



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

MANEJO INTEGRADO CULTIVO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*
L.): ENMIENDAS EDÁFICAS, EFECTO EN LA FLORACIÓN Y CUAJADO
DE FRUTO.

ARIAS SANMARTIN ANGEL HERMINIO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

MANEJO INTEGRADO CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*
L.): ENMIENDAS EDÁFICAS, EFECTO EN LA FLORACIÓN Y
CUAJADO DE FRUTO.

ARIAS SANMARTIN ANGEL HERMINIO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

MANEJO INTEGRADO CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.): ENMIENDAS
EDÁFICAS, EFECTO EN LA FLORACIÓN Y CUAJADO DE FRUTO.

ARIAS SANMARTIN ANGEL HERMINIO
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 26 DE ABRIL DE 2021

MACHALA
2021

Tesis Arias

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

4%

2

docplayer.es

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

El que suscribe, ARIAS SANMARTIN ANGEL HERMINIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado MANEJO INTEGRADO CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.): ENMIENDAS EDÁFICAS, EFECTO EN LA FLORACIÓN Y CUAJADO DE FRUTO., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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

Machala, 26 de abril de 2021



ARIAS SANMARTIN ANGEL HERMINIO
0705936680

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico primeramente a Dios y a la Virgen del Cisne, por brindarme la vida y sabiduría necesaria para poder salir adelante y culminar mis estudios.

Con enorme gratitud dedico a mis padres Sr. Angel Arias y Sra. Mercedes Sanmartín, quienes me enseñaron buenos valores y con mucho sacrificio y dedicación supieron brindarme su apoyo incondicional en todo momento de mi carrera profesional, a mis hermanas Cecibel y Tannya, a mi novia Lic. Yolanda Sánchez, quienes supieron guiarme y ofrecerme valiosos consejos y el ánimo para seguir adelante y poder conducir con éxito esta etapa de mi vida.

Angel Herminio Arias Sanmartín.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a Dios y la Virgen del Cisne por darme la vida y llenarme de mucha fortaleza para poder culminar mi meta propuesta.

De manera especial agradezco a mis padres Angel Arias y Mercedes Sanmartín, a mis hermanas Cecibel y Tannya, a mi novia Yolanda Sánchez. Quedo eternamente agradecido por todo ese apoyo, cariño y confianza que nunca me faltó y que me motivó e inspiró para ayudarme a cumplir este sueño.

A la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, por haberme abierto las puertas y brindado la oportunidad de formarme profesionalmente en esta institución.

Al Ing. Agr. José Nicasio Quevedo Guerrero Mg Sc., director del trabajo de investigación para mi titulación, por compartir sus conocimientos en el día a día y ayudarme a conseguir esta meta tan importante de mi formación profesional.

Al Ing. Agr. Julio Enrique Chabla Carrillo PhD y al Ing. Agr. Salomón Alejandro Barrezueta Unda PhD., miembros del tribunal por brindarme el apoyo necesario para culminar mi trabajo de titulación.

A mis amigos Carlos Quezada, Carlos Armijos, Heiner Aguilar, Fabio Gómez, Jhony Niola y William Rivera, por haber establecido una valiosa amistad a lo largo de mi carrera y brindarme su apoyo e incondicionalidad en toda la etapa de mi formación profesional.

Angel Herminio Arias Sanmartín.

MANEJO INTEGRADO CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.): ENMIENDAS EDÁFICAS, EFECTO EN LA FLORACIÓN Y CUAJADO DE FRUTO.

Arias Sanmartín, Ángel

Quevedo Guerrero, José

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el sitio Guayacanes, perteneciente a la parroquia La Cuca, cantón Arenillas, provincia de El Oro. En el periodo comprendido desde septiembre del 2020 hasta marzo del 2021. El Cacao, perteneciente a la familia de las malváceas, es uno de los cultivos frutales más conocidos y de mayor importancia en el mundo, el cual ha ido aumentando en función del tiempo, creciendo de 9 437 318 a 12 234 311 ha cosechadas en la última década a nivel mundial. Unas 525 435 ha de cacao se distribuyen a lo largo del país con rendimientos de 539,9 kg ha⁻¹. La baja productividad de las plantaciones significa una complicada situación socioeconómica para los pequeños productores de cacao de tipo Nacional, esta se debe a factores como la presencia de enfermedades y por razones tanto genéticas, como por su manejo, para alcanzar mejores rendimientos en las plantaciones de cacao se relacionan con las buenas prácticas de manejo agronómico, entre ellas la fertilización que mejora las condiciones físico-químicas del suelo. El principal objetivo cuando se realizan investigaciones en el uso de fertilizantes es incrementar los rendimientos de los cultivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dos tratamientos de enmiendas edáficas en la floración y cuajado de frutos para mejorar la productividad de Cacao Nacional en la provincia de El Oro. Se realizó un diseño experimental completamente al Azar (DCA). Debido a que se evaluaron dos factores, el primero que pertenece a las enmiendas edáficas y el segundo que comprende el tipo de manejo que se le da al cultivo, este último factor se evaluó asumiendo que cada parcela experimental posee condiciones homogéneas dentro de sí misma. Los tratamientos que se aplicaron en el estudio fueron dos dosis diferentes sin la presencia del testigo (Biochar + Nitrato de potasio y Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio) con 30 repeticiones para cada dosis, en dos condiciones de manejo diferente (con y sin manejo tecnificado) teniendo una densidad poblacional de 120 plantas en total. Se

midieron las variables: Número de frutos cuajados, frutos dañados y cojinetes florales por planta. Al aplicar los tratamientos combinados se reportó un efecto de no aditivo en los mismos, y al analizar estadísticamente se puede concluir que el manejo técnico del cultivo de cacao se traduce en mayores resultados de las variables estudiadas, número de frutos cuajado, frutos dañados y cojinetes florales al final de los muestreos. La mezcla de Biochar + Nitrato de potasio presentó los mayores valores dentro de sus tipos de manejo para el número de frutos cuajados, frutos dañados y cojinetes florales al final de los muestreos. La combinación de Biochar + Nitrato de potasio con un sistema de manejo de cultivo tecnificado fue el que representó los mayores promedios para todas las variables estudiadas mientras que el Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio no tecnificado obtuvo los promedios más bajos en todos los análisis estadísticos de las variables, número de cojinetes florales, frutos cuajados y frutos dañados por planta.

Palabras Claves:

Enmiendas, manejo de cultivo, rendimiento, cacao.

INTEGRATED MANAGEMENT OF COCOA (*Theobroma cacao* L.): EARTH AMENDMENTS, EFFECT ON FLOWERING AND FRUIT SET.

Arias Sanmartín, Ángel

Quevedo Guerrero, José

SUMMARY

This work was conducted at the Guayacanes site, belonging to the parish of La Cuca, Arenillas cantón, El Oro province. In the period from September 2020 to March 2021. Cacao, belonging to the Malvaceae family, is one of the best-known and most important fruit crops in the world, which has been increasing over time, growing from 9,437,318 to 12,234,311 harvested in the last decade worldwide. Some 525 435 ha of cocoa are distributed throughout the country with yields of 539.9 kg ha⁻¹. The low productivity of the plantations means a complicated socio-economic situation for small producers of National-type cocoa, this is due to factors such as the presence of diseases and for both genetic reasons, as well as their management, to achieve better yields in the plantations of cocoa are related to good agronomic management practices, including fertilization that improves the physical-chemical conditions of the soil. The low productivity of the plantations means a complicated situation for small producers and achieving better yields is related to good agronomic management practices, including the application of soil amendments. The main objective when conducting research on fertilizer use is to increase crop yields. The objective of this research was to evaluate the effect of two treatments of edaphic amendments on flowering and fruit set to improve the productivity of Cacao Nacional in the province of El Oro. A completely randomized experimental design (DCA) was carried out. Due to the fact that two factors were evaluated, the first that belongs to the edaphic amendments and the second that comprises the type of management that is given to the crop, this last factor was evaluated assuming that each experimental plot has homogeneous conditions within itself. The treatments applied in the study were two different doses without the presence of the control (Biochar + Potassium Nitrate and Biochar + Fossil Shell Agro + Potassium Nitrate) with 30 repetitions for each dose, in two different management conditions (with y and without technical management) having a population density of 120 plants in total. The following variables were measured:

number of fruit set, damaged fruit land flower bearings pad per plant. When applying the combined treatments, an effect of not additive was reported in them, and when analyzing statistically it can be concluded that the technical management of the cocoa crop translates into higher results of the studied variables, number of fruit set, damaged fruit land flower bearings pads per plant. The Biochar + potassium nitrate mixture presented the highest values within its management types for the number of fruit set, damaged fruit and flower pads at the end of the samplings. The combination of Biochar + potassium nitrate with a technified crop management system was the one that represented the highest averages for all the variables studied while Biochar + Fossil Shell Agro + non-technified potassium nitrate obtained the lowest averages in all the statistical analysis of the variables, number of flower pads, fruit set and fruit damaged per plant.

Keywords:

Amendments, crop management, yield, cocoa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	13
2	MARCO TEÓRICO	15
2.1	Origen	15
2.2	Taxonomía	15
2.3	Morfología	15
2.4	Botánica	16
2.4.1	Árbol	16
2.4.2	Hojas	17
2.4.3	Flores	17
2.4.4	Fruto	18
2.4.5	Semillas	18
2.4.6	Floración y cuajado de frutos	19
2.4.7	Floración	19
2.4.8	Cuajado	19
2.5	Grupos genéticos	19
2.5.1	Criollo	19
2.6.2.	Forastero	19
2.6.3	Trinitario	20
2.6.4	Cacao nacional	20
2.6.5	CCN-51	20
2.6	Importancia mundial del cultivo de cacao.	20
2.7	El cacao en el Ecuador	22
2.8	Manejo del cultivo	23
2.8.1	Siembra	23

2.8.2	Poda	23
2.8.3	Control de arvenses	23
2.8.4	Riego	24
2.9	Condiciones Agroclimáticas	24
2.9.1	Temperatura	24
2.9.2	Precipitación	24
2.9.3	Altitud	24
2.10.4	Vientos	25
2.10.5	Luminosidad	25
2.10.6	Suelo	25
2.10.7	pH	25
2.11	Nutrición y fertilización	25
2.12	Curva de absorción de nutrientes del cultivo de cacao	26
2.13	Fertilizantes y enmiendas edáficas	26
2.13.1	Nitrógeno	26
2.13.2	Urea	27
2.13.3	Nitrato	27
2.13.4	Fósforo	27
2.13.5	Potasio	28
2.13.6	Calcio	28
2.13.7	Fertilizantes NPK solubles y granulados	28
2.14	Biochar	29
2.14.1	Origen e historia	29
2.14.2	Definición	29
2.14.3	Fuentes de Biochar	29
2.13.7	El Biochar en el cultivo de cacao	30

2.15	Fossil Shell Agro	30
2.15.1	Composición	30
2.15.2	Aplicación	31
2.15.3	Fossil Shell Agro en el cultivo de cacao	31
2.16	Nitrato de Potasio	31
2.16.1	Composición del Nitrato de Potasio.	31
2.16.2	Propiedades del Nitrato de Potasio.	32
2.16.3	El Nitrato de Potasio en el cultivo de cacao	32
2.17	Cosecha	32
2.18	Postcosecha	32
2.19	Fermentación	33
2.20	Secado	33
3	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1	Localización y caracterización del área de estudio	34
3.1.1	Ubicación geográfica de la zona de estudio	34
3.1.2	Características climáticas de la zona	35
3.1.3	Características del suelo	35
3.2	Diseño experimental	35
3.2.1	Tratamientos	36
3.3	Levantamiento fotogramétrico de la zona de estudio	37
3.4	Especificidades del diseño	38
3.5	Manejo del experimento	38
3.5.1	Materiales y herramientas	38
3.5.1	Equipos	38

3.5.2	Preparación del área de estudio	39
3.5.3	Material vegetal	39
3.6	VARIABLES A MEDIR	39
3.6.1	Número de cojinetes florales	39
3.6.2	Número de frutos cuajados	40
3.6.3	Número de frutos dañados	41
3.7	Procedimiento estadístico	41
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1	Número de cojinetes florales	42
4.2	Número de frutos cuajados	44
4.3	Número de frutos dañados	46
5	CONCLUSIONES	48
6	BIBLIOGRAFÍA	49
7	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nutrientes que requiere una planta de cacao.	26
Tabla 2. Composición química del fertilizante mineral Fossil Shell Agro.	30
Tabla 3. Descripción del perfil del suelo en el sitio de estudio.	35
Tabla 4. Combinación de enmiendas en g planta -1 en las diferentes aplicaciones y etapas del experimento para las dos condiciones de manejo.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de cacao nacional, El autor.	17
Figura 2. Hojas de cacao nacional, El autor.	18
Figura 3. Flores de cacao nacional, El autor.	18
Figura 4. Frutos de cacao nacional, El autor.	19
Figura 5. Semillas de cacao nacional, El autor.	19
Figura 6. Crecimiento de la producción y área cosechada del cultivo de cacao a nivel mundial a través del tiempo.	22
Figura 7. Producción en unidades porcentuales del cultivo de cacao a nivel regional.	22
Figura 8. Tendencia de la producción y área cosechada del cultivo de cacao en el Ecuador.	23
Figura 9. Ubicación georreferenciada de la zona de estudio. Software ArcGIS	35
Figura 10. Levantamiento fotogramétrico de la zona de estudio	38
Figura 11. Número de cojinetes florales del cacao.	41
Figura 12. Número de frutos cuajados del cacao Nacional.	41
Figura 13. Número de frutos dañados del cacao Nacional.	42
Figura 14. Medias de números de cojinetes florales en plantas de cacao Nacional con diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y manejos de cultivo.	43
Figura 15. Efectos de la aplicación de diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y tipo de manejo en el cultivo de cacao, sobre el número de cojinetes florales por planta al final del experimento.	44
Figura 16. Medias de números de frutos cuajados en plantas de cacao Nacional con diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y manejos de cultivo.	45
Figura 17. Efectos de la aplicación de diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y tipo de manejo en el cultivo de cacao, al final del experimento.	46
Figura 18. Medias de números de frutos dañados en plantas de cacao Nacional con diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y manejos de cultivo.	47
Figura 19. Efectos de la aplicación de diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y tipo de manejo en el cultivo de cacao, sobre el número de frutos dañados por planta al final del experimento.	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Terciarias realizadas en la parcela con manejo tecnificado.	55
Anexo 2. Instalación del sistema de riego por aspersión.	55
Anexo 3. Poda de sanidad en el cultivo de cacao Nacional.	56
Anexo 4. Distribución de las etiquetas para la identificación de los tratamientos.	57
Anexo 5. Enmiendas utilizadas en la investigación.	57
Anexo 6. Pesado de las enmiendas edáficas.	58
Anexo 7. Aplicación de las enmiendas edáficas.	58
Anexo 8. Deschuponado de las plantas con manejo tecnificado.	59
Anexo 9. Inicio de floración del cacao.	59
Anexo 10. Cuajado de los primeros frutos del cacao.	60
Anexo 11. Recolección y registro de datos.	60
Anexo 12. Comparación de los resultados finales en los tratamientos en el área tecnificada.	61
Anexo 13. Comparación de los resultados finales en los tratamientos en el área no tecnificada.	62
Anexo 14. Frutos dañados.	62
Anexo 15. Comparación de la plantación antes y después de la investigación.	63

1 INTRODUCCIÓN

El Cacao, perteneciente a la familia de las malváceas, es uno de los cultivos frutales más conocidos y de mayor importancia en el mundo, el cual ha ido aumentando en función del tiempo, creciendo de 9 437 318 a 12 234 311 ha cosechadas en la última década a nivel mundial, alcanzando rendimientos de 446,3 y 457,4 kg ha⁻¹ respectivamente (FAOSTAT, 2021).

Acebo (2016), Indica que la producción y exportación de granos de cacao ha sido una actividad económica de significativa tradición e importancia para diversas zonas de la Costa ecuatoriana, representando un cultivo destacado en la producción agrícola del país, contando además con un producto altamente posicionado en el mercado internacional de cacao finos o de aroma, como el reconocido cacao Nacional.

Actualmente unas 525 435 ha de cacao se distribuyen a lo largo del país con un rendimiento que se traduce en aproximadamente 539,9 kg ha⁻¹, si bien es uno de los mayores productores de los países latinoamericanos, el rendimiento es relativamente bajo en contraste con Colombia y Perú que alcanzan rendimientos de 867 y 1042,6 kg ha⁻¹ respectivamente (FAOSTAT, 2021)

La baja productividad de las plantaciones significa una complicada situación socioeconómica para los pequeños productores de cacao de tipo Nacional, esta se debe a factores como la presencia de enfermedades y por razones tanto genéticas, como por su manejo (Phillips et al., 2012).

Alcanzar mejores rendimientos en las plantaciones de cacao se relacionan con las buenas prácticas de manejo agronómico, entre ellas la fertilización que mejora las condiciones físico-químicas del suelo. (Nakayama, 2010). El principal objetivo cuando se realizan investigaciones en el uso de fertilizantes es incrementar los rendimientos de los cultivos. (Weih et al., 2011) Así estudios en cacao demuestran aumentos de producción en función de tratamientos de fertilización tal y como enuncian Ruales et al. (2011) y Puentes et al. (2014) en sus respectivas investigaciones.

A partir de los antecedentes positivos en el uso de fertilizantes y enmiendas orgánicas reportados en el cultivo de cacao se realizó la presente investigación, en busca de alternativas para mejorar características agronómicas en el cultivo de cacao se plantearon los objetivos expuestos a continuación:

1.1. Objetivo general.

- Evaluar el efecto de dos tratamientos de enmiendas edáficas en la floración y cuajado de frutos para mejorar la productividad de Cacao Nacional en la provincia de El Oro.

1.2. Objetivos Específicos

- Establecer el efecto de dos enmiendas edáficas, bajo condiciones de manejo de cultivo diferentes.
- Encontrar alternativas de producción orgánica que ayuden a mejorar los rendimientos en el cultivo de cacao.
- Determinar el efecto de las combinaciones de enmiendas edáficas en el número de cojinetes florales, frutos cuajados y frutos dañados en el cultivo de cacao.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Origen

Estrada et al., (2011) Redacta que una leyenda cuenta que Quetzalcóatl, el dios de la luna y de los vientos, descubrió el árbol del cacao en los campos luminosos de los hijos del sol. Se lo entregó a los hombres que lo llamaron “El alimento de los Dioses”. A partir del 250 d. c. los mayas de las Tierras Bajas crearon Ciudades-Estado tan importantes como Tikal (Guatemala) y Copán (Honduras). En ellas, elaboraban el “kakaw” (cacao) como bebida caliente de la clase alta, hecho que se refleja en las elegantes vasijas halladas en las tumbas de sus nobles.

El cultivo de cacao se originó en América, sin embargo, el lugar puntual de su origen y su distribución no se ha identificado con gran exactitud. El origen exacto aún sigue siendo un tema de discusión en la actualidad. Autores sugieren que el cacao tuvo su inicio en México y América Central señalando que los españoles al arribar el continente, no fueron testigos de su cultivo en América del Sur. Encontraron el cacao en su forma natural en bosques que se distribuyen a lo largo de los ríos Orinoco, Amazonas y sus afluentes, lugares donde se encuentran una variedad genética de gran valor (Estrada et al., 2011).

2.2 Taxonomía

Según Arvelo et al (2017), la taxonomía del cacao es:

Reino: Plantae

Tipo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: Theobroma

Especie: cacao L.

Nombre Científico: *Theobroma cacao* L.

2.3 Morfología

El cacao es un árbol que crece de forma silvestre entre los 26 grados al norte y 26 grados al sur del Ecuador. Generalmente es más alto que los árboles cultivados debido a que estos

últimos son podados para que faciliten las labores culturales. En promedio puede alcanzar entre 6 a 8 metros de altura, y cuando crece bajo sombra en condiciones naturales puede llegar a las 20 m. Posee una densa corona, con un radio de 4 y 5 metros. Su tronco es recto y desarrolla ramificaciones variadas según las condiciones ambientales (Zambrano, 2013).

2.4 Botánica

2.4.1 Árbol

Los árboles de cacao perteneciente a la familia Malvaceae se caracterizan por ser árboles ramificados con hojas simples y de frutos carnosos. Su fruto al ser excelente en finura y calidad se cultivan tanto para uso local como para exportación en el mercado mundial. (Arvelo et al, 2017)

Él árbol es pequeño, con crecimiento dimórfico y brotes ortotrópicos, alcanzando aproximadamente de 4 a 7 metros de altura, con copa baja y densa (Halevy, 2019).



Figura 1: Árbol de cacao nacional.

Fuente: El autor

2.4.2 Hojas

Según Halevy, (2019) las hojas del árbol de cacao son características por ser hojas grandes, colgantes, elípticas y alternas con dimensiones de 15 – 50 cm y 4-15 cm de largo y ancho respectivamente.



Figura 2: Hojas de cacao nacional.

Fuente: El autor

2.4.3 Flores

El cacao es una especie cauliflora, es decir sus flores nacen sobre el tronco y ramas del árbol. Sus flores son de colores rosas, púrpuras o blancas que crecen en racimos, de 0.5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo, en forma de estrella (Ramos, 2004).



Figura 3: Flores de cacao nacional.

Fuente: El autor

2.4.4 Fruto

El fruto es una baya, carnosa, oblonga a ovada, amarilla o purpúrea, de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso, puntiaguda y con camellones longitudinales; estas características difieren en función del grupo genético (Halevy, 2019).



Figura 4: Frutos de cacao nacional.

Fuente: El autor

2.4.5 Semillas

Cada mazorca de cacao por lo general posee entre 30 y 40 semillas ordenadas en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa (Álvarez, 2002).



Figura 5: Semillas de cacao nacional.

Fuente: El autor

2.5 Floración y cuajado de frutos

2.5.1 Floración

Según la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao – Ecuador, del total de flores emitidas por el árbol de cacao solamente el 0,1% es polinizada. Sin embargo, este porcentaje baja si las condiciones climáticas son desfavorables, provocando que la flor se caiga.

Según Morán et al., (2017) Los cacaos de tipo CCN – 51, como los que pertenecen al grupo genético del cacao nacional, presentan pérdidas de producción que radican en el aborto de flores, esto se traduce en menos mazorcas y decrecimiento del rendimiento. Las pérdidas pueden alcanzar hasta el 70% de la producción total.

Al momento que una flor de cacao es polinizada y sus óvulos se fecundan, pasan 6 meses para que la mazorca tenga un grado idóneo de madurez para su cosecha, y postcosecha. Esto se puede acelerarse dependiendo de las condiciones de temperatura (Rivera, 2016).

2.5.2 Cuajado

El cuajado de fruto es el proceso que ocurre desde que la flor se poliniza hasta que logra establecerse como un óvulo fecundado que dará una nueva mazorca. Cuando la mazorca de cacao ya ha logrado establecerse, en sus primeros tres meses puede sufrir un tipo de secado por motivos fisiológicos o nutricionales, así como por enfermedades (Andrade, 2018).

2.6 Grupos genéticos.

2.6.1 Criollo

El cacao Criollo es una variedad alta con ramas pronunciadas en agudos ángulos. Las mazorcas son de gran tamaño, características por ser de corteza rugosa, con diez surcos bien pronunciados, corteza suave y que termina en una torcida punta. Sus frutos son de colores que varían entre verdes o rojizos antes de su madurez. Su semilla es la más gruesa de todos los grupos genéticos con un sabor suave y con un color interior crema o ligeramente violeta (Martínez et al, 2008).

2.6.2 Forastero

Es considerado el cacao con el tanino más alto, aunque su definición no es clara, son árboles con mazorcas pequeñas, que al principio son rosadas o de color verde claro y en su madurez se tornan amarillas. Sus mazorcas son de punta redondeada con cáscara lisa y delgadas,

con 10 surcos superficiales y capa lignificada en el centro del pericarpio. Sus semillas son pequeñas y de color morado (Plúa, 2008).

2.6.3 Trinitario

Originario de Trinidad, es el resultado del cruce entre cacaos criollos y forasteros en diferentes grados. A este grupo pertenecen la mayoría de variedades conocidas y cultivadas actualmente en el mundo, debido a que tienen características rústicas de los forasteros como resistencia a enfermedades y de los criollos como se destacan su calidad y aroma (Espinosa, 2012).

2.6.4 Cacao Nacional

El cacao nacional se consideró por un largo tiempo como una planta perteneciente al grupo de los forasteros, sin embargo, esta variedad se clasifica como un grupo aparte, debido a que sus características de calidad y aromas son más cercanos a los cacaos tipo criollos (Espinosa, 2012).

2.6.5 CCN-51

El cacao CCN-51 se destaca por ser un híbrido de alto rendimiento llegando de 50 a 60 quintales por hectárea, además posee alta tolerancia a las enfermedades y precocidad en su producción ya que empieza a producir a los 18 meses de edad. El origen genético de este clon se debe al cruce entre IMC-67 (Amazónico) x ICS-95 (Trinitario), y su descendencia fue cruzada con otro cacao de la Amazonia que fue colectado y denominado “Canelo” por el agrónomo Castro, Por lo tanto, el CCN-51 corresponde a lo que se conoce como un híbrido doble. En la actualidad el 10% de cacao cultivado en Ecuador corresponde a CCN-51. (Espinosa, 2012).

2.7 Importancia mundial del cultivo de cacao

Según la FAO (2015 - 2019) los mayores productores de cacao a nivel mundial son Costa de Marfil con 1,448,992 y Ghana con 835,466 de toneladas producidas durante estos últimos cinco años. (FAOSTAT, 2021)

En las siguientes figuras se muestran la evolución de la producción del cultivo de cacao a través del tiempo y el porcentaje de producción según las regiones a nivel mundial.

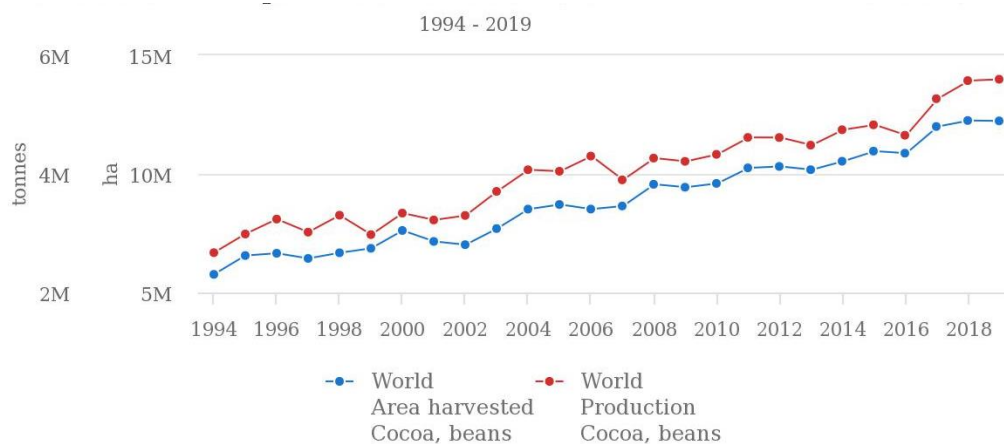


Figura 6: Crecimiento de la producción y área cosechada del cultivo de cacao a nivel mundial a través del tiempo.

Fuente: (FAOSTAT, 2021).

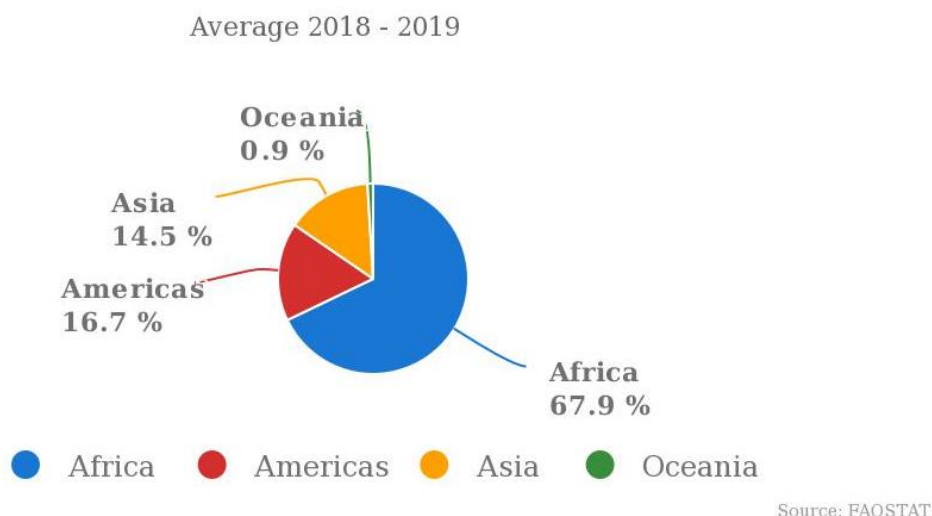


Figura 7: Producción en unidades porcentuales del cultivo de cacao a nivel regional

Fuente: (FAOSTAT, 2021)

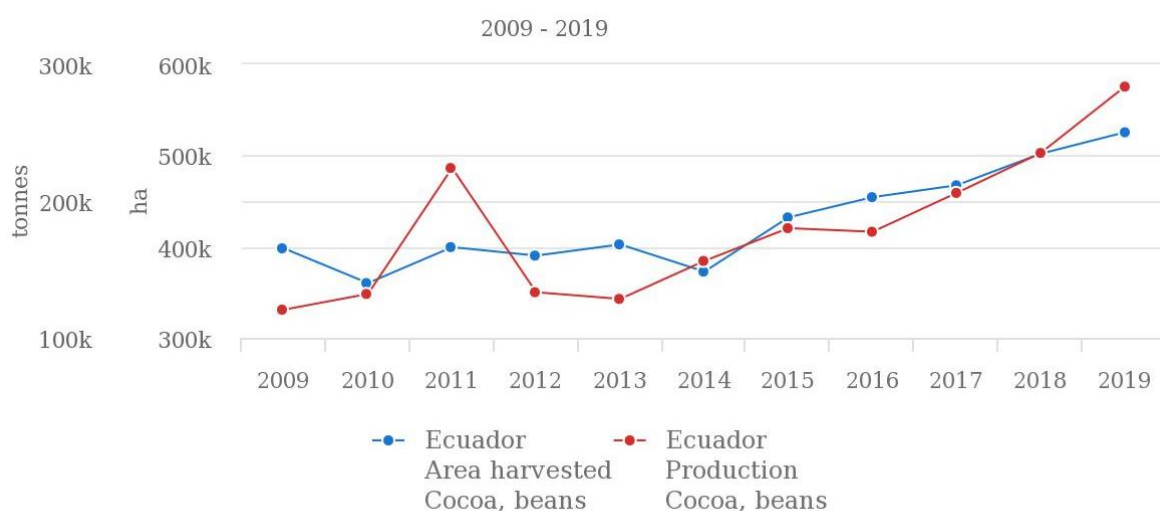
La producción a nivel regional la lidera el continente africano representando el 68% de producción del total mundial, mientras que en Sudamérica los mejores rendimientos son alcanzados por los países de Colombia y Perú con rendimientos de 867,0 y 1042,6 kg ha⁻¹ respectivamente. (FAOSTAT, 2021)

2.8 El cacao en Ecuador.

En Ecuador el cacao se ha convertido en un rubro que ha crecido con el tiempo, su producción ha aumentado en los últimos años. Para el año 2019 se alcanzó un hectareaje de 425 434 hectáreas cosechadas, los cuales se tradujeron en 283 680 toneladas de granos de cacao. Estos datos pueden promediarse en rendimientos de 540 kg de cacao por ha. (FAOSTAT, 2021).

En Ecuador el cultivo y explotación de cacao ha representado una de las actividades económicas más importantes, ya que además de sus grandes exportaciones, sus granos han representado una tradición significativa para diversas zonas de la Costa ecuatoriana figurando como un cultivo destacado la producción agrícola nacional. Cabe destacar que el cacao ecuatoriano se posiciona altamente como un producto en el mercado internacional de cacao de fino aroma (Paspuel, 2018).

Según Paspuel, (2018) El cacao del tipo fino de calidad menor es el que representa las mayores exportaciones (con una participación de 47%), debido a que se consideran menores requisitos de calidad para su comercialización en contraste con el cacao que se postula como fino de aroma, estos son el CCN-51 (con 30%) y los tipos de cacao Nacional que cuentan con los mayores requisitos de calidad, y que juntos abarcan el 23% de las exportaciones.



Source: FAOSTAT (Feb 24, 2021)

Figura 8: Tendencia de la producción y área cosechada del cultivo de cacao en el Ecuador durante los últimos 10 años.

Fuente: (FAOSTAT, 2021)

2.9 Manejo del cultivo

2.9.1 Siembra

Es trascendental para empezar un cultivo de cacao que se establezca una superficie idónea para su desarrollo, que contenga características de suelo fértil y que las condiciones agroclimáticas sean óptimas para un buen crecimiento de la plantación, así se puede asegurar un cultivo que no requiera cuidados excesivos y que tenga una buena producción. (Carrillo et al., 2014).

La distancia de siembra varía en función de muchos aspectos, no obstante Anecacao, (2015) indica que una buena densidad poblacional es de 1 111 plantas de cacao por hectárea, esta densidad se logra con marcos de plantación de 3 x 3m. Para los clones de cacao destinados para sembrar es recomendable que sea de una distancia de 3x3 m.

2.9.2 Poda

Podar una planta es eliminar brotes y ramas no deseadas, esta actividad es una de las labores más importantes en el cultivo de cacao ya que influye directamente en el rendimiento y la producción a lo largo de los años. La poda permite darle una arquitectura y estructura adecuada al árbol para toda su vida útil (Sánchez et al., 2017).

Existen varios tipos de poda como son:

- Poda de formación
- Poda de mantenimiento
- Poda de sanitaria
- Poda de rehabilitación
- Poda del sombrío.

2.9.3 Control de arvenses

El control de malezas o arvenses se realiza en los cultivos con la finalidad de evitar la competencia por nutrientes, agua, espacio, luz y porque éstas son hospederas de plagas y enfermedades, especialmente de áfidos que son transmisores de enfermedades. El daño que causan es principalmente durante el establecimiento y la fase juvenil del cultivo, en la cual la presencia de maleza depende de la condición original del terreno, el tipo de sombra temporal o permanente (Sánchez et al., 2017).

2.9.4 Riego

La cantidad de agua requerida por una plantación de cacao en plena producción oscila entre 4-6 mm de agua por día, dependiendo de las condiciones agroclimáticas. Estos valores permiten que la planta no sufra de estrés hídrico y pueda alcanzar su máximo desarrollo y producción. Se debe tener en cuenta que la cantidad de agua para riego está en función de la variedad, condiciones climáticas y etapa fenológica del cultivo. Además, se debe considerar el tipo de sistema de riego a utilizarse ya que este va a influir mucho debido a que cada sistema posee eficiencias de aplicación de agua diferente (Orozco, 2016).

2.10 Condiciones Agroclimáticas

El cacao necesita crecer bajo condiciones de sombra, lo que lo convierte en una especie umbrófila o esciófita. Su máximo potencial se desarrolla en zonas bajas tropicales donde alcanza sus puntos más óptimos de productividad. Entre sus condiciones ambientales los más importantes que deben estar en condiciones idóneas son: precipitación, humedad relativa y temperatura. (Suarez, 2019).

2.10.1 Temperatura

Se recomienda que las temperaturas para la producción de cacao oscilen entre 22 y 30°C, sin embargo, su temperatura óptima para completar todas sus etapas fenológicas es de 25°. (Suarez, 2019).

2.10.2 Precipitación

La precipitación es una de las condiciones más importantes debido a que el cacao es poco tolerante al estrés por falta de humedad. Su distribución debe ser adecuada y durante todo el año con un mínimo de 100 mm/mes y 1 200 a 2 800 mm/año de precipitación, pasados estos valores el suelo debe tener un buen drenaje para evitar inundaciones (Varas, 2016).

2.10.3 Altitud

Según Suarez, (2019) El cacao puede desarrollarse favorablemente desde los 1200 msnm, pero su altitud óptima es de 500 a 600 msnm.

2.10.4 Vientos

Los vientos representan un problema cuando son fuertes y existe poca sombra, debido a que estos causan la defoliación del árbol de cacao, ya que sus hojas pierden humedad. Si existen vientos fuertes es recomendable utilizar cortinas rompevientos para reducir los daños en las plantaciones de cacao (INTA, 2010).

2.10.5 Luminosidad

La luminosidad debe sobrepasar el 50% del total de luz que recibe el cultivo para aumentar considerablemente la producción de cacao, debido a que si es menor a ésta la productividad se verá limitada (Ramirez, 2008).

2.10.6 Suelo

Los suelos francos, arenosos son aptos para el árbol de cacao, además estos deben ser profundos para que tenga un adecuado desarrollo radicular, así como para permitir la suficiente retención e infiltración de agua y circulación de aire.

Las partículas de arcilla son hábiles para retener agua dentro de sus estructuras. Las arenas son características de tener un espacio poroso más grande que otras partículas del suelo, sin embargo, no son buenos reteniendo agua. Por eso estos suelos no se recomiendan en plantaciones de cacao que tengan carencia de agua (INTA, 2010).

2.10.7 pH

El pH del suelo no genera una limitación importante a la productividad del cacao debido a que este tiene la ventaja de poder adaptarse a amplios rangos de acidez, que van desde muy ácidos con pH debajo de 5, hasta suelos muy básicos en donde el pH supera las 8 unidades en la escala. Pero como para la gran mayoría de los cultivos un pH neutro será el más ventajoso para su producción (INTA, 2010).

2.11 Nutrición y fertilización.

Herrera, (2018) asegura que existe una optimización del 100% para un plan de fertilización que alcance rendimientos promedios de 255qq de cacao seco por hectárea, en contraste con cultivos no fertilizados. Para esto se debe realizar un balance positivo en el análisis contable de ingresos y egresos.

En primera instancia es necesario hacer un análisis debido del suelo, para poder conocer los índices de nutrientes que el mismo tiene y poder calcular las dosis requeridas por el cultivo de cacao, y así poder realizar una buena fertilización que se debe distribuir durante todo el año con el suelo húmedo. Estos fertilizantes deben ser aplicados en el lugar donde cubre la copa del árbol, en media luna, hoyos o ya sea circular, pero siempre hay que procurar que el fertilizante no quede sobre el suelo sino, debajo de él (Herrera, 2018).

Herrera, (2018) aconseja que es importante aumentar la eficacia de acción de los fertilizantes y que esta no se pierda por evaporación o percolación a capas muy profundas del suelo, para esto se necesita aportar el fertilizante de tres a cuatro veces al año, así se puede obtener los rendimientos estimados y deseados en la producción.

2.12 Curva de absorción de nutrientes del cultivo de cacao

En la tabla 1 podemos encontrar el comportamiento de la absorción N, P, K, Ca Mg Zn y B en el cultivo de cacao desde la siembra y durante todo el ciclo de crecimiento (Crespo et al.,1997).

Tabla 1. Nutrientes que requiere una planta de cacao.

Estado de la planta	Edad (Meses)	Requerimientos por planta (g)							
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B
Recién sembrada	5	2,4	0,6	2,4	2,3	1,1	0,04	0,01	0
Producción Inicial	28	140	16	170	115	40	4,2	0,6	0,4
Producción media	36	215	25	370	130	65	7,6	1,1	1,2
Producción total	48-90	448	51	710	320	110	5,9	1,6	1,7

Fuente: Crespo et al.,(1997)

2.13 Fertilizantes y enmiendas edáficas.

2.13.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un macroelemento y es el más importante en el proceso del desarrollo foliar del cultivo, por eso este debe estar presente desde las primeras fases de su desarrollo.

La dinámica de absorción de N en los cultivos es relativamente corta, por lo que es recomendable aplicar fertilizantes nitrogenados que dispongan de forma instantánea los iones para que la planta lo pueda asimilar. El ion más idóneo para esto es el nitrato ($N-NO_3^-$) (Ugarte et al., 2007).

Otra forma de absorción es el ion amonio (N-NH_4^+), sin embargo, no es recomendable emplear más del 20% del N total en esta forma, debido a que energéticamente es más eficiente para la planta asimilar los iones nitratos el cual como mínimo debe representar el 80% del N total.

2.13.2 Urea

La urea no es un compuesto que la planta pueda absorber directamente del suelo, sin embargo, al entrar en contacto con el agua sufre una hidrólisis que libera iones de amonio. Se debe tener en cuenta que durante este proceso se producen pérdidas por lixiviación o volatilización de amoniaco. Las partículas coloidales no ejercerán una reacción eléctrica con la urea debido a que sus moléculas son neutras, por lo que la misma podrá moverse libremente por el rango de bulbo que humedece con el sistema de riego (Ugarte et al., 2007).

2.13.3 Nitrato

Caso contrario a la urea el nitrato es asimilado directamente del suelo luego de su aplicación, por lo que no necesita ninguna reacción para que esté disponible para su respectiva absorción, por esto es muy sencillo para las raíces absorberlos. Cabe destacar que este compuesto no produce pérdidas por volatilización de amonio por lo que su uso representa una fuente óptima de fertilización. El nitrato debe transformarse en aminoácidos que luego se convertirá en proteínas, la transformación del nitrato a aminas se produce en las hojas, a diferencia de la transformación de amonio a aminas que se producen en las raíces, este proceso hace que la relación sea más eficiente en el ion nitrato porque en las hojas se utiliza la energía del sol para la transformación química (Antúnez, 2014).

2.13.4 Fósforo

INPOFOS (1997) , sugiere que el fósforo es un elemento muy importante en la nutrición de las plantas ya que es el responsable de la transferencia de energía, y todos los procesos que a estos se refiere como la fotosíntesis, respiración y desarrollo de raíces. Esto se ve reflejado en la mejora de calidad en los frutos.

El fósforo es asimilado cuando el pH del suelo es menor a 7, es decir prefiere condiciones ácidas y lo absorbe como ion fosfato H_2PO_4^- . Si el pH supera el rango neutro lo más probable es que sea absorbido como un anión bivalente HPO_4^- , no obstante este proceso es más lento, por lo que se recomienda que el pH se ajuste a rangos relativamente ácidos de 5,6 a 6,7. (Marschner, 1995; Mejía de Tafur, 2010; Taiz & Zeiger, 2010).

2.13.5 Potasio

El potasio es responsable de muchas actividades enzimáticas, como el transporte de azúcar, además está presente en el desarrollo de la planta, así como en los procesos fotosintéticos, equilibrios hídricos lo que se traduce en una mejora de la calidad de frutos y de estructuras celulares (Padilla, 2006).

El potasio forma parte de una gran cantidad de enzimas, por lo que regula muchas funciones de la planta. La deficiencia de potasio se manifiesta por un retardo en el crecimiento de las plantas y reducción de cosechas. El potasio es un elemento muy móvil y se acumula con mayor facilidad en las zonas de mayor actividad vegetativa (Marschner, 1995).

2.13.6 Calcio

Padilla, (2006) manifiesta que el calcio se encuentra en la planta bajo formas orgánicas, inorgánicas e insolubles, como oxalatos, sulfatos y carbonatos respectivamente. Se absorbe bajo la forma de ion Ca^{+} . El calcio juega un papel importante en la vida de las plantas desde la germinación hasta la madurez: interviene en el crecimiento de las raíces y en la absorción de los demás elementos nutritivos, participa en la actividad de muchos enzimas, y en el transporte de carbohidratos y proteínas.

El contenido de calcio en la planta varía en función del calcio asimilable contenido en el suelo. La deficiencia de calcio detiene el crecimiento de las raíces y origina clorosis, sobre todo en las hojas jóvenes. Cuando se quiere enriquecer el suelo con calcio se puede aportar cal, yeso, dolomita, etc (Buchanan et al., 2000; Marschner, 1995; Mejía de Tafur, 2010; Taiz & Zeiger, 2010).

2.13.7 Fertilizantes NPK solubles y granulados

Además de los fertilizantes que se componen de dos elementos para su directa aplicación, en el mercado existen otras formulaciones conocidas como NPK, que son mezclas solubles granuladas. Estas mezclas pueden sustituir a los fertilizantes de aplicación directa porque pueden ajustarse a la cantidad de requerida de cada nutriente en sus diferentes etapas fenológicas. Por lo cual sus proporciones se ajustan según a la curva de extracción de nutrientes de los cultivos (Ugarte et al., 2007).

2.14 Biochar

2.14.1 Origen e historia

El estudio del biochar es motivada por la forma en que los aborígenes amazónicos cultivaban el suelo a partir del carbón vegetal, a estas civilizaciones como las de la época precolombina se atribuyen el descubrimiento de sus propiedades agronómicas, que ayudan a los suelos pobres y erosionados. Los suelos amazónicos que estuvieron bajo estas prácticas poseen un grado de persistencia y carbón vegetal bastante alto lo que lo permite mantenerse estable al largo del tiempo (Bedussi, 2016).

2.14.2 Definición

Aker, (2014) postula que el biochar, traducido al español como biocarbón ha sido causa de diferentes opiniones entre los investigadores, los que lo han analizado desde diferentes perspectivas. El objetivo principal de definir al término es resaltar claramente la diferencia existente entre el biochar y el carbón vegetal. La aplicación de Biochar ayuda a mejorar las características biológicas y nutricionales del suelo, siendo una excelente alternativa como recuperador de suelos contaminados (Ippolito, 2012).

La diferencia existente entre el carbón vegetal y el biocarbón radica solamente en el destino para el cual son utilizados. Así podemos decir que el biochar es usado para la mejora de las características y propiedades del suelo, como secuestrador de carbono; mientras que el carbón vegetal es utilizado para ser quemado y a su vez obtener energía (Lehmann & Joseph, 2015).

2.14.3 Fuentes de Biochar

Los materiales orgánicos que al ser procesados producen biochar son variados, sin embargo los más utilizados y estudiados en los últimos años son los restos de poda y lodos de depuradora, ya que han sido una excelente fuente de material orgánico para la producción de biocarbones (Nieto, 2015).

Rebolledo et al., (2016) Refieren que los materiales más utilizados y citados en investigaciones se refieren a residuos ya sean de cocina, de cosechas, restos de poda, plantas secas, biomasa de árboles, incluso desperdicios orgánicos de la vida urbana.

Los materiales principales para la producción de biochar, son las fuentes de energía como: cama de aves, cáscaras de cítricos, algas y desechos de cocina (Brick & Lyutse,2010).

2.14.4 El Biochar en el cultivo de Cacao.

Según Yunga, (2020) el biocarbón ejerce varios efectos positivos al ser aplicado en el cultivo de cacao nacional. Reduce la incidencia y porcentaje de infección de plagas, aumenta el número de mazorcas y almendras buenas en las plantas lo que se traduce en un directo aumento de la producción. El biochar tiene efectos positivos en las características sensoriales del licor, además aumenta el índice de grano y de mazorca del cacao (Balladares, 2020).

2.15 Fossil Shell Agro

Fossil Shell Agro es una enmienda natural que se utiliza como fertilizante sintético, es un compuesto micropulverizado, que se aplica a toda clase de cultivos, entre sus componentes se encuentran fósiles pulverizados de microalgas que viven en agua dulce con un nivel elevadísimo de pureza, estas ayudan a mejorar las características microbiológicas del suelo. Además, contiene Sílice amorfa y más de veinte minerales y microelementos que son de esencial importancia en la nutrición vegetal, que se encuentran en bajas concentraciones en el suelo, pero ayuda a desarrollar la estimulación de la inducción floral en las plantas (MUNDO VERDE, 2012).

2.15.1 Composición

<u>Ingrediente activo</u>		<u>%</u>	
Micro algas fosilizadas		100	
<u>ELEMENTO</u>	<u>%</u>	<u>ELEMENTO</u>	<u>%</u>
Aluminio (Al)	3,65	Magnesio (Mg)	0,50
Boro (B)	0,16	% MgO (del % de Mg)	0,34
Calcio (Ca)	1,10	Manganeso (Mn)	0,20
% CaO (del % de Ca)	0,55	Potasio (K)	0,30
Cloruros	0,074	Sílice (como SiO ₂)	86,40
Cobre (Cu)	0,020	Sodio (Na)	0,60
Estroncio (Sr)	0,010	Sulfatos y Sulfuros	0,062
Fosforo (P)	0,040	Titanio (Ti)	0,20
Galio	0,002	Vanadio (V)	0,004
Hierro (Fe)	2,70	Zinc (Zn)	0,002

Tabla 2. Composición química del fertilizante mineral Fossil Shell agro.

Fuente: (MUNDO VERDE, 2012)

2.15.2 Aplicación

Según MUNDO VERDE (2012) Fossil Shell Agro es un fertilizante que puede aplicarse vía foliar, debido a que es pulverizado, sus partículas penetran de manera fácil a los estomas de las hojas. También es utilizado como una enmienda que fortalece la fertilidad del suelo por sus minerales y micro elementos que ayudan y estimulan el desarrollo productivo.

2.15.3 Fossil Shell Agro en el cultivo de cacao

Según González et al., (2018) Fossil Shell Agro en cacao puede utilizarse para el control de Monilia diluida en agua, es efectiva porque además de aportar micro y macronutrientes para el crecimiento de los cultivos, es inofensivo para los insectos benéficos, suelo, agua y animales.

Fossil Shell Agro mejora considerablemente el porcentaje de germinación de las plántulas de cacao en vivero al mezclarse con el sustrato, debido a su naturaleza orgánica y riqueza mineral que lo constituye. (Campusano, 2008).

2.16 Nitrato de Potasio

El Nitrato de Potasio es un fertilizante que posee nitrógeno y potasio que se liberan al suelo cuando se hidroliza y además está libre de excipientes perjudiciales para los cultivos. Su índice salino es muy bajo por lo que el peligro de quemadura en las plantas a altas concentraciones es nulo (Rottenberg & Gallardo, 2014).

2.16.1 Composición del Nitrato de Potasio.

La química del nitrato de potasio lo convierte en un compuesto que pertenece a los salitres. Su constitución química está formada por un átomo de nitrógeno, uno de potasio y tres de oxígeno (Formulación Química, 2017).

Sus características químicas son:

Masa molar: 101,10 g/mol

Densidad de 2,1 g cm⁻³

Punto de fusión: 334°

Punto de ebullición: 400°C

2.16.2 Propiedades del Nitrato de Potasio.

El nitrato de potasio es un fertilizante edáfico que ayuda a promover la inducción y apertura foliar, así mismo tiene un papel importante en el cuajado de los frutos en árboles caudocifolios como el cacao. Además, ayuda a resistir a los cultivos al estrés contra las heladas (Rottenberg & Gallardo 2014).

El Nitrato de potasio con fórmula química KNO_3 , se considera un fertilizante altamente efectivo en contraste con los demás fertilizantes potásicos, debido a que aumenta considerablemente el rendimiento, crecimiento y calidad de los cultivos. Existen diversas maneras de aplicar el fertilizante al cultivo, pero se recomienda aplicar en forma foliar para inducir la floración debido a que en esta presentación las moléculas están libres de cloruros (Haifa, 2009).

2.16.3 El Nitrato de Potasio en el cultivo de cacao.

Según Puentes (2016) El uso de Nitrato de potasio en conjunto con otros fertilizantes aumentan la eficiencia fisiológica de uso del uso de minerales del suelo, además ayuda a desarrollar la capacidad de producción de grano seco por mazorca.

2.17 Cosecha

La cosecha es una labor cultural que debe realizarse desde septiembre a marzo, sin embargo, el cacao produce todo el año, pero con menos rendimientos. Las características para una buena cosecha es que las mazorcas tengan un grado de madurez alto y que su color sea uniforme. La calidad del chocolate depende de que no se cosechen frutas sobre maduras, antes de su maduración y que se encuentren libres de enfermedades. (Guerrón, 2018).

2.18 Postcosecha

La postcosecha es la conjunción de varias tareas, entre las más importantes se destacan la fermentación y el secado. La fermentación adecuada ayuda a desarrollar el potencial del sabor y aroma del cacao. Sin embargo, generalmente existe la ausencia de control sobre el cacao que se fermenta y se beneficia, debido a esto los compradores entre ellos los locales no conocen como se llevó a cabo el proceso post cosecha al que fue sometido el cacao (CATIE 2012).

2.19 Fermentación

La fermentación es un proceso que busca eliminar los líquidos de las semillas y ayudar a que estas alcancen hasta 45°C con el fin de matar el embrión e iniciar la transformación química de las sustancias que harán efectiva la preparación del chocolate. Las alternativas de fermentación son variadas y son el producto de transferencia de tecnologías y procesos empíricos realizados por investigadores y agricultores respectivamente. (Mahecha & Revelo, 2013).

El grado de fermentación es un punto clave en la calidad del cacao, por lo que se debe buscar e investigar alternativas que alcancen los mayores indicadores de calidad, y el mayor porcentaje de granos fermentados. Sin embargo, estos indicadores también son influenciados por la variedad del cacao y el grado de madurez de la mazorca a la cosecha (Álvarez, 2010).

2.20 Secado

El secado del cacao es el siguiente paso que realiza después de su fermentación, el secado es importante debido a que reduce el porcentaje de humedad que posee el grano cuando se cosecha y se termina la etapa de fermentación. El porcentaje final de humedad máximo que se exige en la comercialización del cacao es de 7%, debido a que a este porcentaje se evita el ataque de hongos y se conserva la calidad del grano (Mahecha & Revelo, 2013).

(Tinoco, 2013) Postula que la humedad ambiental es una variable trascendental en el proceso de secado del cacao. El agua del aire se acumula en los granos de cacao, hay que evitar esta situación, no obstante, no se recomienda extraer cantidades enormes de aire seco porque este puede causar quemaduras en la almendra que arruina la calidad.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y caracterización del área de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el sitio Guayacanes, perteneciente a la parroquia La Cuca, cantón Arenillas, provincia de El Oro. En el periodo comprendido desde septiembre del 2020 hasta marzo del 2021.

3.1.1 Ubicación geográfica de la zona de estudio

En la figura 1 se muestra la ubicación geográfica en el que se encuentra la zona de estudio.

Coordenadas:

Este: 605762,44

Norte: 9615580, 487



Figura 9. Ubicación georreferenciada de la zona de estudio. Software ArcGIS.

3.1.2 Características climáticas de la zona

(Cañadas, 1983) postula en su mapa bioclimático y ecológico que Arenillas tiene un clima característico de los bosques tropicales secos, con temperaturas que oscilan desde los 25 a los 27 °C y precipitaciones de 450 a 500 mm. En Arenillas existen dos épocas muy bien diferenciadas, una de ellas es el invierno o época de lluvia, que se extiende desde diciembre hasta mayo, y el verano don las lluvias son escasas, este comprende los meses de junio a noviembre.

3.1.3 Características del suelo

El suelo que se encuentra en el área experimental fue muestreado y analizado en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y presenta las características descritas en la tabla 3.

Tabla 3. Descripción del perfil del suelo en el sitio de estudio.

Clase textural	Densidad aparente (g cm ⁻³)	pH	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	Capacidad de intercambio catiónico meq/100 ml	Materia Orgánica (%)	ppm		meq/100ml					ppm				
						N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
Franco Arcillo Arenoso	1,64	6,8	0,66	16	0,6	21	5	0,29	6,7	5,6	13	2,0	5,0	122	7,0	0,38	

3.2 Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental completamente al Azar (DCA). Debido a que se evaluaron dos factores, el primero que pertenece a las enmiendas edáficas y el segundo que comprende el tipo de manejo que se le da al cultivo, este último factor se evaluó asumiendo que cada parcela experimental posee condiciones homogéneas dentro de sí misma. La palabra completamente al azar hace referencia que en cada parcela experimental se asignaron los tratamientos de manera independiente y completamente al azar. La varianza y el error experimental se reduce al cumplirse el requisito de aleatorización que se requiere en los diseños experimentales. Los tratamientos que se aplicaron en el estudio fueron dos dosis diferentes sin la presencia del testigo (Biochar + Nitrato de potasio y Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio) con 30 repeticiones para cada dosis, en dos condiciones de manejo diferente (con y sin manejo tecnificado) teniendo una densidad poblacional de 120 plantas en total.

3.2.1 Tratamientos

Los tratamientos para el factor enmiendas se constituyeron por la mezcla de concentraciones diferentes de enmiendas edáficas, los mismos que se distribuyeron en las unidades experimentales de forma aleatoria. Los tratamientos consistieron en dos mezclas de enmiendas edáficas, la primera fue Biochar + Nitrato de potasio y la segunda Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio. Las aplicaciones se realizaron cada 30 días empezando por el 25 del mes de octubre, hasta el mes de febrero lo que representa cinco etapas de fertilización en 5 meses. (Tabla 4).

El factor tipo de manejo de cultivo se asignó tomando dos parcelas dentro de la misma finca con manejos diferentes, haciendo alusión a que la parcela tecnificada cuenta con un sistema de riego por aspersión, con canales de drenajes y se aplican las labores culturales del cultivo de cacao como poda, roza, deschuponado etc. El manejo sin tecnificar es el manejo donde no existe riego, ni drenajes y no se realizan las prácticas de manejo técnico del cultivo.

Tabla 4. Combinación de las enmiendas en g planta⁻¹ en las diferentes aplicaciones y etapas del experimento para las dos condiciones de manejo.

Tratamientos	Etapa 1			Etapa 2			Etapa 3			Etapa 4			Etapa 5		
	ENM1	ENM2	ENM3	ENM1	ENM2	ENM3	ENM1	ENM2	ENM3	ENM1	ENM2	ENM3	ENM1	ENM2	ENM3
T1	50	0	50	50	0	50	50	0	50	50	0	50	50	0	50
T2	25	25	50	25	25	50	25	25	50	25	25	50	25	25	50
Duración en días por etapa	30 días			30 días			30 días			30 días			30 días		
ENM1:	Biochar														
ENM2:	Fossil shell Agro														
ENM3:	Nitrato de potasio														

3.3 Levantamiento fotogramétrico de la zona de estudio.

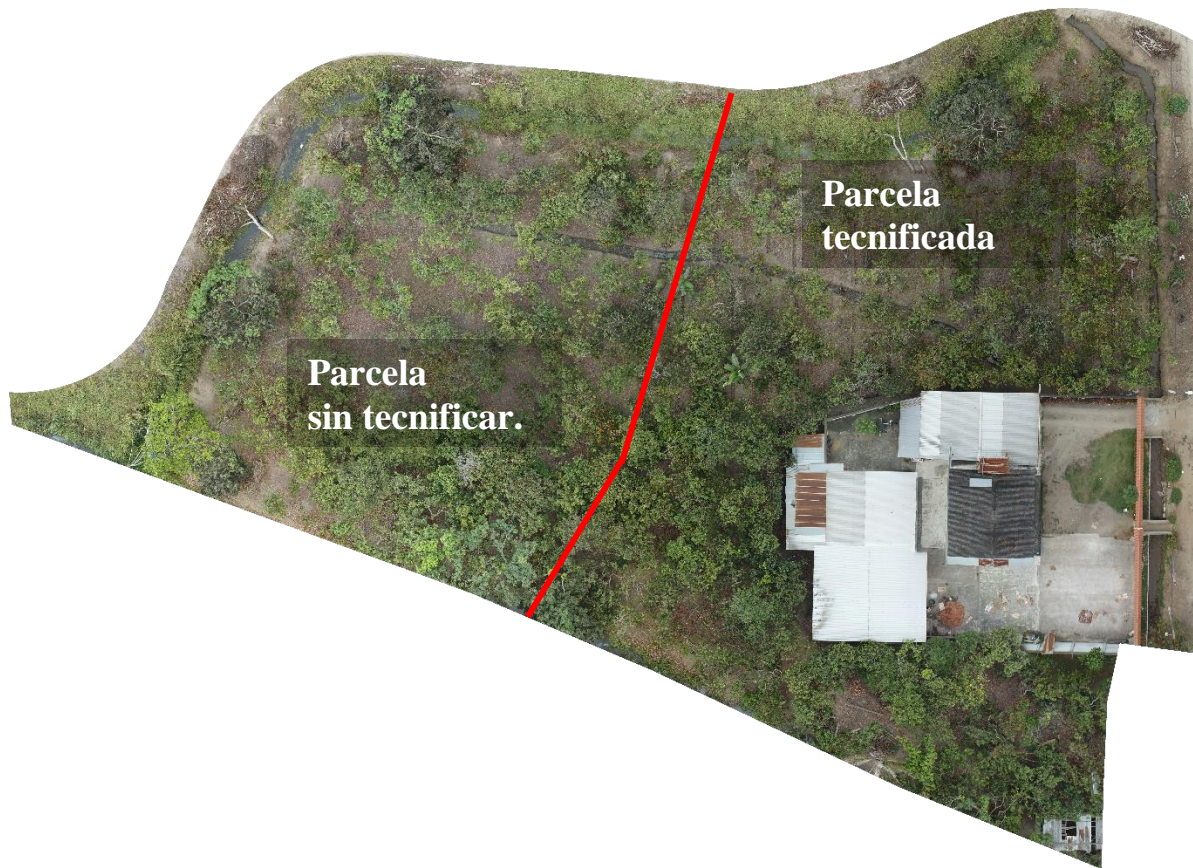


Figura 10. Levantamiento fotogramétrico de la zona del estudio.

3.4 Especificidades del diseño

Número de Tratamientos: 2

Número de Repeticiones:30

Número de Unidades Experimentales: 120

Tamaño de la parcela total (m²): 0.45 Ha

Distancia entre plantas en (m²): 3

Plantas por parcela total (plantas): 500

Plantas por parcela neta (plantas): 250

Forma de la parcela: Polígono irregular

3.5 Manejo del experimento

3.5.1 Materiales y herramientas

Los materiales utilizados para la gestión del estudio fueron los siguientes:

- Estacas
- Piola
- Guadaña
- Cinta métrica
- Martillo
- Pala
- Libreta de apuntes
- Lápiz
- Machete
- Tijera de podar
- Tarjetas de identificación
- Enmiendas edáficas (Biochar, Fossil Shell Agro, Nitrato de potasio)

3.5.2 Equipos

Los equipos utilizados para la gestión del experimento fueron los siguientes:

- Balanza gramera

3.5.3 Preparación del área de estudio.

La preparación del área de estudio consistió en la poda de sanidad del cultivo del cacao, el control de malezas, instalación de un sistema de riego y construcción de drenajes. Posteriormente se delimitaron las parcelas experimentales y tratamientos identificándose por una señalética que se amarró en una parte visible de cada planta estudiada. El riego de agua al cultivo se realizó dos veces por semana. A partir del mes de diciembre, tres días después finalizada cada etapa de aplicación, se realizó la recolección de datos en las diferentes variables, anotando los datos en una libreta de apuntes, este proceso se realizó hasta que se terminaran todas las etapas de aplicación de enmiendas.

3.5.4 Material vegetal

El cultivar utilizado fue el cacao nacional, el cual cuenta con las siguientes características:

- Árbol siempre verde, copa baja y extendida hacia arriba.
- Hojas son grandes y colgantes, de forma elíptica u oblonga y de punta
- Flores diminutas, en racimos que nacen del tronco y de las ramas, pentámeras y de color rosado o blanco.
- Fruto grande y carnosos, puntiagudo, amarillo o púrpura.
- Frutos de alta calidad en aroma y sabor.

3.6 Variables a medir

3.6.1 Número de cojinetes florales.

El número de cojinetes florales se realizó mediante un conteo visual, 15 días después de la última etapa de aplicación de los tratamientos, para el conteo se tomó al azar 10 plantas de cada tratamiento por parcela experimental, refiriéndose esta última como al tipo de manejo del cultivo. Se definió el número de cojinetes florales por planta muestreado, se anotó en el cuaderno de apuntes los datos respectivos para su posterior procesamiento estadístico.



Figura 11: Número de cojinetes florales del cacao.

Fuente: El Autor.

3.6.2 Número de frutos cuajados

La variable número de frutos cuajados se definió contando el número de frutos que cuajaron por cada planta al realizar tres muestreos, los mismos que se llevaron a cabo tres días después de la aplicación de cada tratamiento a partir de la tercera etapa, sumándose en cada muestreo los frutos nuevos cuajados. Se muestrearon 30 plantas por cada tratamiento y para cada tipo de manejo del cultivo.



Figura 12: Número de frutos cuajados del cacao Nacional.

Fuente: El Autor.

3.6.3 Número de frutos dañados

Para la medición del número de frutos dañados por planta, fueron seleccionadas aleatoriamente 30 plantas en cada parcela, y por cada uno de los dos tratamientos estudiados, donde se procedió a contar el número de frutos que se dañaron por cada planta. Esta variable al igual que los frutos cuajados se la realizó a partir del mes de diciembre, tres días después de la aplicación de las enmiendas edáficas, sumando los frutos que se perdían en cada medición para obtener un resultado total al final de todos los muestreos.



Figura 13: Número de frutos dañados del cacao Nacional.

Fuente: El Autor.

3.7 Procedimiento estadístico

Se realizaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para las variables del estudio las mismas que cumplieron todos los requisitos básicos para realizar las pruebas paramétricas. La prueba de aditividad de los factores de estudio arrojaron resultados de no interacción entre los factores, por lo que se agrupó los variables dependientes tratamientos y combinaciones de enmiendas en un solo factor estudiado para posteriormente realizar un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial. Se realizaron las pruebas post hoc para determinar los diferentes subconjuntos homogéneos y mejor combinación para las variables medidas. Toda la estadística se la realizó por medio del programa estadístico SPSS versión 22 de prueba para Windows, con una confiabilidad en la estimación del 95% ($\alpha= 0.05$).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se presentan a continuación están basados al número total de datos que se obtuvieron al sumar las mediciones en la etapa final de los muestreos realizados:

4.1 Número de cojinetes florales.

Los comportamientos de las medias de números de cojinetes florales se muestran en la figura 14. En la etapa final el número de cojinetes florales se ajustó al comportamiento creciente de las demás variables estudiadas, presentando diferencias estadísticamente significativas, siendo las medias del manejo de cultivo sin tecnificación las que mostraron los promedios más bajos, de igual manera con una media de 100,83 el tratamiento formado por Biochar + Nitrato de potasio en el sistema tecnificado fue el promedio más alto de cojinetes florales por planta estudiada.

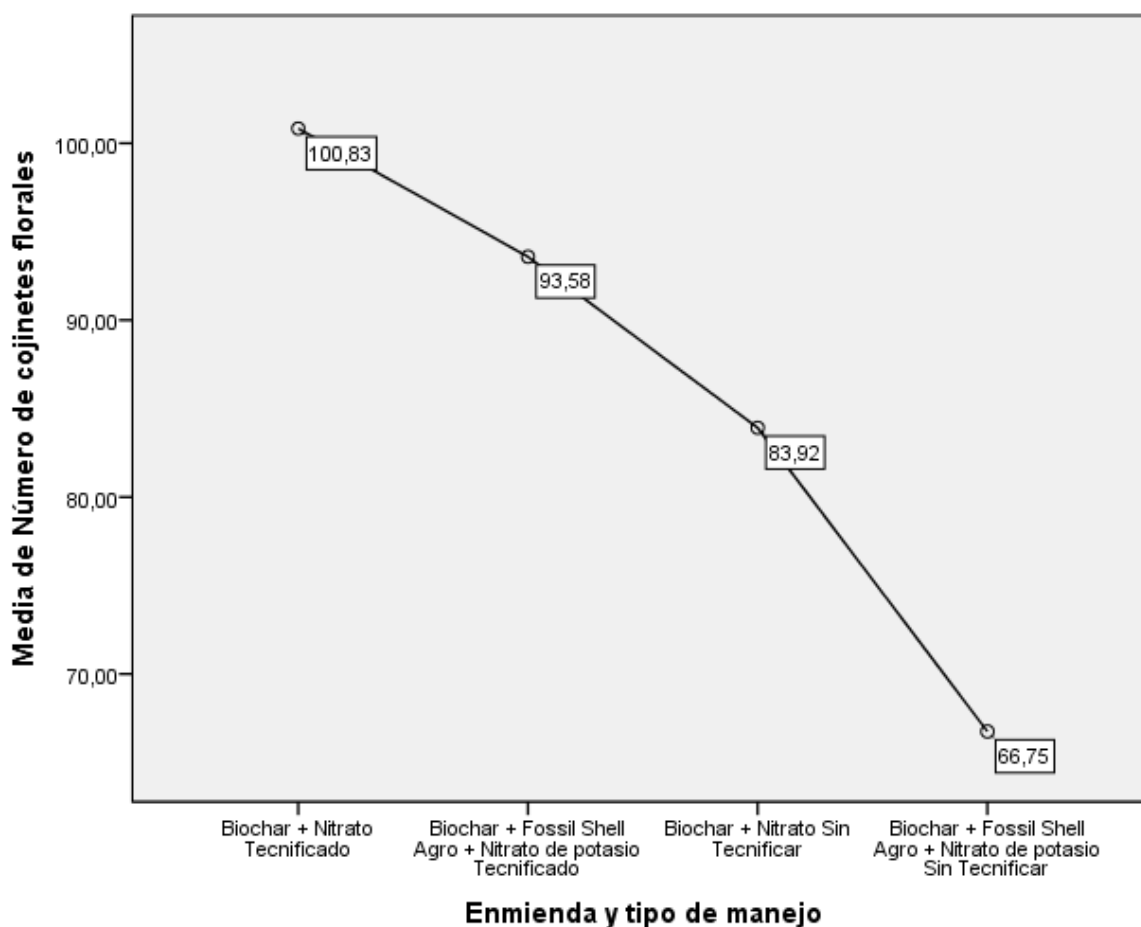


Figura 14. Medias de cojinetes florales en plantas de Cacao Nacional con diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y manejos de cultivo.

En cuanto al número de cojinetes florales los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas (p valor= 0,05) creando cuatro grupos con subconjuntos homogéneos, el primero es el formado por Biochar + Nitrato de potasio tecnificado que se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos. El Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio tecnificado que no se diferencia significativamente del Biochar + Nitrato de potasio sin tecnificar, el mismo que a su vez no posee diferencias estadísticas con el Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio sin tecnificar. Este último es el que posee el menor número de cojinetes florales con un promedio de 66,75 cojinetes por planta. (Figura 15). Los Resultados de este estudio pueden respaldarse con los estudios realizados por (Sasmita, 2017) que encontró que el uso de Biochar en el cultivo de cacao mejora características agronómicas del cultivo debido a que debido a que este aumenta el pH, mejora la absorción de nutrientes y reduce la toxicidad por Al.

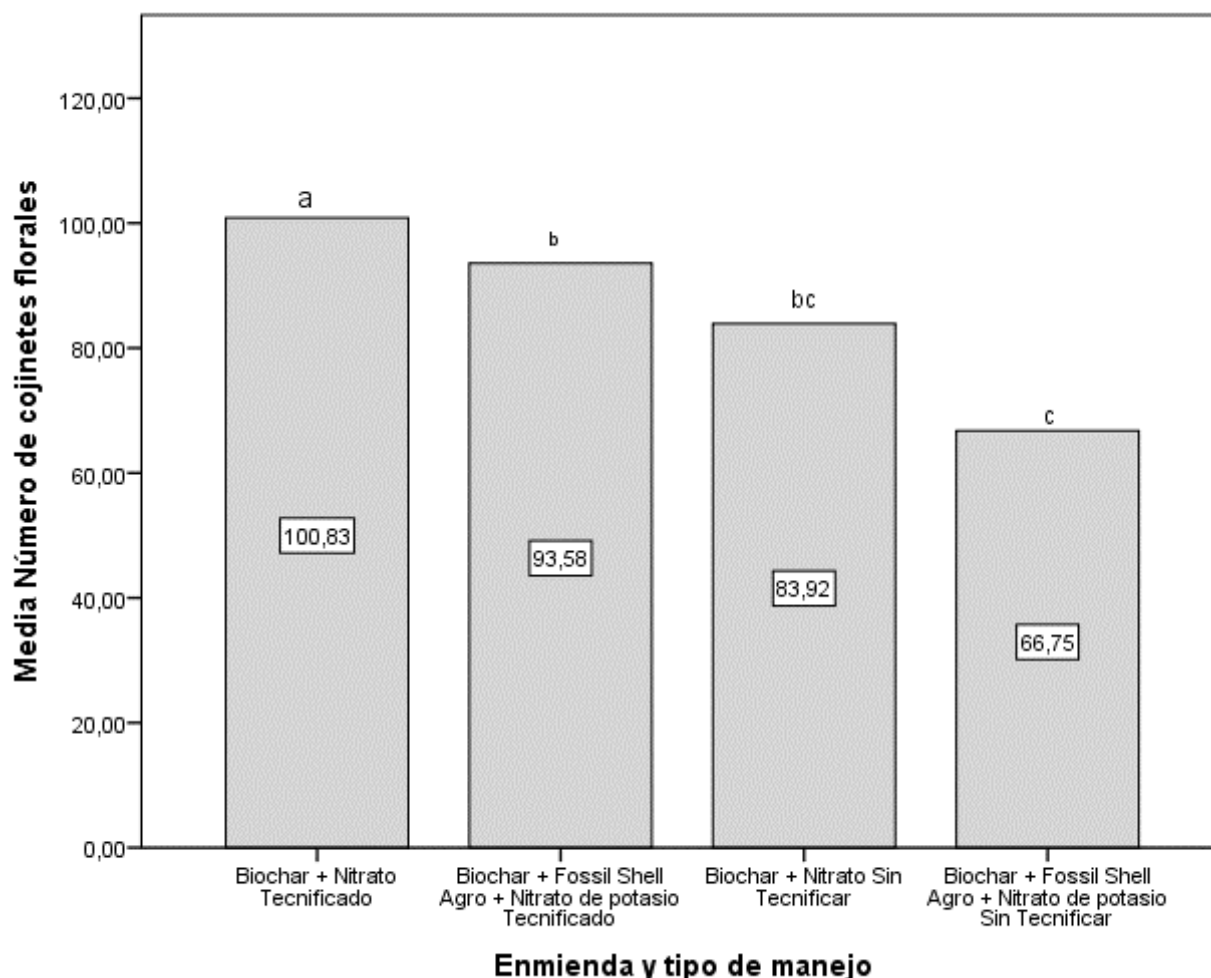


Figura 15. Efectos de la aplicación de diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y tipo de manejo en el cultivo de cacao, sobre el número de cojinetes florales por planta al final del experimento.

4.2 Número de frutos cuajados.

Las diferentes combinaciones entre enmiendas edáficas y tipos de manejo en el cultivo de cacao ocasionaron un efecto sobre el número de frutos cuajados. Se muestra un crecimiento del número de frutos cuajados a partir del tipo de manejo del cultivo y combinación de enmiendas, donde el manejo sin tecnificar presenta los promedios más bajos de número de frutos, a diferencia de los tratamientos con manejo tecnificado. La dosis de Biochar + Nitrato de potasio en el tecnificado expresó el promedio más alto de frutos cuajados con de 17,73, mientras que la combinación de Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio sin tecnificar representó el promedio más bajo con 5,47 frutos cuajados. (Figura 16)

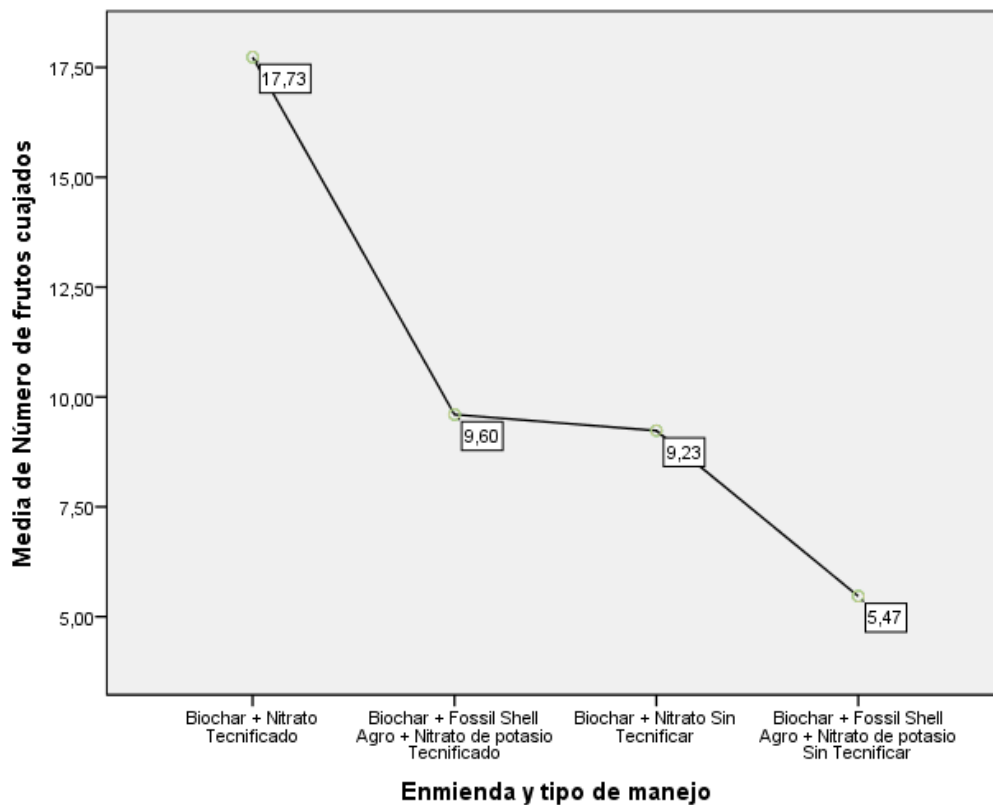


Figura 16. Medias de números de frutos cuajados en plantas de Cacao Nacional con diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y manejos de cultivo.

Puentes (2016) Encontró en investigaciones un efecto positivo del Nitrato de potasio sobre las características de producción en el cultivo de cacao, al igual que los resultados que muestran en la figura 17, donde se aprecia los efectos de la aplicación de diferentes tratamientos en la combinación de dos factores de estudio sobre el número de frutos cuajados al final de los muestreos. Se crean 3 subconjuntos homogéneos. Donde el Biochar + Nitrato de potasio con manejo tecnificado se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos. El Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio tecnificado crea un subconjunto homogéneo con el Biochar + Nitrato de potasio sin tecnificar. El Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio sin tecnificar fue el que tuvo menor número de frutos cuajados y es diferente estadísticamente, de los demás tratamientos. Las diferentes letras difieren estadísticamente para $p\text{-valor} < 0,05$.

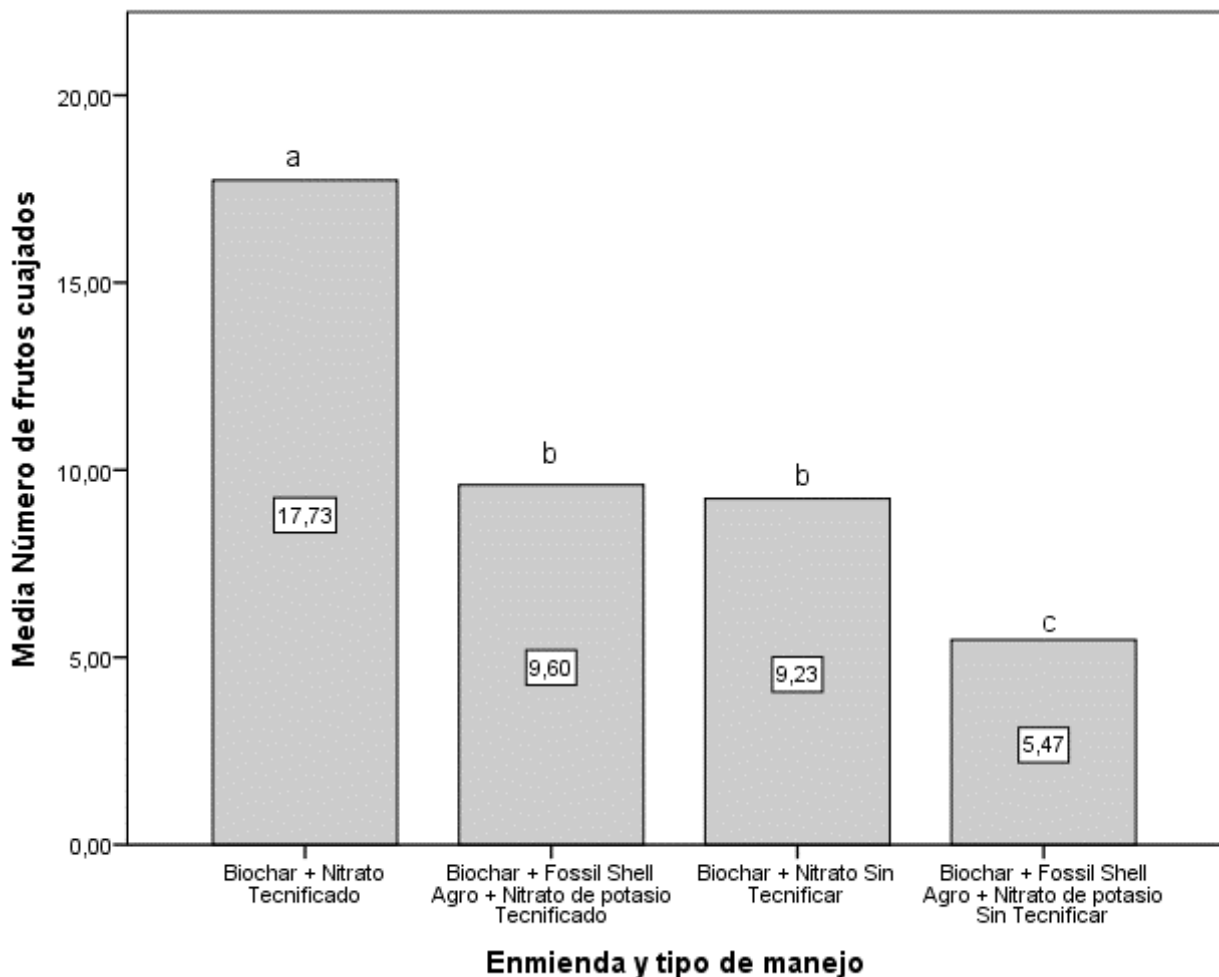


Figura 17. Efectos de la aplicación de diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y tipo de manejo en el cultivo de cacao, al final del experimento.

4.3 Número de frutos dañados.

Los efectos de la aplicación de enmiendas edáficas conjunto con el tipo de manejo del cultivo de cacao sobre el número de frutos dañados acumulados al final de todos los muestreos manifestaron diferencias significativas para la prueba de Duncan. En la figura 18, se puede apreciar el comportamiento creciente entre los tratamientos combinados con y sin tecnificar junto con sus respectivas medias. El Biochar + Nitrato de potasio tecnificado y el Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio no tecnificado constituyeron los promedios más altos y bajos con 3,63 y 1,57 respectivamente.

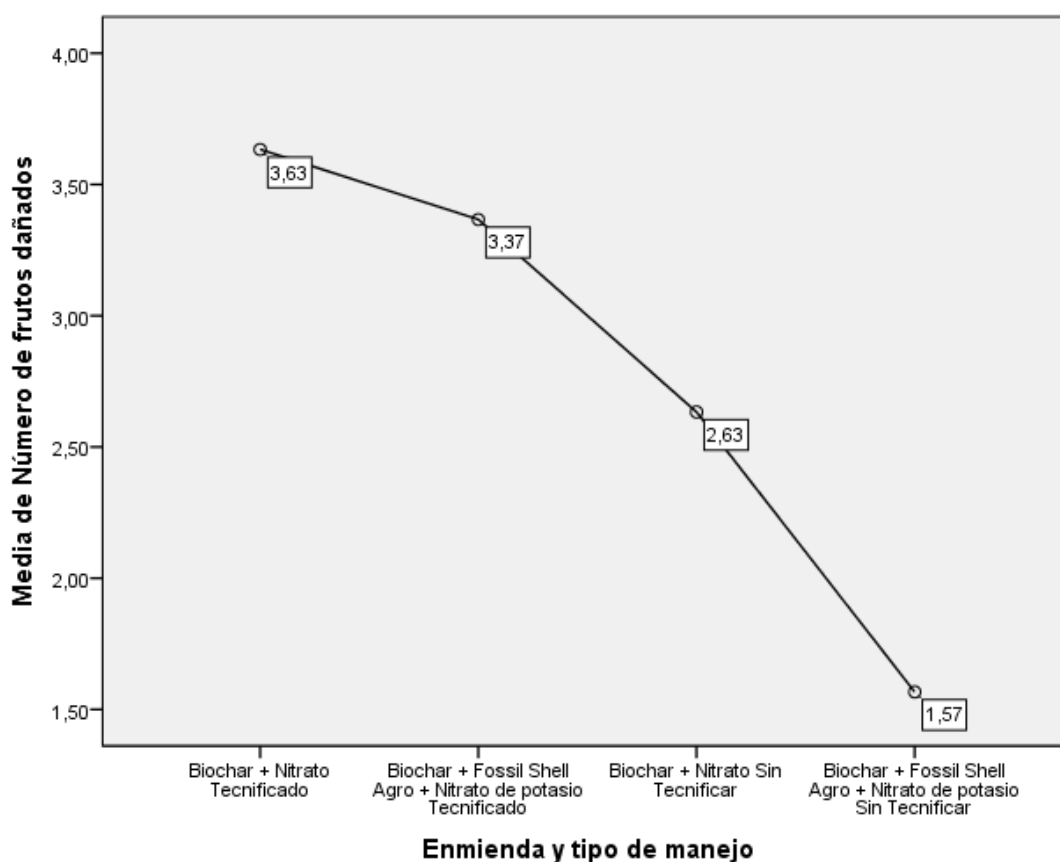


Figura 18. Medias de números de frutos dañados en plantas de Cacao Nacional con diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y manejos de cultivo.

Se crean 3 subconjuntos homogéneos para los cuatro tratamientos. Las combinaciones de enmiendas edáficas dentro del manejo del cultivo sin tecnificar no presentaron diferencias estadísticas entre sí, siendo el Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio sin tecnificar con el promedio más bajo de los dos tratamientos. El Biochar + Nitrato de potasio tecnificado fue el que obtuvo promedio más alto de frutos dañados diferenciándose estadísticamente de los demás. El Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio tecnificado se diferencia significativamente de los demás tratamientos restantes con un promedio de 3,37 frutos dañados por planta. Las diferentes letras difieren estadísticamente para $p\text{-valor} < 0,05$ (Figura 19). (Yunga, 2020) Encontró que en Cacao Nacional la combinación de Fossil Shell Agro y Biochar reduce el ataque de enfermedades y aumenta la producción de mazorcas. Resultados que son similares a los encontrados en esta investigación.

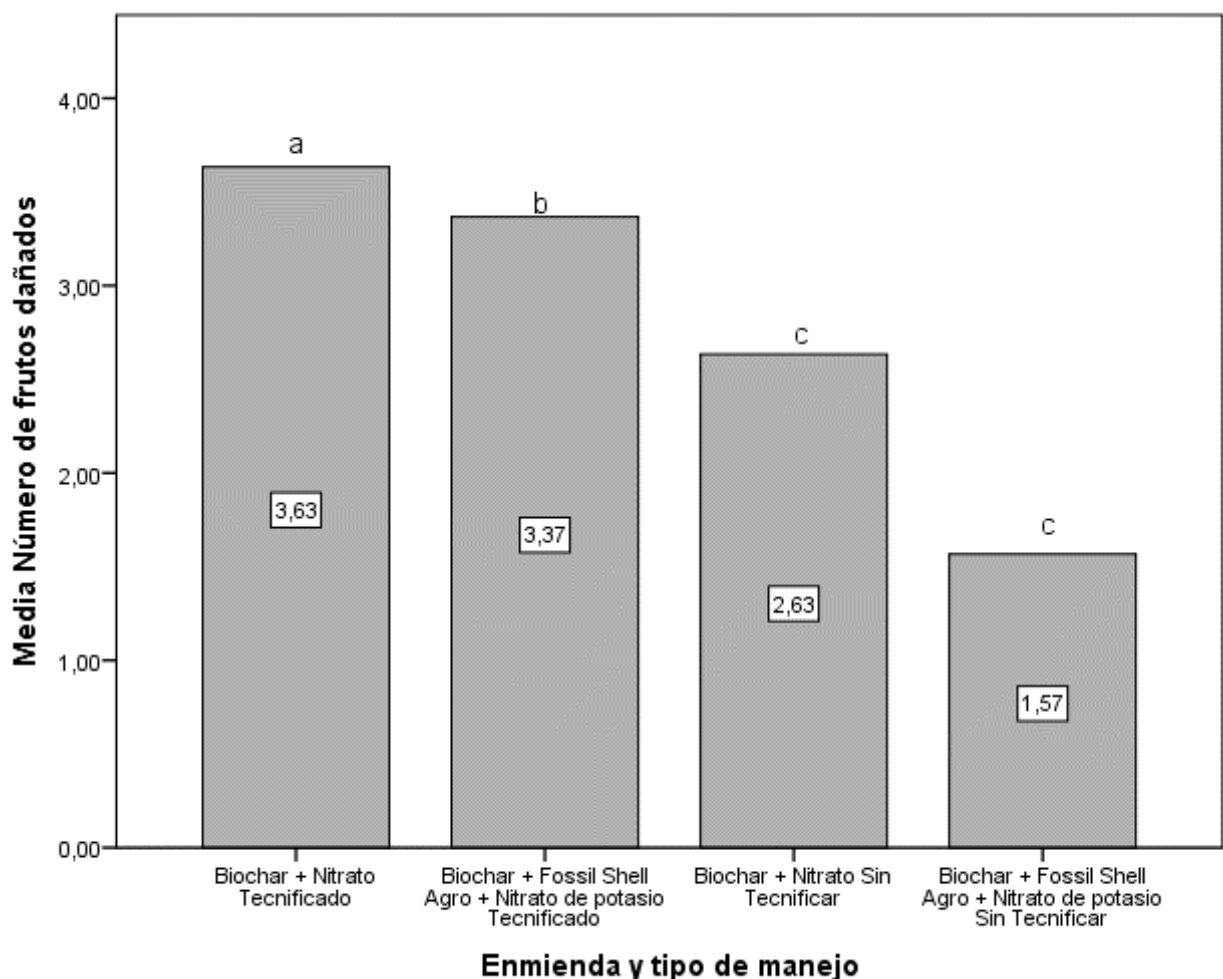


Figura 19. Efectos de la aplicación de diferentes combinaciones de enmiendas edáficas y tipo de manejo en el cultivo de cacao, sobre el número de frutos dañados por planta al final del experimento.

5 CONCLUSIONES

- Al aplicar los tratamientos combinados se reportó un efecto de no aditivo en los mismos, y al analizar estadísticamente se puede concluir que el manejo técnico del cultivo de cacao se traduce en mayores resultados de las variables estudiadas, número de frutos cuajado, frutos dañados y cojinetes florales por plantas.
- La mezcla de Biochar + Nitrato de potasio presentó los mayores valores promedios dentro de sus tipos de manejo para el número de frutos cuajados, frutos dañados y cojinetes florales al final de los muestreos, con promedios de 17.73, 3.63 y 100.83 para el cultivo tecnificado y 9.23, 2.63 y 83.92 para el cultivo sin tecnificar, respectivamente.
- La combinación de Biochar + Nitrato de potasio con un sistema de manejo de cultivo tecnificado fue el que representó los mayores promedios para todas las variables estudiadas mientras que el Biochar + Fossil Shell Agro + Nitrato de potasio no tecnificado obtuvo los promedios más bajos en todos los análisis estadísticos de las variables, frutos cuajados, frutos dañados y cojinetes florales por planta.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Acebo, M., & Rodríguez, J. (2016). Estudios industriales y orientación estratégica para la toma de decisiones para la Industria de cacao. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://url2.cl/1Ug8n>
- Aker Narváez, C. E. Efecto de la aplicación de biocarbón, gallinaza y fertilizantes sintéticos en la retención de humedad y otras características del suelo en el rendimiento de maíz (*Zea mays*), en tres texturas de suelo en León, Nicaragua (No. Thesis A314). CATIE, Turrialba (Costa Rica). <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=100192>
- Álvarez, C., Pérez, E., & Lares, M. (2002). Morfología de los frutos y características físico-químicas del mucílago del cacao de tres zonas del Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 52(4), 497-506. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2002000400006&script=sci_arttext&tlng=e
- Álvarez, Clímaco, et al. "Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores." *Revista científica UDO agrícola* 10.1 (2010): 76-87. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3909942>
- Andrade, E. (2018). Incidencia del tiempo de polinización artificial y la relación estambre – flor sobre la fecundación y desarrollo inicial de mazorca en cuatro clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la estación experimental de sapecho. (Bachelor's thesis, Universidad Mayor de San Andrés). <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4442/T-1719.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANECACAO. (2015). Distancias de siembra. Anecacao Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/es/servicios/articulos tecnicos/distancia-de-siembra.html>
- Antúñez-Ocampo, Oscar M., Sandoval-Villa, Manuel, Alcántar-González, Gabriel, & Solís-Martínez, Martín. (2014). Aplicación de amonio y nitrato en plantas de *Physalis peruviana* L.. *Agrociencia*, 48(8), 805-817. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952014000800004&lng=es&tlng=es.
- Arvelo, M. A., González León, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya López, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas (No. IICA F01). IICA, San José (Costa Rica). <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=iicacr.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=035013>
- Balladares Orellana, F. J. (2020). Efectos de biochar como enmienda edáfica en la calidad sensorial del cacao CCN-51 en el sector de Río Negro. (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15512>

- Bedussi, F. (2016). Valutazione Delle Potenzialità Del Biochar Come Componente Dei Substrati Di Coltivazione. https://air.unimi.it/retrieve/handle/2434/347473/534679/phd_unimi_R10353.pdf
- Brick, S., & Lyutse, S. (2010). Biochar: Assessing the promise and risks to guide US policy. Natural Resources Defense Council. USA. http://www.nrdc.org/energy/files/biochar_paper.pdf. Buchanan, B., Grissem, W., & Jones, R. (2000). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists, Rockville, 1367.
- Buchanan, B., Grissem, W., & Jones, R. (2000). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Physiologists, Rockville, 1367.
- Campusano Granda, S. L. (2008). Respuesta a la aplicación de un fertilizante orgánico “Fossil Shell Agro” en la germinación de cacao “Theobroma cacao” usando cinco dosis en cuatro tipos de sustratos (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias). [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3131/1/Tesina en Germinación de Cacao Soriam Campusano Grenda.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3131/1/Tesina%20en%20Germinaci3n%20de%20Cacao%20Soriam%20Campusano%20Grenda.pdf)
- Cañadas, L. (1983). El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Mag-Pronareg.
- Carrillo Alvarado, R., Carvajal Mera, T., Mendoza García, A., Solórzano Larrea, G., & Ponce Ferrín, J. (2014). Cosecha y manejo pos-cosecha en cacao. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1154>
- Crespo del Campo, E., & Crespo Andía, F. (1997). Cultivo y beneficio del cacao CCN51 (No. 633.74 C921c). Quito, EC: Edit. Conejo. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=033669>
- Espinosa, C., & Mosquera, D. (2012). Estudio de factibilidad para la producción de cacao en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas. <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 manejado con técnicas agroecológicas. Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/Estrada_et_al_Guia_Tecnica_Cacao.pdf
- Formulaci3n Quimica. (2017). (s.f.) Recuperado el 09 de febrero de 2021, de <http://www.formulacionquimica.com/KNO3/>
- González, G., Quevedo, J., & García, R. (2018). Alternativas orgánicas para el control de monilia (monilophthora roreri, cif. y par) en el cultivo de cacao. Revista Científica Agroecosistemas, 6, 56–62. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/194>
- Guerr3n, R. (2018). Proyecto de Factibilidad para la producción de cacao con vista a la exportaci3n en la finca “Lesly” ubicada en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. 121. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11750/1/T-UCSG-POS-MFEE-135.pdf>
- Halevy, A. H. (2019). Handbook of Flowering: Volume IV. CRC press.

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=-TSoDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=CRC+Handbook+of+flowering.+CRC+Handbook+of+Flowering,+&ots=CQ8RDJH8pB&sig=178iS5GU3-EiFMRNQwE22IJWKHQ&redir_esc=y#v=onepage&q=CRC%20Handbook%20of%20flowering.%20CRC%20Handbook%20of%20Flowering%2C&f=false

Haifa, L. (2009). Potassium Nitrate Asosiation. Obtenido de <http://www.kno3.org/es/productfeatures-a-benefits/potassium-nitrate-product-features-and-benefits-overview>

Herrera Mosquera, H. J. (2018). Diagnóstico del estado nutricional y recomendaciones de fertiización en cacao CCN-51 en la finca El Capullo, cantón El Triunfo. provincia del Guayas (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28440/1/Herrera Mosquera Héctor José.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28440/1/Herrera%20Mosquera%20H%C3%A9ctor%20Jos%C3%A9.pdf)

INPOFOS, Instituto de la Potasa y el Fósforo. (1997). Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.Orlando, USA: Research Education. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCAT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001292>

Ippolito, J. A., Laird, D. A., & Busscher, W. J. (2012). Environmental benefits of biochar. *Journal of environmental quality*, 41(4), 967-972. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/jeq2012.0151>

INTA. (2010). Guía tecnológica del cultivo de cacao. Guia Técnica del Cultivo de Cacao, 27–39. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/Guia-CACAO-2010.pdf>

Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203762264>

López Medina, Segundo Eloy, & Gil Rivero, Armando Efraín. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) "cacao". *Arnaldoa*, 24(2), 609-618. <https://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24212>

Mahecha, R., & Revelo, J. (2013). Convenio de Concertación para una Producción más Limpia en el Subsector Cacaotero - Cacao Orgánico. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11633/81169_67173.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=yqKV3USG41cC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mineral+nutrition+of+higher+plants&ots=Vc3MT4tYyj&sig=xeaCWhLzFCSOkV6tEdZok37a1ok&redir_esc=y#v=onepage&q=Mineral%20nutrition%20of%20higher%20plants&f=false

Martínez Chirinos, I. A., & Fonseca, A. (2008). Diagnóstico sobre la situación actual del Cacao (*Theobroma cacao* L.) y perspectivas sobre la producción de cacao fino de aroma en Honduras (No. T2616). Escuela Agrícola Panamericana,. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=zamocat.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=024512>

- Mejía de Tafur, M. S. (2010). Conceptos sobre Fisiología de Absorción y Funciones de los Minerales en la Nutrición de Plantas (No. 571.2 M516). Universidad Nacional de Colombia, Palmira (Colombia).
- Morán, M., Molina, V., & Pazmiño, Á. (2017). Influencia del boro en la floración y rendimiento del cacao variedad CCN-51 en la zona de mata de cacao. *Revista FADMI: Administración y Tecnología*, 1(1), 36-49. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/fadmi/article/view/355/268>
- MUNDO VERDE. (2012). Fertilizante Mineral Fossil Shell Agro. Recuperado el 09 de febrero de 2021, de <http://www.mundoverde.com.ec/pages/productos/fossil-shell-agro.htm>
- Nakayama, L. H. 2010. Avaliação do estado nutri-cional das combinações híbridas de cacaeiro cultivado no Latossolo Amarelo Distrofíco Típico. *Agrotropica* 22(1):5 - 10.
- Nieto Martín, A. (2015). Fabricación, caracterización y utilización de biochar como sustituto de la turba en la preparación de sustratos de cultivo. (Doctoral dissertation, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales). <https://core.ac.uk/download/pdf/148675772.pdf>
- Orozco, L. (2016). Colección de esquinas técnicas para la para la mejora productiva del cacao. https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/141216_esquinas_tecnicas_de_cacao.
- Padilla, W. G. (2006). Nutrición mineral de cultivos. Grupo Clínica Agrícola de Ecuador.
- Paspuel Huera, M. E. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua (Bachelor's thesis, Quito: UCE). <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15195/1/T-UCE-0004-A82-2018.pdf>
- Phillips, W., Arciniegas, A., Mata, A., & Motamayor, J. (2012). Catálogo de clones de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica). Manual Técnico, (105), 70. http://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf
- Plúa, J. C., & Cornejo, F. (2008). Diseño de una Línea Procesadora de Pasta de Cacao Artesanal (*Theobroma cacao*). *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, xx(xx), 8. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/2400>
- Puentes-Páramo, Y., Menjivar-Flores, J., & Aranzazu-Hernández, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Bioagro*, 26(2), 99-106.
- Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., & Camacho, A. M. O. (2016). Eficiencia fisiológica de uso de NPK en clones autoincompatible y autocompatible de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 7(1), 17-24. <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1536>
- Ramos, G., Gómez, Á., & De Ascencao, A. (2004). Caracteres morfológicos determinantes en dos poblaciones de cacao criollo del occidente de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 54(1), 45-62. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100004

- Ramírez González, S. (2008). La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. *Tecnología En Marcha*, 21(1), 97–110.
- Rebolledo, A. E., López, G. P., & Moreno, C. H. (2016). Biocarbón (biochar) I : Naturaleza , historia , fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34, 367–382. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57346617009.pdf>
- Rivera, J., Delgado, T., Maroto, S., Arvelo, M. A., Higuera, I., & Navarro, A. (2016). Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2793>
- Rivera, R., Barrera, A., Guzmán, Á., Medina, H., Casanova, L., Peña, M., & Nivelá, P. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 7–12. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.77>
- Rottenberg, O., & Gallardo, A. (2010). *El Arte de la nutrición foliar, mecanismos de absorción*. Publicaciones Científicas de Haifa Chemicals LDT. México DF.
- Ruales, J., Burbano, H., & Ballesteros, W. (2011). Effect of the Fertilization With Diverse Sources on the Yield of. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(2), 81–95.
- Sasmita, K. D., Iswandi, A., Syaiful, A., Sudirman, Y., & Gunawan, D. (2017). Application of biochar and organic fertilizer on acid soil as growing medium for Cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *International Journal of Sciences Basic and Applied Research*, 36(5), 261-273.
- Suárez Basante, G. L. (2019). Caracterización y tipificación de fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y CCN51 en el Cantón Ventanas-Los Ríos, Ecuador (Bachelor's thesis, Babahoyo; UTB, 2019). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6818/PI-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* 5th Ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 464.
- Tinoco, H. A., & Ospina, D. Y. (2013). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Revista EIA*. <https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/223/REI00123.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ugarte, M. B., Belmar, C. A., & Holwerda, H. T. (2007). Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento. Http://Www.Sqm-Vitas.Com/Portals/0/Pdf/CropKits/SQM-Crop_Kit_Pepper_L-ES.Pdf, 104. <https://doi.org/10.1093/acref/9780192803511.013.0949>
- Varas, C. J. (2016). Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 131. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6934/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-103.pdf>

- Weih, M., Asplund, L., & Bergkvist, G. (2011). Assessment of nutrient use in annual and perennial crops: A functional concept for analyzing nitrogen use efficiency. *Plant and Soil*, 339(1), 513-520. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0599-4>
- Yunga, D. V. (2020). Evaluación de los efectos del biocarbón como enmienda edáfica en la fitosanidad del cultivo de cacao tipo nacional. (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15512>
- Zambrano Cevallos, M. (2013). Evaluación de tres métodos de propagación clonal, bajo dos tipos de cubierta, utilizando dos variedades de cacao (*Theobroma cacao*) genéticamente diferentes, en su fase de prendimiento definitivo a nivel comercial en Santo Domingo de los Tsáchilas. Universidad Nacional De Loja, 55. [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/897/1/tesis cd Copy.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/897/1/tesis%20cd%20Copy.pdf)

7. ANEXOS



Anexo 1. Terciarias realizadas en la parcela con manejo tecnificado.



Anexo 2. Instalación del sistema de riego por aspersión.



Anexo 3. Poda de sanidad en el cultivo de cacao Nacional.



Anexo 4. Distribución de las etiquetas para la identificación de los tratamientos.



Anexo 5. Enmiendas utilizadas en la investigación.



Anexo 6. Pesado de las enmiendas edáficas.



Anexo 7. Aplicación de las enmiendas edáficas



Anexo 8. Deschuponado de las plantas con manejo tecnificado.



Anexo 9. Inicio de floración del cacao.



Anexo 10. Cuajado de los primeros frutos del cacao.



Anexo 11. Recolección y registro de datos.



Anexo 12. Comparación de los resultados finales en los tratamientos en el área tecnificada.



Anexo 13. Comparación de los resultados finales en los tratamientos en el área no tecnificada.



Anexo 14. Frutos dañados.



Anexo 15. Comparación de la plantación antes y después de la investigación.