamientos para el costo de producción por ha/año. El T2 tiene un costo de nutrición por hectárea de \$ 244,42 y una producción de 53,59 qq con un costo \$ 105 por quintal obteniendo un beneficio de \$ 4146,95 ha⁻¹. El T3 tiene un costo de \$ 1859,96 ha⁻¹ y produce 36,19 qq y se vende a \$105 obteniendo un beneficio de \$ 2319,95 ha⁻¹. El T4 invierte en nutrición y mano de obra \$ 1859,96 ha⁻¹ y produce 33,11 qq y se vende a \$105 obteniendo un beneficio de \$ 1996,55 ha⁻¹. El T5 tiene una inversión de \$ 1739,97 ha⁻¹ y produce 36,49 qq y se vende a \$105 obteniendo un beneficio de \$ 2351,45 ha⁻¹. El T6 tiene una inversión de \$ 1679,98 ha⁻¹ y produce 41,35 qq y se vende a \$105 obteniendo un beneficio de \$ 2861,75 ha⁻¹ y finalmente el Testigo invierte \$ 1613,32 ha⁻¹ y produce 23,77 qq y se vende a \$105 obteniendo un beneficio de \$ 1015,85 ha⁻¹.

Tabla 19. Análisis económico de los tratamientos.

Tratamientos	Cos Nut/pl	pl/ha	Cos nut/ha	Prod. (qq)	Precio (qq)	Tot. Ing. Trat	Cos. Man. Obr	Beneficio	Cos. Proc ha/año	Relación C/B
T0	0,12	1111	133,32	23,77	105	2495,85	1480	1015,85	1613,32	1,5
T1	0,102	1111	113,32	59,1	105	6205,5	1480	4725,5	1593,32	3,9
T2	0,22	1111	244,42	53,59	105	5626,95	1480	4146,95	1724,42	3,3
T3	0,342	1111	379,96	36,19	105	3799,95	1480	2319,95	1859,96	2,0
T4	0,342	1111	379,96	33,11	105	3476,55	1480	1996,55	1859,96	1,9
T5	0,234	1111	259,97	36,49	105	3831,45	1480	2351,45	1739,97	2,2
T6	0,18	1111	199,98	41,35	105	4341,75	1480	2861,75	1679,98	2,6

5. CONCLUSIONES

- En los siete tratamientos existió diferencias significativas obteniendo mejores resultados el T1 y T2 indicando que el biocarbón en combinación con otras enmiendas orgánicas es recomendable aplicar de manera edáfica con la finalidad de obtener incrementos significativos en la producción y mejora en la fitosanidad en el cultivo de cacao CCN-51.
- La aplicación del biocarbón como enmienda orgánica en combinación con microorganismos de montaña solidos da como resultado un aumento en la producción teniendo el mayor promedio en número de mazorcas por planta y rendimiento con 59,10 qq/ha⁻¹ comparándolo con el T2 (biocarbón más Fossil shel y microorganismos de montaña solidos) que tiene 53,58 qq/ha⁻¹.
- El T1 deja en evidencia que es el mejor para el control fitosanitario en cacao, tratamiento que obtuvo el menor número de mazorcas enfermas y la mayor cantidad de mazorcas sanas, se puede decir que las enmiendas orgánicas no solo mejoran las propiedades del suelo, sino que también hacen disponible los nutrientes necesarios para un buen desarrollo fisiológico de las plantas.
- El análisis económico muestra que es más rentable aplicar 100 gr de biocarbón más 50 gr de microorganismos de montaña sólidos, no solo es un tratamiento de bajo costo sino que permite aumentar la producción, mejorar la fitosanidad y obtener el mayor beneficio por hectárea (\$ 4725,5) a diferencia del testigo que tuvo la menor producción (23,77 qq/ha⁻¹.) y beneficio de \$ 1015,85.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar mensualmente por planta 100 g de biocarbón en combinación con 50 g de microorganismos de montaña solidos a una plantación de cacao con la finalidad de paliar el ataque de plagas y enfermedades y también incrementar el rendimiento.
- Se debe realizar la cosecha con tijeras de podar o podones que tengan buen filo con el objetivo de no dañar los cojinetes florales que a largo plazo se convierten en un factor que ocasiona una baja producción.
- Realizar la cosecha oportuna y solo de frutos completamente maduros y sanos para obtener granos de calidad en peso y aroma.
- Utilizar todos los residuos de poda, cosecha y mazorcas enfermas para la elaboración del biocarbón y de esta manera disminuir los costos de fertilización y mejorar los ingresos del productor.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ortiz de Bertorelli, L., Graziani de Fariñas, L., & Rovedas, G. (02 de febrero de 2009). INFLUENCIA DE VARIOS FACTORES SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL GRANO. *Agronomía Tropical*, 59(2), 119-127. Obtenido de http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5902/pdf/ortiz_1.pdf
- Abenza, D. (2012). *Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta*.
- Acebo, M. (2016). *Estudios industriales orientacion estrategica para la toma de decisiones. Industria de cacao*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral .
- Álvarez, C., Tobar, L., Garcia, H., Morillo, F., Sánchez, P., Giron, C., & De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista científica UDO agrícola*, 10(1), 76-87.
- ANECACAO. (2019). Sector exportador de cacao. *Asoacion Nacional de Exportadores de Cacao-Ecuador*.
- Antolínez, E., Almanza, P., Barona, A., Díaz, E., & Serrano, P. (01 de Mayo de 2020). Estado actual de la cacaocultura: una revisión de sus principales limitantes. *Ciencia y Cultura*, 17(2), 1-11. doi:<https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n2.2020.10729>
- Araya, M., Camacho, M., Molina, E., & Cabalceta, G. (2015). Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 47-60.
- Arévalo, E., Obando, M., Zúñiga, L., Arévalo, C., Baligar, V., & He, Z. (09 de 09 de 2016). METALES PESADOS EN SUELOS DE PLANTACIONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN TRES REGIONES DEL PERÚ. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81-89. doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>
- Arvelo, M., Gonzales, D., Moroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual Tecnico del Cultivo de Cacao Practicas Latinoamericanas*. Costa Rica: IICA.
- Avalos, E. (2014). *Estudio de factibilidad para la creacion de un centro de acopio de cacao fino de aroma ubicado en Cumanda Provincia de Chimborazo*. Riobamba- Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Barrezueta, S., Prado, E., & Jimbo, R. (2017). Características del Comercio de cacao a nivel intermediario en la Provincia de El Oro Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(16).
- Barros, O. (1981). Morfología del árbol de cacao. En *Morfología y clasificación botánica del cacao*. (págs. 25-42). ICA. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13548>
- Batista, L. (2009). *El cultivo de cacao* . Santo Domingo: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal.

- Bohórquez, R., Guerrero, J., Batista, R., & Reyes, S. (2019). Automatización de un sistema de fermentación de almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) para pequeños productores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 149-156.
- Borbor, M., & Tomala, K. (2018). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE SEIS CLONES DE CACAO TIPO NACIONAL (Theobroma cacao L.) EN EL CENTRO DE PRACTICAS Y PRODUCCION RIO VERDE, CANTON SANTA ELENA*. Santa Elena.
- Cedeño, S. (2011). *La revolución del cacao CCN-51 en Ecuador*. Industrial Agrícola Cañas C.A.
- CEPAL. (2015). *Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador*. Quito.
- Chang, J., & Torres, C. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. . *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21-34.
- CONVENIN. (1998). Comisión Venezolana de Normas Industriales. En *Norma venezolana N° 50 Granos de cacao. Prueba del Corte (Revisión final)*. Caracas: Fondonormas.
- Enriquez, G., & Paredes, A. (1987). *El cultivo de cacao*. San Jose, Costa Rica : Editorial Universidad Estatal a Distancia .
- Espinosa, C., & Mosquera, D. (2012). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN EL CANTÓN SAN LORENZO, PROVINCIA DE ESMERALDAS*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1559/1/T-UCE-0005-181.pdf>
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). *Guía Técnica del Cultivo de Cacao Manejada con Técnicas Agroecológicas*. El Salvador: CATIE.
- FAO. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- FAOSTAT. (2018). *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Fuentes, C. (2016). Efecto del manejo en la reducción de incidencia de enfermedades (moniliasis, escoba de bruja y mazorca negra) en el cultivo de cacao en la Estación experimental de Sapecho. *Revista Científica de Investigación Info-Iniaf*, 1(7), 66-71.
- Fuentes, L., Castelblanco, S., Jerez, A., & 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(1), 252-265.
- Guerrero, G. (2013). El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV. *Lideres*.
- Guerrero, G. (2015). El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV. *Revista Lideres*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>

- Guerrero, J., Delgado, M., Tuz, I., & Batista, R. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 190-197.
- Gutiérrez, M. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *UDO Agrícola*, 12(4), 914-918. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104327>
- Ibarra, A. (Noviembre de 2019). ANÁLISIS DE LA CADENA DE CACAO EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS, ECUADOR. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/cadena-cacao-ecuador.html>
- INIAP. (2018). Obtenido de Plagas del cultivo de Cacao: https://eva.iniap.gob.ec/web/wp-content/cache/page_enhanced/eva.iniap.gob.ec/web/cacao/plagas-cacao/_index.html
- Isla, E., & Andrade, B. (2009). *Manual para la Producción de Cacao Orgánico para las comunicades nativas de la Cordilleras del Cóndor*. (Fundación Conservación Internacional ed.). Lima, Perú. Recuperado el 30 de 08 de 2020, de [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20237%2003/pd237-03-2%20rev2\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20237%2003/pd237-03-2%20rev2(F)%20s.pdf)
- Jaimes, Y., & Aranzazu, F. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (Theobroma cacao L) en Colombia, con énfasis en monilia (Moniliophthora roreri)*. Bogota.
- Jimenez, J., Amores, F., Nicklin, C., Rodriguez, D., Zambrano, F., Bolaños, M., . . . Cedeño, P. (2011). *Micro fermentacion y analisis sensorial para la seleccion de arboles superiores de cacao*. Quevedo: ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE. Boletín Técnico No. 40.
- Jumbo, J. (2019). *Fertilización edáfica con tres niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la zona de Quinsaloma*. Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ.
- Lazcano, I. (2003). *CAL AGRICOLA: CONCEPTOS BASICOS PARA LA PRODUCCION DE CULTIVOS*.
- Leiva, E., Gutiérrez, E., Pardo, C., & Ramírez, R. (19 de Agosto de 2019). COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) POR EFECTO DE LA PODA. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2), 137-146. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000200137&lang=en
- Lema, V. (2019). *Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)*. Obtenido de Informe de rendimientos objetivos de cacao (almendra seca): <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cacao/rendimiento-del-cacao-ecuador>

- López, B. (2016). *Evaluación agronómica de una plantación de cacao (Theobroma cacao L.) tipo CCN-51 en la zona de Balao, provincia del Guayas.*
- Martinez, A., Sanchez, R., Velasco, S., & Prado, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 12(1), 79-87.
- Mejía, C., Castro, M., Carvajal, L., Castrillón, H., & Puerta, N. (2017). *AGROINDUSTRIA DEL CACAO*. Sabta Fe de Antioquia, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
- Montaleza, J. (2020). *Análisis de la diversidad morfológica de cacao (theobroma cacao l.) del jardín clonal de la UTMACH*. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15553>
- Montes, M. (2016). *EFECTOS DEL FOSFORO Y AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAZORCAS, EN UNA PLANTACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao L.) CCN-51, EN LA ZONA DE BABAHOYO*. Babahoyo: UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAGING%20AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, F., Montufar, J., Chang, J., Fiallos, F., Remache, R., & Montúfar, G. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona de bosque humedo tropica de la provincia de Los Rios. *Ciencia y Tecnologia*, 7(1), 33-41.
- Mora, F., & Fiallos, F. (2012). *Moniliophthora roreri (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249-258.
- Moreno, L., & Sánchez, J. (1989). *Beneficio del cacao*. FHIA. La Lima, Cortés: IICA. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36812834/Beneficio_del_Cacao.pdf?1425208287=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBeneficio_del_Cacao.pdf&Expires=1605377586&Signature=Z8J9P2k9tRp7EwZ2MYBuzwMni3WnFDoy6n1qydRMzSRkqg~tCn4BZzFqAVbjGBPzbXIXJ
- Moscol, M., Espinoza, E., Mendoza, L., Rojas, J., & Salvador, N. (2012). *Manejo Técnico del Cultivo de cacao blanco de Piura*. Piura: Ministerio de Agricultura.
- Onofre Salazar, J. (2019). *El Silicio (Si) como mineral multifuncional en la agricultura*. Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019.
- Parra, P. (2014). Secado artificial de cacao. *Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*, (págs. 211-238). Guayaquil.
- Pérez, M., & Contreras, J. (2017). *Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacao especiales*. COEXCA, Bogotá. Obtenido de

https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia_de_buenas_practicas_de_poscosecha.pdf

- Pinargote, M., Morán, O., Cedeño, Á., & Guzmán, W. (2014). INFLUENCIA DE LA ÉPOCA DE COSECHA EN LA CALIDAD DEL LICOR DE CACAO TIPO NACIONAL. *Revista ESPAMCIENCIA*, 5(2), 79-87.
- Quintero, M., & Diaz, K. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47-59.
- Rebolledo, A., Lopez, G., Moreno, C., Collado, J., Alves, J., Pacheco, E., & Barra, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Revista terra latinoamericana*, 34(3), 367-382.
- Rivera. (2017). Reconociendo los síntomas y signos de la mazorca negra. *Infocacao-Ciencia y tecnología al servicio del sector cacaotero*, 1(13).
- Rivera. (2017). Control de la moniliasis del cacao a través de prácticas culturales. *Infocacao-Ciencia y tecnología al servicio del sector cacaotero*, 1(12).
- Sánchez, L., Gamboa, E., & Rincón, J. (2003). Control químico y cultural de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* Cif & Par) del cacao (*Theobroma cacao* L) en el estado Barinas. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(2), 188-194.
- Sanchez, V., Zambrano, J., & Iglesias, C. (2019). *La cadena de valor del cacao en América Latina y del Caribe*. Quito: INIAP.
- Siguencia, J. (2013). *EVALUACION DE UN SECADOR SOLAR INCLINADO CON ABSORBEDOR DE ZEOLITA PARA GRANOS DE CACAO CCN51*. TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE MAGISTER EN PLANIFICACION Y GESTION ENERGETICA, UNIVERSIDAD DE CUENCA, FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS, Cuenca. Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/38650800>
- Solis, J., Zamarripa, A., Pecina, V., Garrido, E., & Hernandez, E. (2015). Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 71-82.
- Steiner, C., Teixeira, W., Lehmann, J., Nehls, T., Macedo, J., Blum, W., & Zech, W. (2007). Efectos a largo plazo de la fertilización con abono, carbón vegetal y minerales en la producción de cultivos y la fertilidad en un suelo de tierras altas de la Amazonia Central altamente degradado. *Planta y suelo*, 291((1-2)), 275-290.
- Tanya Morocho, M., & Leiva Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
- Tapia, E. (2018). Actividades en América Latina y el Caribe de la Organización Internacional del Cacao, ICCO. *Plataforma multiagencia de cacao para América Latina y el Caribe "Cacao 2030-2050"*. Quevedo, Ecuador: Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP.

- Teneda, W. (2016). *Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51* . Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía .
Obtenido de <https://dspace.unia.es/handle/10334/3743>
- Tuz, I. (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes.*
- Zheng, H., Wang, Z., Deng, X., Herbert, S., & Xing, B. (2013). Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. . *Geodema*, 206, 32-39.

ANEXOS



Anexo. 1. Cultivo de cacao a evaluar



Anexo. 2. Microorganismos de montaña recolectados



Anexo. 3. Biochar elaborado de mazorcas enfermas de cacao.



Anexo. 4. Microorganismos de montaña sólidos



Anexo. 5. Toma de muestras de suelo



Anexo. 6. Peso de cada tratamiento a aplicar



Anexo. 7. Aplicación de los tratamientos



Anexo. 8. Toma de datos de las plantas evaluadas



Anexo. 9. Cultivo de cacao antes de la cosecha



Anexo. 10. Cosecha y toma de datos de las mazorcas



Anexo. 11. Mazorcas de cada tratamiento



Anexo. 12. Secado natural del cacao en marquesina



Anexo. 13. Proceso de corte para evaluar la calidad de las almendras

