



ESPAMMFL

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA

**EFFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN SOBRE EL
RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO EN CALCETA,
MANABÍ**

AUTORES:

AFRANIO J. ESMERALDA MOREIRA

CRISTIAN F. CHILA CHILA

TUTOR:

ING. CRISTIAN S. VALDIVIESO LÓPEZ, Mg. Sc

CALCETA, FEBRERO DE 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Afranio Javier Esmeralda Moreira con cedula de ciudadanía 131302486-9 y **Cristian Fernando Chila Chila** con cedula de ciudadanía 230071760-6 declaramos bajo juramento que el Trabajo de Titulación titulado: **EFFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO EN CALCETA, MANABÍ** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional, y que hemos consultados las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines estrictamente académicos conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores de la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

.....
Afranio Javier Esmeralda Moreira

.....
Cristian Fernando Chila Chila

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo **Cristian S. Valdivieso López** certifico haber tutelado el trabajo de titulación **EFFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO EN CALCETA, MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **Afranio Javier Esmeralda Moreira** y **Cristian Fernando Chila Chila**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:
**CRISTIAN SERGIO
VALDIVIESO
LOPEZ**

.....
Ing. Cristian S. Valdivieso López, Mg. Sc

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CACAO EN CALCETA, MANABÍ**, que ha sido propuesto, desarrollado por **Afranio Javier Esmeralda Moreira y Cristian Fernando Chila Chila**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY
WILBERTO
MESIAS GALLO**

.....
Ing. Freddy W. Mesías Gallo, Mg. Sc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ENRIQUE
PARRAGA MUNOZ**

.....
Ing. Luís E. Párraga Muñoz, Mg. Sc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**GONZALO BOLIVAR
CONSTANTE TUBAY**

.....
Ing. Gonzalo B. Constante Tubay, Mg. Sc

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, salud y esperanza para gozar rodeado de los seres que amo, por su inmensa bondad de guiar mis pasos y no abandonarme nunca, por iluminar y darme la fuerza necesaria para enfrentar cada obstáculo, fortalecer mi corazón y conocimiento para aplicarlo en la cotidianidad permitiéndome ser una buena persona y también un gran profesional.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí por brindarme la oportunidad de crecer como ser humano mediante una educación superior de calidad en la cual he formado mis conocimientos profesionales día tras día.

A mi Padre Fernando Chila y mi Madre Carmen Chila y mis hermanas Maira y Yanina y hermano Jefferson por ser el pilar fundamental en mi vida ya que son quienes me brindan su inmenso apoyo incondicional, con el cual me han permitido alcanzar una más de mis metas propuestas.

A mi tutor de tesis el Ing, Cristian Valdivieso por el tiempo y asesoría brindada en la realización de este proyecto, asimismo aportó con su experiencia para que la culminación del presente proyecto de titulación se materialice.

Al ing, Galo Cedeño y al Ing, Sergio Vélez por su apoyo incondicional durante el ciclo de la carrera y por compartir sus conocimientos los cuales nos han formado, además de brindarnos asesoría en la ejecución de este proyecto de titulación.

A mis docentes, quienes con responsabilidad, paciencia, vocación y liderazgo realizaron su labor de enseñar, por entregar lo mejor de ellos para mi aprendizaje y educación, por compartir su sabiduría y conocimiento, y mostrarme las capacidades que podía desarrollar e impulsar a ser mejor cada día.

A la Ing Geoconda Álava técnica de campo de Carrera de Ing Agrícola por su apoyo inmenso e incondicional brindado durante nuestra instancia en la carrera, aparte de ser partícipe de que se lograra ejecutar el presente proyecto de titulación.

A Afranio Esmeralda compañero del presente proyecto de titulación y de carrera. A María José Muñoz también compañera de carrera a quienes estimo y aprecio mucho como mis hermanos ya que son con quienes he compartido gratos y buenos momentos a aparte de vivir muchas experiencias durante este ciclo estudiantil; nadie más que ellos saben el esfuerzo y sacrificio de alcanzar esta meta propuesta y sin olvidar eso consejos y regaños de María José que siempre han sido oportunos y esperados, se puede decir que son como los buenos libros que no es necesario tener muchos, sino tener a los mejores.

A mi novia Annabell Vera y demás amigos María Guadalupe Vera, Sandy Proaño, Alan Villacreses, Alejandra Zambrano ya que con ellos he compartido experiencias únicas, anécdotas, sacrificios, alegrías y tristezas; hemos disfrutado en las buenas y nos hemos apoyado en las malas.

A Camila Chila Choez por brindarme su apoyo incondicional; durante este ciclo de vida, ya que siempre he contado con ella, aparte de ser quien me regaña y siempre ha sido una mano amiga que ha estado allí para ayudarme a levantarme cada vez que caigo y sin importar lo que fuese compartimos grandes cosas durante la trayectoria académica e universitaria a pesar de llevar carreras diferentes pero pese a ello considero que emprendimos el mismo camino y alcanzamos la meta propuesta sin lugar a duda agradecido por todo este inmenso apoyo brindado.

Sin dudar eternamente agradecido con personas que no se olvidan y se consideran parte de una segunda familia como decía yo mi familia de Calceta a la Sra. Santa Parraga quien abrió las puertas de su hogar y me recibió como a un hijo durante todo este ciclo de mi vida. Al señor Marcos Loor y la Sra. Vicenta Alcívar por también abrirme puertas de su hogar y brindarme su apoyo incondicional. A la señora Santa Vidal y el Sr Herry Vera por ser unas excelentes persona conmigo y también abrirme las puertas de su hogar y brindarme una mano amiga que me hizo sentir en casa en familia.

Y finalmente a todos aquellos compañeros y conocidos que me han brindado su apoyo y han compartido gratos y buenos momentos conmigo.

Cristian Fernando Chila Chila

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía a lo largo de mi vida y mi pilar fundamental, que me ha permitido gozar de salud y vida para lograr mis propósitos, además darme esa fuerza de voluntad para superar los obstáculos de la vida y ser el apoyo en los momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres Santo Afranio Esmeralda y Dolores Moreira y mi hermano Jean Carlos Esmeralda por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida, quienes son los principales promotores de mis sueños, por los consejos, por los valores y principios que me han inculcado. En general a toda mi familia quienes de una u otra forma se han involucrado de la mejor manera durante mi etapa estudiantil.

A mi tutor de tesis el Ing. Cristian Valdivieso al Ing., Galo Cedeño y al Ing., Sergio Vélez por el tiempo, asesoría conocimiento y experiencia brindada y durante el ciclo de la carrera y guiarnos durante todo el proyecto de investigación.

A los docentes de la carrera de ingeniería Agrícola por formar parte de nuestra educación y brindarnos conocimientos con dedicación, paciencia y hacer de nosotros profesionales de calidad.

A la Ing. Geoconda Álava técnica de campo de Carrera de Ingeniería Agrícola por su apoyo inmenso e incondicional brindado durante nuestra estancia en la carrera, aparte de ser partícipe de que se lograra ejecutar el presente proyecto de titulación.

A todos mis amigos que han estado en todo el proceso educativo quienes se han convertido en parte de mi familia, como Cristian Chila compañero de tesis, Guadalupe vera, Alan Villacreses con los que se ha compartido experiencias únicas y especialmente a María José Muñoz a quien aprecio y estimo mucho la que siempre me aconseja para que sea mejor persona y por estar siempre en las buenas y malas, y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A Don Marcos Loor y a la Sra. Vicenta Alcívar por abrirme las puertas de su hogar a quienes considero mi segunda familia a los que siempre les estaré eternamente agradecido por el apoyo incondicional en momentos decisivos de mi vida, así mismo a la señora Santa Vidal y el Sr Henry Vera por ser excelentes persona conmigo y abrirme las puertas de su hogar.

Y finalmente A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí por brindarme una educación de calidad y permitirme crecer como ser humano y fortalecer mis conocimientos profesionales día a día.

Afranio Javier Esmeralda Moreira

DEDICATORIA

A Dios por ser mi compañía indispensable a cada paso del camino emprendido y por permitirme levantarme día a día y poder superar los tropiezos de mi vida, fortaleciéndome para terminar mi carrera profesional.

A mis padres Fernando Chila y Carmen Chila por ser el pilar fundamental en mi vida, por ese inmenso amor, trabajo y sacrificio que han hecho por mí, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo a través del tiempo sin dudar que ellos son mi ejemplo de perseverancia y constancia que me caracterizan.

A mis hermanos; Maira Chila, Jefferson Chila y en especial a mi hermana menor Yanina Chila por ser fuente de mi inspiración y ganas de superarme.

Finalmente, a todas aquellas personas y amigos y conocido que siempre han confiado en mí y me han brindado su apoyo incondicional para alcanzar esta meta.

Cristian Fernando Chila Chila

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía en todo momento, por darme vida para llegar hasta donde estoy, y darme las fuerzas necesaria para seguir adelante cada día en este proceso y obtener unos de mis anhelos.

A mis padres Afranio Esmeralda y Dolores Moreira, por su amor, trabajo, la confianza depositada en mí, y el sacrificio diario que realizan en apoyarme día a día en mi educación, y en mi formación profesional a sí mismo a mi hermano Jean Carlos Esmeralda por brindarme el apoyo e inspiración para seguir adelante.

Y finalmente a todos mis familiares amigos y compañeros que han puesto su confianza en mí para que logre mis propósitos y anhelos.

Afranio Javier Esmeralda Moreira

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
CONTENIDO GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLA Y FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CACAO A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y LOCAL.....	4
2.2. ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO	5
2.2.1. DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN.....	5
2.2.2. CICLO DE VIDA DE UNA PLANTA DE CACAO DE ACUERDO A SU ECOFISIOLOGÍA.....	5
2.2.3. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS	6

2.2.3. CACAO BAJO CONDICIONES DE SOMBRA	8
2.2.4. EFECTO DE LA FOTOSÍNTESIS SOBRE EL CULTIVO DE CACAO	8
2.3. NECESIDADES HÍDRICAS	9
2.3.1. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA.....	9
2.3.2. RIEGO DEFICITARIO	10
2.3.3. HUELLA HÍDRICA	11
2.3.4. LÁMINA DE AGUA O RIEGO.....	13
2.4. NECESIDADES NUTRICIONALES DEL CULTIVO DE CACAO.....	13
2.4.1. CANTIDAD DE NUTRIENTES EXTRAÍDOS DEL SUELO	14
2.4.2. FUNCIÓN DE LOS NUTRIENTES EN LA PLANTA DE CACAO	14
2.5. EXPERIENCIAS EN RIEGO Y NUTRICIÓN DEL CACAO.....	15
CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	19
3.1. UBICACIÓN.....	19
3.2. DURACIÓN	19
3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	19
3.4. MATERIAL VEGETAL	19
3.5. FACTORES EN ESTUDIO	20
3.5.1. FACTOR A (LAMINAS DE RIEGO).....	20
3.5.2. FACTOR B (PLANES DE FERTILIZACIÓN)	20
3.5.3. TESTIGO	20
3.6. TRATAMIENTOS	20
3.7. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL.....	21
3.8. ANÁLISIS DE DATOS	21
3.9. VARIABLES RESPUESTA	21
3.9.2. VARIABLES HÍDRICAS	23
3.9.3. VARIABLES FITOSANITARIAS	24

3.10. ANÁLISIS ECONÓMICO	25
3.11. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	25
3.11.1. CONTROL DE MALEZA	25
3.11.2. RIEGO	25
3.11.3. FERTILIZACIÓN	26
3.11.4. PODAS DE MANTENIMIENTO Y FITOSANITARIAS.....	28
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. DETERMINACIÓN EL EFECTO DE DOS LÁMINAS RIEGO Y TRES PLANES DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CACAO.	29
4.1.1. VARIABLES AGRONÓMICAS	29
4.1. 2. VARIABLES HÍDRICAS	37
4.1.3. VARIABLES FITOSANITARIAS	42
4.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS VENTAJAS ECONÓMICAS DEL USO DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE CACAO.	47
4.2.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	47
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1. CONCLUSIONES	49
5.2. RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLA Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 4.1 Significancia estadística de las variables agronómicas en el cultivo de cacao nacional en respuesta a dos láminas de riego y tres planes de fertilización en Calceta, Manabí.....	29
Tabla 4.2 Significancia estadística de la variable conductancia estomática (gs) ($\text{mmol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) .	37
Tabla 4.3 Productividad del agua de riego y del agua total consumida por el cultivo en los tratamientos evaluados.....	42
Tabla 4.4 Significancia estadística de la variable % de incidencia de moniliasis en frutos de cacao Nacional	43
Tabla 4.5 Significancia estadística de la variable Severidad de moliniasis en frutos de cacao Nacional	44

FIGURAS

Figura 4.1 N° de frutos sanos/planta. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).	30
Figura 4.2 N° de frutos enfermos/planta. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).....	31
Figura 4.3. N° de frutos cherelle/planta. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).....	31
Figura 4.4 Peso de cacao fresco/planta (kg). Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).....	32
Figura 4.5 Peso de cacao seco kg/ha/año. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).....	33
Figura 4. 6 Efecto de los planes de fertilización sobre el rendimiento de grano seco de cacao Nacional	33
Figura 4.7 Efecto de los planes de fertilización sobre el índice de clorofila (SPAD) en cacao ...	34
Figura 4.8 Eficiencia agronómica del Nitrógeno (EAN) del cacao Nacional en función de los planes	

de fertilización	35
Figura 4.9 Eficiencia agronómica del Fosforo (EAP) del cacao Nacional en función de los planes de fertilización	36
Figura 4.10 . Eficiencia agronómica del Potasio (EAK) del cacao Nacional en función de los planes de fertilización	37
Figura 4.11 Efecto de las láminas de riego sobre la conductancia estomática (gs) del cacao Nacional	38
Figura 4.12 Efecto de la época lluviosa y época seca (con riego) sobre la conductancia estomática gs del cacao Nacional	39
Figura 4.13 Distribución de las precipitaciones y riego diario 100% y 80% ETa/ETm en el cultivo de cacao, Calceta-Manabí 2019-2020.	40
Figura 4.14 Humedad del suelo a tres profundidades (10 cm, 20 cm y 40 cm) en función de las láminas de riego	41
Figura 4.15 Comportamiento en el tiempo de la incidencia de Moniliasis sobre frutos de cacao Nacional en función de los tratamientos evaluados	44
Figura 4.16 Comportamiento en el tiempo de la severidad externa de Moniliasis sobre frutos de cacao Nacional en función de los tratamientos evaluados.....	45

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue probar el efecto de láminas de riego y planes de fertilización sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao en Calceta, Manabí. La investigación se desarrolló en el área de cacao policlón de la ESPAM-MFL. Para el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + 2 con ocho tratamientos, tres repeticiones y 24 unidades experimentales. Para ello se evaluaron variables agronómicas, hídricas, fitosanitarias y el beneficio económico neto. En base a los resultados se obtuvo 2,35 t.ha⁻¹ de cacao seco bajo el plan de fertilización convencional NPK con 100% Eta/Etm correspondiente al tratamiento cinco, permitiendo alcanzar un beneficio económico neto de 2.428,10 USD ha⁻¹.año⁻¹. Por otra parte, las láminas de riego de 80% Eta/Etm y 100% Eta/Etm no mostraron un efecto significativo sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao Nacional. Finalmente, en las variables fitosanitarias de incidencia y severidad externa de moniliasis mostraron un efecto notorio en sobre la dispersión de la enfermedad en los meses lluviosos y cuando se le aplico riego.

Palabras claves: Cacao, dosis de riego, fertilización.

ABSTRACT

The aim of the research was to test the effect of irrigation sheets and fertilization plans on the yield and profitability of cocoa in Calceta, Manabi. The research was developed in the polyclone cocoa area at ESPAM-MFL. For the trial it was used a design of complete randomized blocks (DBCA) in factorial arrangement A x B + 2 with eight treatments, three repetitions and 24 experimental units. For this purpose, agronomic, hydric and phytosanitary variables and the net economic benefit were evaluated. Based on the results, it was obtained 2.35 t.ha⁻¹ of dry cocoa under the conventional fertilization plan NPK with 100% Eta/Etm corresponding to the treatment five, allowing reaching a net economic benefit of 2,428.10 USD ha⁻¹.year⁻¹. On the other hand, the irrigation sheets of 80% Eta/Etm and 100% Eta/Etm did not show a significant effect on the yield and profitability of the National cocoa. Finally, in the phytosanitary variables of incidence and external severity of moniliasis showed a remarkable effect on the dispersion of the disease in the rainy months and when irrigation was applied.

Key words: Cocoa, irrigation dose, fertilization.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) tiene gran apreciación por la industria ya que este posee una importancia global, debido a que sus granos son la fuente principal de materia prima para la fabricación de chocolate, confitería y alimentos recubiertos, así como productos de orden medicinal y de cosmetología (International Cocoa Organization [ICCO], 2015). Denominado a Ecuador el primer país exportador mundial de cacao fino y de aroma, a su vez el cacao es uno de los rubros más importantes en la generación de trabajo e ingresos económicos y divisas para el país (Morales et al., 2018). Pero a su vez, contempla los rendimientos más bajos de la región sudamericana y sus cadenas productivas presenta varios riesgos que merman su producción (Rodríguez & Fusco, 2017; FAOSTAT, 2018).

Dentro de Ecuador, la provincia del Guayas registra el mayor rendimiento con 0,97 t.ha⁻¹, seguida por la provincia de Los Ríos con 0,73 t.ha⁻¹, mientras que Esmeraldas y Manabí registran los menores rendimientos con 0,50 y 0.48 t.ha⁻¹ (MAG, 2017). Estas diferencias en rendimiento dentro del territorio ecuatoriano, se deben a que en Guayas y Los Ríos existe una mayor área establecida con cacao CCN-51, el mismo que presenta mayor potencial productivo que los tradicionales cacaos del complejo nacional, mientras que en Manabí y Esmeraldas prevalecen estos últimos (MAG, 2013).

Los bajos rendimientos registrados en Ecuador, se debe también a una serie de factores tales como la escasa inversión en tecnología de riego, inadecuado manejo agronómico del cultivo y limitado manejo nutricional del cultivo (Motato & Pincay, 2015). Además, en la actualidad se evidencia que las necesidades de agua en la producción de cacao es uno de los temas técnicos menos investigados, sin embargo, dado el boom cacaotero que vive América y Centroamérica frente a un clima futuro errático para el agro, resulta relevante explorar alternativas eficientes de riego (Orozco & López, 2016).

Sin duda el agua juega un papel primordial en la producción, por ende, se alcanzan bajos rendimientos en el cacao ya que es una planta que responde

negativamente al estrés hídrico, más aún en Manabí y específicamente el cantón Bolívar, donde las precipitaciones no alcanzan los 1200- 1500mm de agua al año, que es lo que requiere el cultivo de cacao en la etapa de producción, por lo tanto, hay que suministrar este déficit de requerimiento hídrico (Mendoza & Rodríguez, 2012).

Por lo anteriormente descrito se plantea la siguiente interrogante.

¿La integración de fertilización y láminas de riego influyen sobre la productividad del cultivo de cacao?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Para potenciar la producción del cacao es preciso implementar tecnologías apropiadas de riego y fertilización, con dosis ajustadas a las condiciones locales. Sin embargo, debido a la información limitada que se tiene actualmente sobre la temática, se imposibilita establecer dominios de recomendación para productores cacaoteros de la localidad, lo cual no permite incrementar los ingresos económicos del sector. En este sentido, se vuelve imperativo probar y validar tecnologías de riego y fertilización para el sector cacaotero local.

Siendo así este estudio tributa al objetivo 2 del desarrollo sostenible de la ONU en donde la meta 2.4 establece asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de láminas de riego y planes de fertilización sobre el rendimiento, rentabilidad y enfermedad del cacao en la ESPAM “MFL”, Calceta, Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de dos láminas riego y tres planes de fertilización sobre el rendimiento del cacao.
- Medir la incidencia y severidad externa de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao.
- Establecer las ventajas económicas del uso de riego y fertilización en el cultivo de cacao.

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER

El rendimiento y la rentabilidad del cacao se incrementarán en función de las láminas de riego y de los planes de fertilización.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA DEL CACAO A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y LOCAL

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2017), la producción mundial de cacao en grano en el año 2017 aumentó 1% respecto al año 2015. Los niveles de exportación mundial tuvieron un crecimiento de 25% con relación al 2016. Los precios internacionales se vieron influenciados por el incremento de la producción, ya que disminuyeron 30% al comparar con el año anterior, alcanzando un valor de USD 2,029 t⁻¹ para el 2017. La producción Nacional de Ecuador en el año 2017 incrementó 27% respecto al año anterior, tendencia similar a la producción mundial. Este comportamiento influyo directamente en el aumento del 25% en las exportaciones nacionales. A consecuencia del comportamiento de los precios en el mercado internacional, estos se vieron afectados tanto a nivel de productor como de mayoristas, registrado disminuciones significativas desde los primeros meses del año en cacao CCN51 y cacao fino de aroma.

Según la Coordinadora Latinoamericana y del Caribe de Pequeños Productores y Trabajadores de Comercio (CLAC, 2018) detalla que la región de Latinoamérica y el Caribe la producción de cacao tiene su respectivo reconociendo a nivel internacional y por ser el principal abastecedor de cacao de calidad a nivel mundial. Y como resultado, se consiguen diferenciales de precios más allá del precio mismo del cacao, lo que beneficia a las familias productoras de cacao.

Ecuador, al contar con más del 62% de la producción global de cacao fino de aroma, se destaca por ser el primer exportador de este tipo de producto emblemático a escala mundial. En la actualidad, la cadena de valor del cacao en este país tiene gran importancia social y económica, cuenta con un área de 60.387 hectáreas que involucran alrededor de 150.000 familias de productores (Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2018). La combinación de estos factores en ausencia de políticas de fomento o ayuda en la producción, han

conllevado a una situación de riesgo en el Ministerio de Agricultura y Ganadería una política pública para la reactivación del sector que se viene implementando desde 2011.

Los chefs y principales chocolateros del mundo tienen un gran aprecio por el cacao del Ecuador reconociéndolo como su favorito debido a sus características y a su único e incomparable sabor y aroma. El mercado del chocolate fino a nivel global comprende y apetece a los chocolates oscuros con un alto contenido de cacao más sus coberturas, por ende, el cacao ecuatoriano ha logrado alcanzar un crecimiento del 35% al año como lo predijo el GIZ desde el 2010 y ha coincidido en la reactivación de mercados de cacao especiales como orgánico, comercio y precio justo, rain forest alliance y cacao de origen-calidad (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2015).

2.2. ECOFISIOLOGÍA DEL CACAO

2.2.1. DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Teobroma cacao pertenece a la familia Malvaceae, siendo la especie del género *Teobroma* más reutilizada durante siglos comercialmente para elaborar chocolate y derivados. Se conoce que *Teobroma cacao* se distribuye desde México hasta el Amazonas en una gran diversidad de ambientes que ha propiciado una alta cantidad de cultivares, conllevando a la adaptación y domesticación a condiciones climáticas variadas. Esto ha permitido que podamos tener una diversidad de cultivares con respuesta y tolerancia a variaciones microclimáticas (Jaimez et al., 2008).

2.2.2. CICLO DE VIDA DE UNA PLANTA DE CACAO DE ACUERDO A SU ECOFISIOLOGÍA

El ciclo biológico del cacao dura más de cien años; sin embargo, su vida económica útil no pasa de 40. No existe una curva de rendimiento-edad del cultivo de cacao. No se conoce una curva rendimiento/edad del cacao que pueda ser aplicada a las diversas regiones cacaoteras existentes en el mundo. Determinándose que la forma particular de la curva de rendimiento

vs edad del cacao depende de la calidad de sitio (suelo, clima y biología local), germoplasma, manejo y contextos socioeconómicos, como la fluctuación del precio. A pesar de esta variabilidad, es posible evaluar la evolución de la curva general del rendimiento de la planta de cacao con la edad y su producción de frutos la cual inicia entre los 2 y 4 años, detallando que el rendimiento por planta aumenta cada ocho años o 10, se estabiliza entre los 11 y 15 y se mantiene en promedio desde los 16 hasta los 30-35 años, empezando declinar moderadamente entre los 36 y 45 años y y luego lo hace más rápido entre los 46 a 60 años de edad. (Orozco & López, 2016).

2.2.3. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

El factor temperatura es de vital importancia por la relación directa que posee con la floración, fructificación y desarrollo en general del cultivo de cacao. La temperatura media anual optima oscila entre los 25°C (max 32°C y min 23°C). Las temperaturas bajas influyen en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo del fruto y el grado de intensidad de floración (menor intensidad). Por ende este factor controla la actividad de las raíces y brotes de la planta. A su vez la luz es otro factor ambiental de importancia en el desarrollo del cacao especial en el proceso de fotosíntesis, la cual sucede a baja intensidad aun cuando la planta está en plena exposición solar la cual ocurre a baja intensidad aun cuando la planta está en plena exposición solar (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú [MINAGRI], 2012).

2.2.2.1. LATITUD Y ALTITUD

Menciona García (2014), que las zonas tropicales, donde se brindan las condiciones adecuadas para el cultivo de cacao se ubican a los 20° Latitud Norte y 20°. Las áreas que se encuentran continuas a Ecuador son propicias para los cultivares de cacao ya que se desarrollan y producen normalmente hasta altitudes de 1.400msnm. En cuanto, a Centro América que se encuentra a mayor latitud (mas lejos de la línea ecuatorial), los cultivares de cacao solo se desarrollan hasta los 900msnm, en zonas de vida (Bosque húmedo tropical) y (Bosque húmedo subtropical). Detallando que por encima de ese límite se afecta

la capacidad productiva y de adaptación, lo cual se refleja en reducción del rendimiento y desarrollo.

2.2.2.2. PRECIPITACIÓN

La planta de cacao es sensible a la escasez de agua, pero también al encharcamiento que generalmente se da en suelos que no están desprovistos de drenaje. Describe Mazariegos (2012), que un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo. Las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos. Una cantidad de lluvia que pase de los 2500 mm es probable que conduzca a que se presenten mayores problemas con enfermedades fungosas como la mazorca negra, monilla y escoba de bruja.

El autor anterior detalla también que al tratarse de zonas tropicales y con elevada pluviometría el aporte de agua procedente de la lluvia es suficiente para satisfacer las demandas hídricas del cultivo. Como se ha detallado, la zona no existe exceso de agua es necesario manejar sistemas de drenaje para evitar el anegamiento del cultivo y en zonas con menores precipitaciones es necesario utilizar porcentajes de sombreados adecuados para evitar la pérdida excesiva de la humedad del suelo.

2.2.2.3. VIENTO

Las altas temperaturas en compañía de la radiación solar y el viento determinan la velocidad de la evapotranspiración del agua en las plantas y superficie del suelo. Los vientos presentan como efecto primordial la caída prematura de hojas y como consecuencia una gran pérdida de agua por daño mecánico. En zonas donde la velocidad del viento es de 14 y 15 km/h y con deficiente protección de sombra y ausencia de barreras rompevientos, se suele observar una gran deflación. Es necesario evitar este efecto nocivo para la planta, en las zonas cacaoteras con frecuencia de vientos fuertes por ende es recomendable usar cortinas rompe vientos, por lo que es necesario sembrar árboles en hileras

alrededor de la plantación. Así se disminuye la velocidad del viento y se evitan daños por defoliación y caída de ramas (Suárez et al., 2015).

2.2.3. CACAO BAJO CONDICIONES DE SOMBRA

Comúnmente el cultivo de cacao se da bajo sombra en sotobosque, en condiciones de reducida luminosidad; especialmente jóvenes que requieren densidades bajas de flujo fotónico (DFF) para reducir el déficit hídrico y de nutrimentos que ocurre a plena exposición solar. Aquellas plantas que se encuentran en sotobosque y bosques tropicales generalmente reciben DFF entre 5 y 25 mol μ m⁻² s⁻¹, lo cual se traduce en 1-2% de la DFF. Por lo general se ha reportado que el cultivo de cacao es de sombra y es incapaz de adaptarse a una elevada DFF; pero, sin embargo, se conoce que existen árboles de cacao cultivados exitosamente en plena exposición solar en Ecuador, Brasil y en ciertos países africanos (Ghana y Costa de Marfil). Por ende, se recomienda una sombra del 60% de la DFF en cultivos de cacao, a pesar de que no se conozca un acuerdo universal sobre la DFF necesaria para lograr maximizar la producción del cultivo de cacao (Tezara et al., 2015).

2.2.4. EFECTO DE LA FOTOSÍNTESIS SOBRE EL CULTIVO DE CACAO

Los contenidos de pigmentos fotosintéticos presentes por unidad de hojas, es el indicador principal de la capacidad fotosintética de las plantas, el cual se representa como una medida de las dimensiones y del sistema fotosintético y por ende eficiencia. Este determina la producción de biomasa producida por planta en diferentes condiciones. Mediante los pigmentos fotosintéticos se puede ayudar a identificar el comportamiento y la respuesta de la energía lumínica y en base al intercambio gaseoso, agua y nutrientes durante el ciclo desarrollo de la planta y así permitiendo diseñar y estructurar sistemas agroforestales eficientes. Un dato relevante es que el cacao tiene poca tolerancia a las altas radiaciones, por lo cual se ha logrado estimar que el tiempo de vida promedio de las hojas entre 450 y 250 días en aquellas plantas que se encuentran bajo sombra y aquellas expuestas directamente a radiación solar, respectivamente (Jaimez et

al., 2008).

2.3. NECESIDADES HÍDRICAS

Leiva et al. (2017) indican que el agua requerida, se define como la cantidad de este recurso el cual es necesario para que los cultivos formen biomasa y puedan satisfacer la tasa de evotranspiración, y a su vez puedan crecer y efectuar sus procesos fisiológicos. Denominando que la evotranspiración (ET) es la unión o combinación de dos procesos mediante los cuales el agua se pierde en la superficie del suelo debido a la evaporación y la transpiración de los cultivos. En cuanto a las diversas zonas productoras de cacao del mundo, no se conoce información sobre el consumo total de agua de este cultivo y las propiedades físicas de dichos suelos que asocian a la dinámica hídrica.

Los autores anteriores siguen mencionando que el cacao requiere de un constante aporte hídrico para poder sostener sus diversos procesos fisiológicos y lograr asegurar la productividad del cultivo. Esto se debe a que el cacao es sensible a la carencia de humedad manifestando una marchitez provocando que en casos extremos que la planta se torne seca secamiento y pierda totalmente sus hojas. Generalmente, en los países que producen volúmenes altos de este grano, poseen precipitaciones de 1500 mm y presentan pocos meses secos. La poca disponibilidad de agua en el suelo y en la planta, retrasan los procesos de crecimiento y la producción y con déficit hídrico el ritmo de respiración aumenta para mantener el metabolismo, aun así, el cultivo sobrevive; pero la productividad pierde significado en la actividad agrícola y económica.

Orozco y López (2016), reportan que una planta de cacao en edad productiva (\geq 5 años) necesita de 4-6 mm de agua/día. De allí se asume que el valor promedio es de 5 mm/ día, para lograr que una planta cacao crezca y produzca sin limitaciones ya que requiere por lo mínimo 1825 mm de agua al año.

2.3.1. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

La productividad de agua ha sido un término utilizado desde la década anterior

del siglo pasado y su definición como producción de agua es útil, cuando se compara en diferentes partes del sistema de riego ya sea por aspersión, goteo u a su vez de una cuenca y también cuando se compara la productividad del agua en la agricultura con varios usos posibles de esta. En lo referente al valor de la productividad del agua en un mismo cultivo siempre es variable y puede ser un factor limitante del rendimiento, ya que puede variar en base a la función de la adaptación del cultivo y a la zona donde se desarrolla, en base a la productividad del suelo y niveles de aplicación de fertilizantes (González et al., 2015).

El agua es uno de los recursos que cada vez, se vuelve más escasos y a su vez más caro, por lo que es necesario establecer un precio o costo para lograr optimizar su uso y eficiencia global el cual es es de 48%, cuyas tarifas por concepto de agua no permiten incentivar su uso en las parcelas, y esta no tiene relación con la demanda de los diferentes cultivos. (Cruz et al., 2013).

Considerando a la productividad del agua como una unidad monetaria por superficie de suelo regada y productividad de tierra como unidad monetaria de metro cuadrado por metro cubico de agua de riego consumida por la productividad del agua a su vez considerándola como indicador, que ha sido utilizado en la economía agrícola para justificar términos económicos. De allí, este indicador ha logrado justificar la existencia y potenciación del regadío en ya zonas determinadas, o por lo contrario, ha sido un argumento distractor par no justificar la inversión y mantenimiento que conlleva a la supuesta marcha de nuevos regios (Garrido et al., 2014).

2.3.2. RIEGO DEFICITARIO

RCD conocido como riego deficitario controlado, es una de las estrategias de manejo utilizada actualmente la cual consiste en aplicar agua en base a las etapas fenológicas del cultivo. Como resultado, las diferentes condiciones del manejo de riego pueden producir cambios importantes en la producción, como la calidad de fruta y una disminución del volumen de agua aplicado. Un buen manejo del estado hídrico durante el desarrollo permite elevar la producción, calidad, la eficiencia del recurso hídrico (agua), eficiencia en el ahorro de energía

y rentabilidad (Lagos et al., 2017). De allí, se considera al riego deficitario como una nueva y practica herramienta alternativa que permite un uso racional del agua aplicada, con el mínimo impacto en la producción de los cultivos (Rodríguez et al., 2014).

El riego deficitario controlado (RDC), puede llegar a ser útil cuando es moderado por un periodo específico durante el crecimiento del fruto, porque permite causar un estrés y a su vez puede provocar cambios favorables en la calidad del fruto. La aplicación de RDC también puede disminuir la producción, comparado con el riego tradicional, pero mejora la calidad de los productos obtenidos. El riego deficitario controlado RDC, necesita de un conocimiento preciso en base a la respuesta del cultivo al estrés hídrico y tolerancia a la sequía que siempre varían en función del genotipo y la etapa fenológica. En el sistema RDC se requiere diseñar estrategias exitosas desde la perspectiva de desarrollo y optimización, se deben combinar con la modulación de la productividad agraria y la investigación científica de campo. (Lagos et al., 2017).

2.3.3. HUELLA HÍDRICA

Manifiesta Tolón et al. (2013), que la definición de la huella hídrica (HH), fue desarrollado por Chapagain y Hoekstra en el año 2008, con el objetivo de incentivar a un uso eficiente y sostenible del agua mediante la planificación y gestión de los recursos hídricos. Esta a su vez se define como el volumen de agua dulce que es utilizada con la finalidad de producir algún producto y se clasifica en tres componentes agua azul, verde y gris.

2.3.3.1. AGUA AZUL

Describe Jiménez (2016), que el agua azul es aquella que se halla en las fuentes o cuerpos de agua superficial ya sean ríos, lagos, esteros entre otros. Describiendo que el consumo de agua superficial y subterránea de una determinada cuenca, se entiende como extracción básicamente se puede decir que si el agua utilizada regresa intacta al mismo lugar de que se la tomo en un tiempo determinado y no se toma en cuenta como HH.

2.3.3.2. AGUA VERDE

El autor anterior también comenta que el agua verde hace referencia al agua de lluvia acumulada en el suelo como humedad, siempre y cuando no se convierta en escorrentía. Igualmente, la huella hídrica verde se agrupa en el uso de agua de lluvia, específicamente en el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal.

2.3.3.3. AGUA GRIS

El AgroDer (2012) detalla que a lo que se denomina agua gris, se lo conoce como toda agua contaminada por un proceso equis. Esta sin embargo, no es el principal indicador de la cantidad de agua contaminada, si no de la cantidad de agua dulce que se necesita para asemejar la carga de contaminantes dados en las concentraciones naturales y estándares de calidad de agua modernos.

La sumatoria del agua verde, azul y gris es básicamente el producto o servicio para a obtención o elaboración de la huella hídrica.

2.3.3.4. HUELLA HÍDRICA DE UN CULTIVO

Es el el producto del volumen de agua utilizada en un cultivo específico expresado en $m^3 \cdot ha^{-1}$ y dividido por el rendimiento en $t \cdot ha^{-1}$. El uso de esta depende del cultivo, por un lado de la necesidad de agua y por otro la cantidad de agua disponible en el suelo. De allí, la expresión que un cultivo primario se transforma en un producto como por ejemplo (cacao procesado en chocolate), por ende la huella hídrica es el producto que se ha transformado y se lo calcula fraccionando la huella hídrica de los productos primarios es decir (el tonelaje de un producto vegetal). La transformación de cultivo primario de transforma en dos productos diferentes por ejemplo (algodón procesado como textil y como aceite), por eso es necesario compartir la huella hídrica del cultivo principal entre sus dos productos, en proporciones al valor de los mismos (Vázquez del Mercado & Buenfil, 2012).

2.3.4. LÁMINA DE AGUA O RIEGO

Se considera lámina de agua (L) a la forma de expresión con mucha utilidad la no depende del área. La unidad de medida más empleada para la expresión de la misma son los mm, lo cual equivale al volumen de 1 litro de agua distribuido en una superficie de un metro cuadrado (Gil, 2014).

2.3.4.1. DETERMINACIÓN DE LA LÁMINA DE RIEGO

Describe Delgado (2012), que existen diferentes aproximaciones con las cuales se puede determinar los requerimientos hídricos de los diferentes cultivos regados por métodos de riego más eficientes como aspersión y goteo. Para ello describe a continuación la determinación de la lámina bruta y frecuencia como aproximaciones más utilizadas.

- La lámina bruta (Lb) es el suministro de agua, la cual incluye las necesidades hídricas del cultivo requerido por el cultivo, ya que toda el agua se suele perder por escorrentía, evaporación, arrastre del viento, entre otros. Básicamente se describe a la lámina bruta como la lámina neta afectada por la eficiencia de riego y a su vez tomando en cuenta la frecuencia de riego.
- La frecuencia (Fr) se describe como el número de días que hay entre dos riegos sucesivos, es decir, el número de días que el cultivo a través de la evotranspiración, demora en consumir el agua del suelo neta.

2.4. NECESIDADES NUTRICIONALES DEL CULTIVO DE CACAO

Según Leiva (2012), las necesidades nutricionales que requiere el cultivo de cacao se basan de acuerdo a su estado de desarrollo, ya sea en etapa de crecimiento, floración y producción. Describiendo que las plantas de cacao del suelo absorben varios elementos nutritivos en cantidades específicas y es necesario que estas se mantengan balanceadas para facilitar su absorción. En base al requerimiento de la demanda estos nutrimentos se clasifican en macro elementos tales como N, P, K; elementos macro secundarios Ca, Mg, S; y

microelementos como Mn, Cu, Zn, Fe, Mo y B. Se detalla que todos son igualmente esenciales para el metabolismo y desarrollo sin importar la cantidad que requiera la planta.

El cultivo de cacao expresa su potencial de producción el cual está regulado en base a la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, además, de poder ser afectado por factores climáticos y edáficos. Los nutrientes requeridos para la producción de biomasa incluyen la cantidad de minerales que son extraídos por la planta durante su crecimiento vegetativo y los exportados en la cosecha (Leiva & Ramírez, 2017).

2.4.1. CANTIDAD DE NUTRIENTES EXTRAÍDOS DEL SUELO

Paspuel (2018), dice que la cantidad de nutrimentos extraídos en kilogramos, para producir una cosecha de 1000 kg de cacao seco por ha/año son: Nitrógeno 31-40 Kg, Fósforo 5-6 Kg, Potasio 54-86 Kg, Calcio 5-8 Kg y Magnesio 5-7 Kg. Es necesario tener en cuenta que hay que devolver al suelo la cantidad de nutrientes extraídos por planta y considerar que los fertilizantes suelen perderse por su solubilidad o lavado, absorción de microorganismos y que de todo lo extraído por la planta no va a formar parte de grano, de acuerdo a investigaciones se han obtenido rendimientos superiores a 1.000 kg de cacao seco/ha con aplicaciones de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo, 90 y potasio 200. En Ecuador se recomienda para plantaciones en producción: 50 g de N, 50 g de $P_2 O_5$ y 50 g de $K_2 O$ por planta/año. Las dosis de fertilizantes requeridas y aplicadas al cultivo, varían en base a la edad de la planta y las condiciones del suelo, por lo que es recomendable basarse en un análisis de laboratorio.

2.4.2. FUNCIÓN DE LOS NUTRIENTES EN LA PLANTA DE CACAO

Manifiesta Sarango (2009), que el cacao como todo cultivo requiere para desarrollarse y reproducir de suelos fértiles, un suelo fértil además de un aspecto deseable debe tener una buena constitución química, la que está dada por elementos nutricionales como Nitrógeno, Fósforo, Potasio y otros elementos importantes que intervienen en el metabolismo de la planta, los cuales se

describen a continuación:

- **El Nitrógeno.-** es el elemento primordial de todos los aminoácidos, ayuda al desarrollo de órganos vegetativos de la planta, procede como regulador ante el Fósforo y el Potasio y reduce el marchitamiento de frutos jóvenes.
- **El Fósforo.-** es significativo en el desarrollo de las raíces, nivela la absorción del nitrógeno por la planta, provoca que la actividad de las bacterias nitrificantes ayuden a la floración y fructificación.
- **El Potasio.-** crea firmeza y da vigor a la planta, fortificando su sistema radicular y ayudando a la formación y desarrollo de las almendras.
- **El Azufre.-** elemento necesario para las proteínas y para la estructuración de las paredes celulares, el **Calcio** es el principal constituyente. En el proceso de fabricación de enzimas participan activamente el **Zinc**, **Manganeso** y **Molibdeno** que son útiles para la rapidez de procesos químicos y bioquímicos vitales en el funcionamiento de las plantas.
- Para la creación de la molécula de clorofila el **Magnesio** es muy importante para que ocurra la captura de la energía lumínica que es el motor de la fotosíntesis. En la polinización y fecundación de las flores el **Boro** ayuda en el crecimiento del tubo polínico necesario para fecundación del óvulo y formación de las almendras de cacao.

2.5. EXPERIENCIAS EN RIEGO Y NUTRICIÓN DEL CACAO

López y Saldarriaga (2018), reportan que los tratamientos de fertilización que aplicaron fueron mezclas de N (250, 350 y 450 kg ha⁻¹ año⁻¹), S (50, 100 y 150 kg ha⁻¹ año⁻¹), microelementos (25, 50 y 75 kg ha⁻¹ año⁻¹) y fitorreguladores (0.5, 1.0 y 1.5 L por aplicación) que se aplicaron en cada uno de los picos de floración y fructificación que posee el cultivo de cacao. Además, se agregó un tratamiento NPK y un testigo absoluto. Las principales variables evaluadas fueron rendimiento y beneficio económico neto. El análisis de datos se realizó en base a un análisis de varianza, la separación de medias con Tukey 5% y la combinación óptima de fertilización se consiguió a través de análisis regular de taguchi L₉(3)⁴. Los resultados que se consiguieron mediante la predicción de

respuesta máxima de taguchi demostraron que el mayor rendimiento ($54 \text{ qq ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y beneficio económico neto ($2507 \text{ USD ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) fue alcanzado por la mezcla de 450 kg de N , 100 kg de S , $25 \text{ kg de micronutrientes}$ y 0.5 L ha^{-1} de fitorregulador.

Solórzano (2017) comparte que, uso fertilizantes foliar y radicular en los tratamientos que evaluó y demostró que al ubicar cantidades exorbitantes de fertilizantes como es el caso del tratamiento 5 ($300\% + \text{Leonardita}$), no logro obtener una mayor producción y como resultado dio una ganancia nítida de U\$ 2.950 estando igual en producción con otros tratamientos de menor costo. Y logro demostró que al usar otro tipo de fertilización como, la Leonardita se puede conseguir una producción con mejores beneficios a bajo costo, gozando de una ganancia neta anual de U\$ 3.330/ha con un costo de producción de U\$ 150, esto se debe a que la Leonardita incita la planta a extraer todos los macros y microelementos disponibles, pero sin dejar de proveer nutricionalmente el suelo.

El mismo autor mencionado anteriormente sigue detallando que el área de producción evaluada mostro dos tipos de errores experimentales como lo son variabilidad genética y uniformidad. Puntualizando que en presente trabajo se pudo observar que en el tratamiento 3 y 5 donde se empleó dosis de fertilizantes radicular y foliar, pero su beneficio no fue lo estimado, tomando en cuenta la edad de las plantaciones y anteriores cosechas se pudo proporcionar resultados de las plantas que pasaron la etapa productiva. Basándose en los resultados obtenidos demuestran que con el uso del producto comercial Leonardita se logra una eficiencia similar en cuanto a la producción de semillas de cacao al ser comparados con los demás tratamientos con fertilizantes químicos; lo cual propone su uso como opción agrícola para el cultivo de cacao.

Ávila (2014), describe que, con una fertilización adecuada, el cultivo de cacao Nacional, incrementa los niveles de productividad y disminuye la incidencia de enfermedades. Además, realizó la aplicación de los diversos tratamientos los cuales incluyen varios niveles de N, P_2O_5 , K_2O , S, Mg y microelementos, así como las aplicaciones de fertilizantes foliares a base de Cu, Zn, B, Mn. Se halló

una gran discrepancia en la fertilización sobre el crecimiento de las plantas de cacao. La fertilización del T5 con dosis de 129 N; 52 P₂O₅; 135 K₂O; 66 S, Mg y 100 E.M kg ha⁻¹ incitó un mayor diámetro del tallo y la longitud de ramas. De igual manera se ha logrado demostrar que estas características agronómicas tuvieron una influencia positiva sobre el número de flores formadas. También, se ha demostrado en las evaluaciones realizadas hasta el momento que algunos elementos como el fósforo y los microelementos han presentado la tendencia a disminuir el número de ramas con presencia de escoba de bruja. En cuanto a la absorción de elementos mayores y elementos menores se estableció que la absorción de estos elementos hasta los 16 meses de crecimiento adquiriría un orden de N, K, Mg, P y S para los macronutrientes. Para el caso de micronutrientes fue de Mn, Fe, Zn, B y Cu.

Romero y Proaño (2015), determinaron que con la aplicación de riego por goteo utilizando laminas del el 80% programadas, se puede alcanzar rendimientos más altos y rentables y no se produce deterioro en la producción anual por hectárea. Además, con el beneficio del cacao CCN51 por el método del pre-secado se logra adquirir un cacao de mayor calidad similar a la del cacao Nacional en cuanto a constitución física y química más no en el aroma.

Pachón et al. (2014), menciona que el coeficiente de uniformidad promedio que se presenta o muestra más eficaz en los sistemas para el uso de agua en cultivo de cacao es de riego por goteo con un coeficiente de uniformidad de 97,315 y continuo el riego por microaspersión con un coeficiente de uniformidad de 96,42% y por último y no muy distante el riego con micromanguera con un coeficiente de uniformidad de 85,06% los dos primeros sistemas idóneos con una uniformidad excelente y el ultimo con tipo de uniformidad buena, lo que sitúa como una opción viable para resolver problemas relacionados déficit hídrico en cultivos de cacao a más bajo costo en comparación con los otros sistemas de riego como goteo y microaspersión.

Tandazo et al. (2018), describen que realizaron un estudio en base al manejo del sistema de riego por aspersión subfoliar en lotes de cultivo de cacao, donde se

planteó como objetivo principal valorar su comportamiento hidráulico del sistema. Para ello estudiaron tres diferentes presiones de trabajo de los aspersores en cinco módulos del sistema. Los parámetros que se estudiaron fueron: presiones al inicio y final de los laterales de riego, caudales en esos mismos sitios, uniformidad de distribución, área regada adecuadamente y el coeficiente de uniformidad de Christiansen. Los resultados obtenidos detallaron que coexiste una variación de presión y caudal por encima de lo teórico 20% a 10%. Y se logró evidenciar que altos coeficientes de uniformidad no representan la mayor área regada eficientemente. En cuanto a las diferentes presiones de trabajo evaluadas en los aspersores lograron alcanzar altos coeficientes de uniformidad del riego, no obstante, si lo que se desea maximizar el área regada se debe operar a 275,79 KPa.

CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en la unidad de docencia, investigación y vinculación de Cacao del Campus Politécnico de la ESPAM-MFL, ubicado en el sitio El Limón perteneciente al cantón Bolívar, Manabí. Posicionado geográficamente en las coordenadas 0° 49' latitud sur y 80° 10' latitud oeste, a una altitud de 15 msnm

3.2. DURACIÓN

Este ensayo se la implemento desde agosto del 2019 hasta julio del 2020, con una duración de 12 meses.

3.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En el campus politécnico el Limón se tiene las siguientes características climáticas como promedio de enero del 2011 a junio del 2018.

Precipitación anual:	986.19 mm
Temperatura máxima:	30.67 °C
Temperatura mínima	21.87 °C
Humedad relativa:	82.23%
Heliofanía:	1043.96 h/sol/año

3.4. MATERIAL VEGETAL

Para el experimento se utilizó un lote de cacao Nacional de ocho años de edad establecido como policlon, con los materiales EET-103, EET-575 y EET-576, los mismos que se encuentran sembrados a una densidad de 1111 plantas ha⁻¹.

3.5. FACTORES EN ESTUDIO

3.5.1. FACTOR A (LAMINAS DE RIEGO)

- 80% de la $E_t/a/ET_m$
- 100% de la $E_t/a/ET_m$

3.5.2. FACTOR B (PLANES DE FERTILIZACIÓN)

- Fertilización edáfica completa + aplicación foliar de bioestimulantes
- Fertilización edáfica NPK
- Fertilización edáfica orgánica + aplicación foliar de bioestimulantes

3.5.3. TESTIGO

- Sin fertilización y sin riego
- Sin fertilización + 100% de la $E_t/a/ET_m$

3.6. TRATAMIENTOS

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	COMBINACIONES
1	R1F1	80% $E_t/a/ET_m$ + Fertilización edáfica completa + aplicación foliar de bioestimulantes
2	R1F2	80% de la $E_t/a/ET_m$ + Fertilización edáfica NPK
3	R1F3	80% de la $E_t/a/ET_m$ + Fertilización edáfica orgánica + aplicación foliar de bioestimulantes
4	R2F1	100% de la $E_t/a/ET_m$ + Fertilización edáfica completa + aplicación foliar de bioestimulantes
5	R2F2	100% de la $E_t/a/ET_m$ + Fertilización edáfica NPK
6	R2F3	100% de la $E_t/a/ET_m$ + Fertilización edáfica orgánica + aplicación foliar de bioestimulantes
7	TESTIGO 1	Sin fertilización y sin riego
8	TESTIGO 2	Sin fertilización + 100% de la $E_t/a/ET_m$

3.7. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Para el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + 2 con ocho tratamientos y tres repeticiones en donde se bloqueó los clone de cacao ya que el lote está establecido como policlón, el experimento se distribuyó con un total de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada de una parcela de 28 plantas, donde el registro de datos se realizó en las diez plantas centrales. En el anexo 1 se presenta el esquema de campo.

A continuación, se detalla el esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	7
Láminas de riego	1
Planes de fertilización	2
L x P	2
Testigos vs Tratamientos	2
Bloques	2
Error experimental	14
Total	23

3.8. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos se efectuó a través de estadística descriptiva, análisis de varianza (ANOVA), y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

3.9. VARIABLES RESPUESTA

3.9.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

- **Número de frutos enfermos**

Se ejecutó contabilizando el número de frutos enfermos por planta en cada

parcela, este dato se registró cada mes, en las 10 plantas centrales de cada unidad experimental.

- **Número de frutos chereles**

Se lo determino contabilizando el número de frutos chereles o marchitos por planta en cada parcela, en donde el registro de datos se efectuó cada mes en las 10 plantas centrales de cada unidad experimental.

- **Número de frutos sanos**

Se realizó contabilizando el número de frutos sanos por planta en cada parcela, en donde el registro de datos se efectuó cada mes en las 10 plantas centrales de cada unidad experimental.

- **Rendimiento de cacao seco**

Esta variable se la registro con cada cosecha el cual se la realizo cada mes recolectando frutos sanos en cada planta y tratamiento. El peso fresco del cacao se transformó mediante constante (100 – 40) con 7% de humedad. Este resultado por simple regla de tres fue llevado a hectárea para obtener el rendimiento de cacao seco $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

- **Eficiencia Agronómica de la fertilización**

Esta variable responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento adicional se puede producir por cada kg de fertilizante aplicado? La cual se determinó con la fórmula propuesta por Baligar et al. (2001).

EA_F = kg de incremento en grano por kg^{-1} de fertilizante aplicado

$$\text{EA}_F = [(\text{RG}_{+F} - \text{RG}_{0F})/\text{FA}]$$

Donde:

RG_{+F} = es el rendimiento en grano con aplicación de fertilizantes

RG_{0F} = es el rendimiento en grano sin aplicación de fertilizantes

FA = cantidad de fertilizante aplicado

- **Índice SPAD**

El índice de SPAD se tomó mediante el uso de un medidor de clorofila (Konica Minolta), cada 15 días donde se tomaron dos plantas por unidad experimental donde a cada planta se le seleccionaron tres hojas sanas fotosintéticamente activas al azar del torso medio para su evaluación.

3.9.2. VARIABLES HÍDRICAS

- **Productividad del agua**

La productividad del agua en los cultivos (WP) se define como la cosecha producida por unidad de agua consumida en la producción (t/m³, kg/m³, kg/mm). La (WP) se obtuvo mediante la relación entre el peso del grano cosechado y el volumen de agua de riego aplicado expresada en kg m⁻³. El volumen aplicado se calculó mediante el producto de la sumatoria de horas de riego y el caudal que eroga el sistema descrito precedentemente, a continuación, se describe la fórmula propuesta por Gonzales et al, (2010).

$$WP_I \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{R(kg)}{I \left(m^3 \right)}$$

Donde:

WP_I = Productividad del agua (kg/m³)

R = Rendimiento de cacao seco en kg

I = Volumen de agua aplicado (m³)

- **Humedad del suelo**

Esta variable se la ejecuto mediante el método de Reflectometria en el Dominio del Tiempo (TDR), con el cual se obtiene valores del contenido volumétrico de agua en el suelo, se la midió cada ocho días durante la época seca que se aplicó riego

- **Conductancia estomática (g_s)**

La conductancia estomática fue registrada cada 15 días durante la época seca con riego. De cada unidad experimental se escogieron dos plantas al azar, evaluando las hojas del tercio medio de cada planta, para ello se utilizó el equipo porómetro POR001.

3.9.3. VARIABLES FITOSANITARIAS

- **Incidencia de monilla**

Se realizó cada fin de mes durante la cosecha se estimó en porcentajes (%), mediante el conteo de todas las mazorcas infectadas por monilla (*Moniliophthora roreri*) del total cosechados por plantas de la parcela útil, para lo cual se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Incidencia}(\%) = \frac{\text{Número de mazorcas con síntomas y signos}}{\text{Número total de mazorcas colectadas}} \times 100$$

- **Severidad externa**

Esta variable fue evaluada al momento de la cosecha cada fin de mes en donde se escogieron cuatro plantas al azar donde se clasificó las mazorcas de acuerdo al daño externo que presentaron. Para aquello se utilizó la escala de síntomas y la fórmula para el análisis propuesta por Sánchez y González 1989.

Tabla 1: Escala de clasificación de síntomas.

Valor	% de afectación de la mazorca externamente	Clasificación de síntomas
0	0	Fruto sano.
1	1-20	Presencia de puntos aceitosos.
2	21-40	Presencia de tumefacción o madurez prematura.
3	41-60	Presencia de mancha chocolate.
4	61-80	Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha parda.
5	>80	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha chocolate.

Formula de análisis

$$S = \frac{(n * E0) + (n * E1) + (n * E2) + (n * E3) + (n * E4) + (n * E5)}{N}$$

Donde:

S: Severidad

E: Escala propuesta para el grado de enfermedad

n: Número de mazorcas en la escala

N: Total de mazorcas evaluadas

3.10. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de la fertilización y del agua utilizada. Para esto se estimaron los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estuvieron en función de la cantidad de fertilizante aplicado (kg ha⁻¹), cantidad de agua aplicada, número de aplicaciones, costo unitario del fertilizante (US\$ kg⁻¹) costos de agua (m³) y costo de la mano de obra. En el Testigo control, el costo que varía es cero (CqV=0). Con los datos de rendimiento (kg ha⁻¹) y precio unitario del qq de cacao seco (US\$ qq⁻¹) se calcularon los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó el efecto de la aplicación de la fertilización y el riego. Con los datos de costos e ingresos se calcularon los beneficios netos siguiendo la metodología para análisis económicos agrícolas de Duicela y Ponce, 2015.

3.11. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.11.1. CONTROL DE MALEZA

Se efectuó deshierbas manuales con la ayuda de machete en la parte cercana a la planta, cuando esta represento un costo superior al umbral económico.

3.11.2. RIEGO

Para efectuar el riego en los tratamientos, se realizó una programación en base al diseño agronómico para el cultivo de cacao implementando FAO 56, donde se calcularon las láminas de riego a aplicar. El lote del cultivo de cacao está bajo un sistema de riego por aspersión, cada aspensor está a un distanciamiento de 9m

x 9m, con un caudal de 177 L/h, con una presión de 10 psi.

3.11.3. FERTILIZACIÓN

Para establecer los planes de fertilización de esta investigación, se los realizo en base al análisis de suelo reportado por el INIAP Estación Experimental Tropical “Pichelingue” (Anexo 2) de los lotes productivos de la ESPAM-MFL, y a la demanda nutricional del cultivo de cacao.

Continuación se describen los planes de fertilización que se implementaron para los tratamientos:

Plan de fertilización convencional NPK

Fertilizantes	kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Urea	761	350		
Muriato de Potasio	333			200
DAP	130		60	
		350	60	200

Semanas	g/planta		
	Urea	DAP	Muriato de potasio
Agosto	58	59	30
Septiembre	57		30
Octubre	57		24
Noviembre	57		24
Diciembre	57		24
Enero	57	58	24
Febrero	57		24
Marzo	57		24
Abril	57		24
Mayo	57		24
Junio	57		24
Julio	57		24
Total	685	117	300

Plan de fertilización edáfica completa + aplicación foliar de bioestimulantes

Fertilizantes	Cantidad de fertilizantes kg/ha	kg/ha					g/ha	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	MgO	Zn	B
MicroEssentials SZ	150	18	60		15		1500	
Korn Kali	500			200	25	30		1250
Yesolina	333				60			
Urea	722	332						
		350	60	200	100	30	1500	1250

Semanas	g/planta			
	Urea	MicroEssentials SZ	Korn Kali	Yesolina
Agosto	56	68	38	150
Septiembre	54		38	
Octubre	54		38	
Noviembre	54		38	
Diciembre	54		38	
Enero	54	67	38	150
Febrero	54		37	
Marzo	54		37	
Abril	54		37	
Mayo	54		37	
Junio	54		37	
Julio	54		37	
Total	650	135	450	300

- Se realizaron tres aplicaciones foliares consecutivas de fitohormonas + inductor de floración + micronutrientes cada 20 días durante los ciclos de floración-fructificación.

Plan fertilización edáfica orgánica + aplicación foliar de bioestimulantes

Fertilizantes	Cantidad de enmiendas kg/ha	kg/ha				
		N	P2O5	K2O	S	MgO
Compost	2222	78	33	64	10	15
Mashi	444	1	17	2	53	53
		79	50	66	63	68

Semanas	g/planta	
	Compost	Mashi
Agosto	1000	200
Septiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre		
Enero	1000	200
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio		
Julio		
Total	2000	400

- Se realizarán aplicaciones mensuales de Aminoácidos multiminerales + bioestimulantes inductores de floración + Extractos de algas

3.11.4. PODAS DE MANTENIMIENTO Y FITOSANITARIAS

Consistió en la eliminación de ramas muertas y mal ubicadas que forman doble piso, permitiendo mantener una altura adecuada y estructura equilibrada del árbol, facilitando la realización de las otras prácticas, además se eliminaron frutos enfermos con escoba de bruja, moniliasis, mazorca negra y otros problemas fitosanitarios.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE DOS LÁMINAS RIEGO Y TRES PLANES DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CACAO.

4.1.1. Variables agronómicas

La tabla 4.1 evidencia la significancia estadística de la variable agronómica, en donde el factor riego y la interacción riego por fertilización, no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para ningunas de las variables agronómicas, no obstante, el factor fertilización influyo significativamente ($p < 0,05$) sobre las variables número de frutos cherelles, peso de granos fresco (kg), rendimiento de cacao seco en kg/ha/año e índice de clorofila (SPAD).

Así mismo el contraste tratamientos vs testigo 1 (sin riego y sin fertilización) se determinó diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables frutos sanos y enfermos por planta, peso de granos por planta (kg) y rendimiento de cacao seco en kg/ha/año. Por su parte la comparación de los tratamientos vs testigo 2 (solo riego) todas las variables evaluadas muestran diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) menos índice de clorofila (SPAD).

Tabla 4.1 Significancia estadística de las variables agronómicas en el cultivo de cacao nacional en respuesta a dos láminas de riego y tres planes de fertilización en Calceta, Manabí.

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$					
	Frutos sanos por planta	Frutos enfermos por planta	Frutos cherelles por planta	Peso de granos por planta (kg)	Rendimiento de cacao seco	Índice de clorofila (SPAD)
Riego	0,5562 ^{NS}	0,5121 ^{NS}	0,1111 ^{NS}	0,2017 ^{NS}	0,202 ^{NS}	0,213 ^{NS}
Fertilización	0,1066 ^{NS}	0,1126 ^{NS}	0,0112*	0,0339*	0,0338*	0,0447*
Riego x Fertilización	0,7923 ^{NS}	0,2081 ^{NS}	0,114 ^{NS}	0,1082 ^{NS}	0,1091 ^{NS}	0,9901 ^{NS}
Tratamientos vs. Testigo 1	0,0224*	0,0012*	0,1123 ^{NS}	0,0016*	0,0016*	0,7252 ^{NS}
Tratamientos vs. Testigo 2	0,008*	0,0011*	0,0246*	0,0006*	0,0006*	0,9454 ^{NS}
C.V. %	24,32	27,04	20,89	19,71	19,71	7,53

La figura 4.1 indica que los tratamientos que recibieron fertilización y riego obtuvieron mayor número de frutos sanos por planta, con un total de 37 mazorcas en comparación del testigo 1 (sin fertilización y sin riego), el cual

presento menor cantidad de frutos sanos con un promedio de 24 mazorcas, y el testigo dos (solo riego) con un total de 26 mazorcas por planta. En investigaciones realizada por Paspuel (2018), a pesar de la diferencia en los tratamientos con este ensayo, manifiesta que obtuvo un promedio de 39 mazorcas sanas por planta con una fertilización combinada inorgánica- orgánica y un total de 20 mazorcas con un testigo absoluto sin fertilización. Y de acuerdo a Pinargote (2015), los resultados se muestran diferentes debido a que probó una fertilización convencional 10-30-10 en cacao CCN-51 sabiéndose que este material genético es superior en producción a los clones nacionales obteniendo un total de 64 mazorcas sanas por plantas.

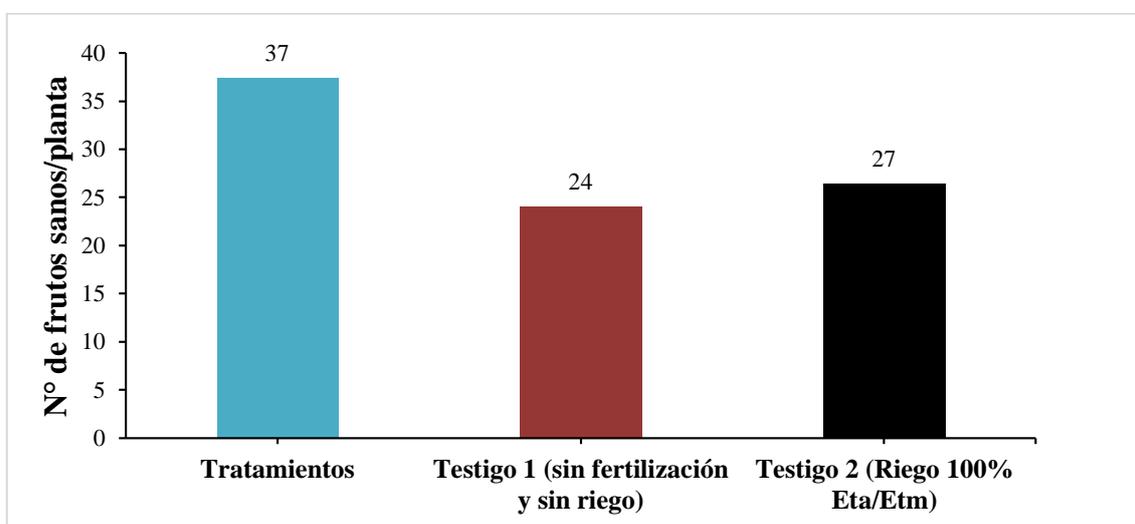


Figura 4.1 N° de frutos sanos/planta. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).

La figura 4.2 representa los promedios referentes al número de frutos enfermos por planta, donde se observa que los tratamientos que recibieron fertilización y riego reportaron un total de 15 mazorcas, a diferencia del testigo uno (sin fertilización y sin riego) con cinco mazorcas, y el testigo dos (con riego) aproximadamente 10 mazorcas enfermas.

Estos datos concuerdan con los expuestos por López y Saldarriaga (2018), quienes probaron la influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores en dosis altas, medias y bajas, detallando que obtuvieron 18 mazorcas enfermas por planta con las dosis altas y 15 mazorcas con dosis bajas.

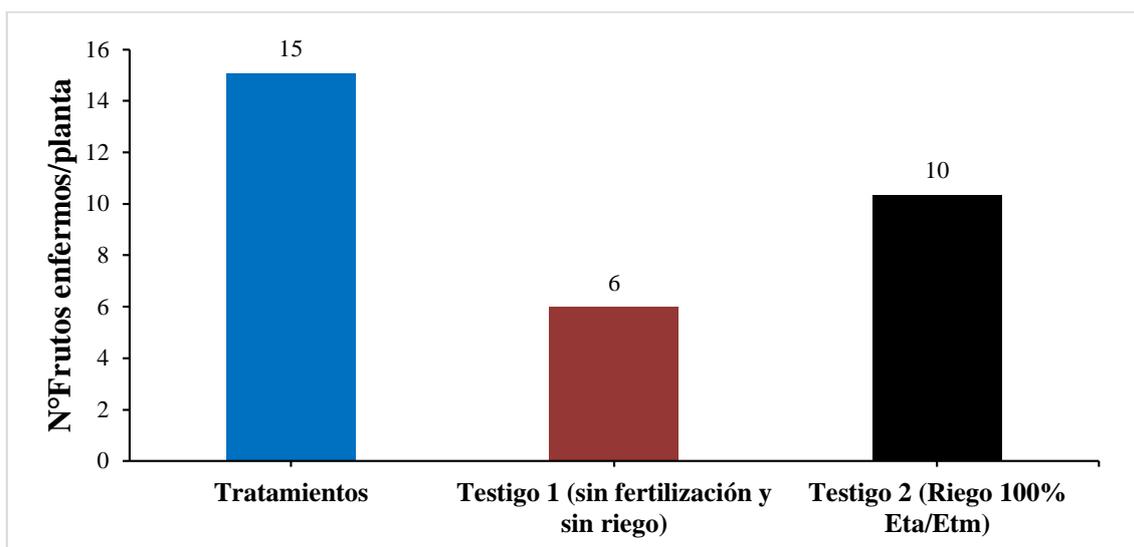


Figura 4.2 N° de frutos enfermos/planta. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETA/ETm).

La figura 4.3 muestra que los tratamientos con aplicación de fertilización y riego, presentaron mayor número de frutos cherelles por planta con un total de 55, en comparación del testigo uno (sin fertilización y sin riego) el cual reportó un promedio de 44 frutos cherelles y evidenciándose que en el testigo dos (solo riego) se presentó menor números de frutos cherelles con un total de 41.

Estos datos similares a los expuestos por Cedeño y Vera (2017), quienes probaron la influencia de varios niveles de nitrógeno, azufre, micronutrientes y fitorreguladores en dosis altas, medias y bajas, detallando que obtuvieron 60 y 43 frutos cherelles por planta con las dosis altas y medias respectivamente.

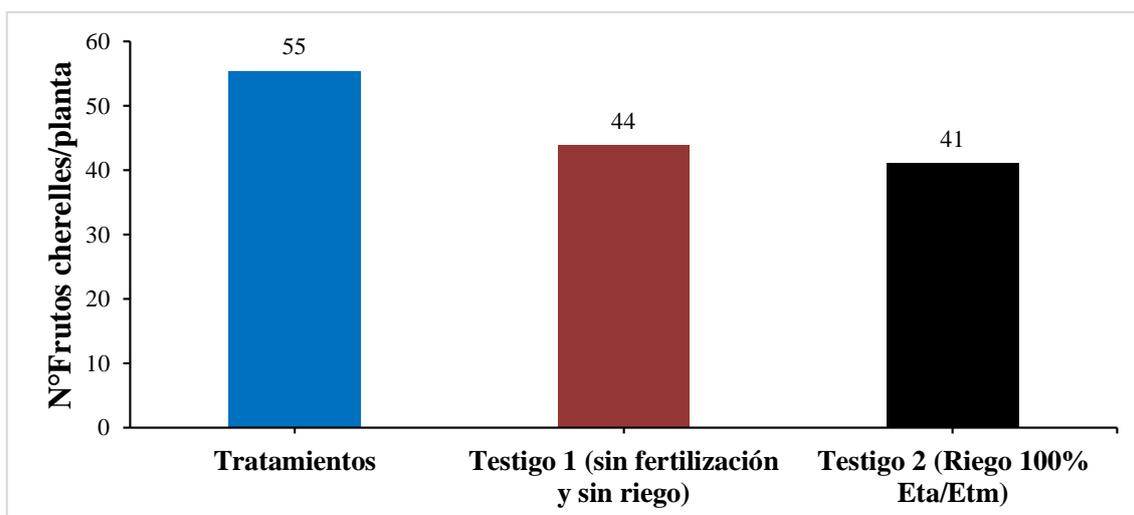


Figura 4.3. N° de frutos cherelle/planta. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETA/ETm).

Por otra parte, en la variable peso de cacao fresco/planta (kg), los tratamientos que recibieron fertilización y riego alcanzaron aproximadamente 4,66 kg de cacao fresco/planta, además evidenciando que el testigo uno (sin fertilización y sin riego), presenta el menor peso de cacao fresco/planta con 2,63kg y manteniéndose en el punto intermedio el testigo dos (solo riego) con aproximadamente 3,23kg de cacao fresco/planta (Figura 4.4).

Estos resultados se muestran superiores a los expresados por Briones (2018), quien probó un abonamiento a base de N y K demostrando que con una dosis de 200 N y 300 K obtuvo un promedio de 2,67 kg de cacao fresco/planta, en comparación de un testigo control que experimento un promedio de 0,8867kg de cacao fresco/planta.

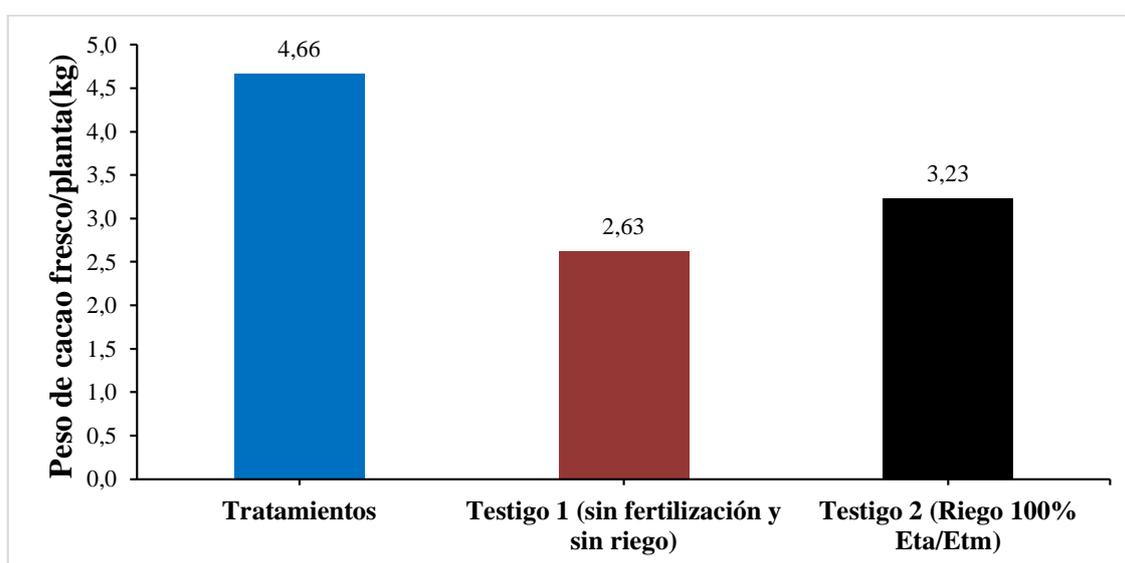


Figura 4.4 Peso de cacao fresco/planta (kg). Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).

Para la variable de rendimiento de cacao seco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) indica que los tratamientos a base fertilización y riego se puede obtener aproximadamente $2072,47 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cacao seco a diferencia del testigo uno (sin fertilización y sin riego) se puede alcanzar $1168,09 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cacao seco y con solamente riego se logra $1435,76 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cacao seco (Figura 4.5).

Los resultados se muestran superiores a los compartidos por Alcívar y Loor (2016), quienes utilizaron una fertilización química formulada (354 g de urea + 116 g 10-30-10) obteniendo $441,91 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cacao seco, además de fertilización química convencional (300 g de 10-30-10) logrando obtener $906,53 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cacao seco y también una fertilización orgánica (400 g de Biogrowth)

alcanzando 716,45 kg.ha⁻¹.

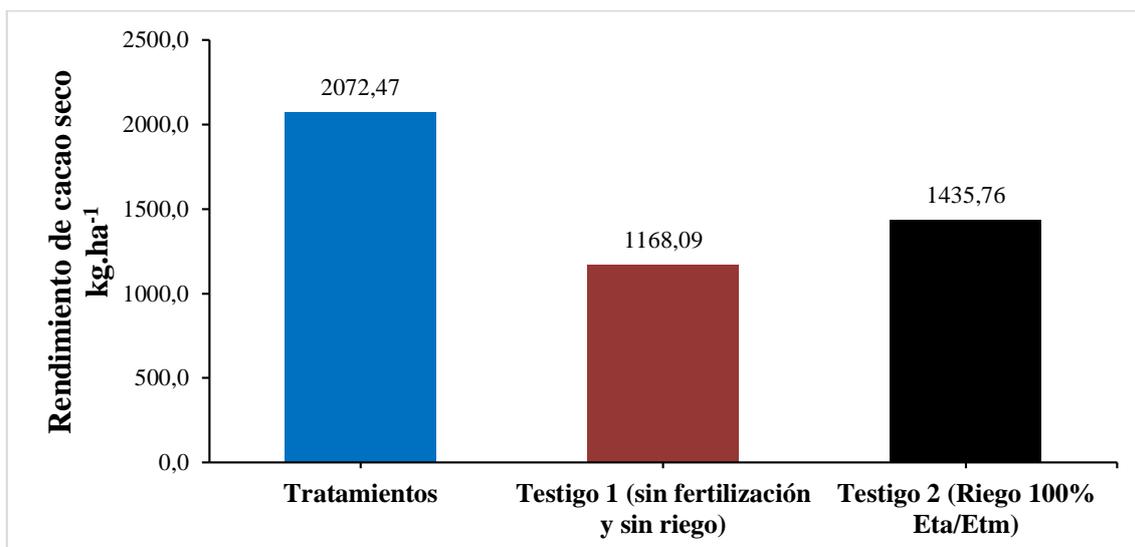


Figura 4.5 Peso de cacao seco kg/ha/año. Comparaciones ortogonales de medias de los tratamientos entre los testigos 1 (sin fertilización y sin riego) y testigos 2 (sin fertilización y 100% ETa/ETm).

La Figura 4.6 muestra el efecto de los planes de fertilización sobre el rendimiento de cacao seco t.ha⁻¹, donde la fertilización convencional (NPK), experimenta un rendimiento de 2,35 t.ha⁻¹, en contraste con el tratamiento sin fertilización que se obtiene 1,30 t.ha⁻¹ de cacao seco.

Los resultados alcanzados son inferiores a los reportados por Cedeño y Vera (2017); López y Saldarriaga (2018), quienes reportan 3,7 t.ha⁻¹ y 4,7 t.ha⁻¹ con una fertilización convencional.

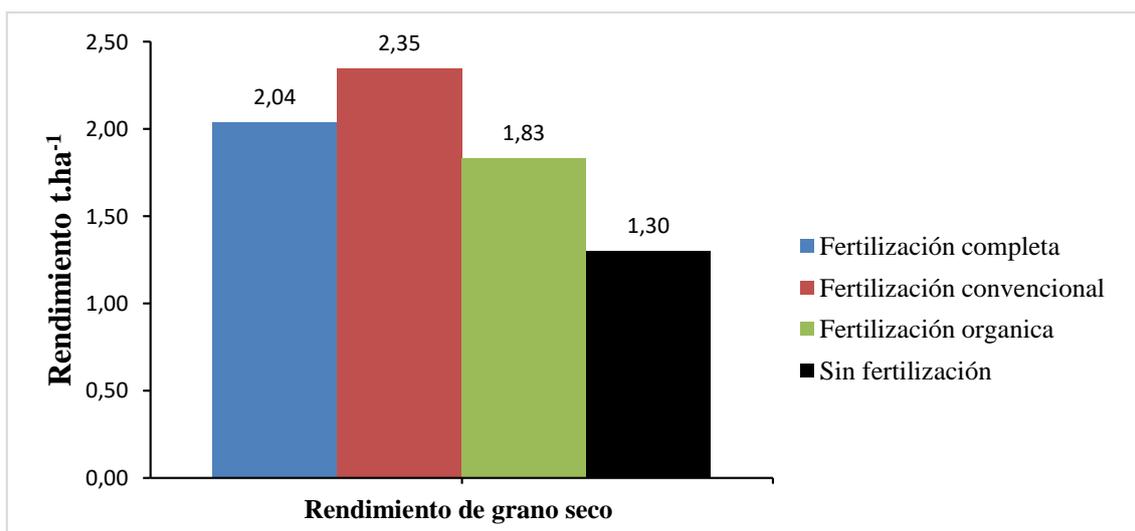


Figura 4.6 Efecto de los planes de fertilización sobre el rendimiento de grano seco de cacao Nacional

La figura 4.7 muestra el contenido de clorofila en unidades SPAD presente en las hojas fotosintéticamente activas en plantas de cacao, donde se observa que

la fertilización completa + aplicación foliar de bioestimulantes alcanzaron un índice de SPAD de 65, siendo superior por muy poco a aquellas con fertilización convencional (NPK) con índice de SPAD de 61, y obteniéndose valores inferiores de 57 en aquellas que recibieron una fertilización orgánica + aplicación foliar de bioestimulantes. El contenido de pigmentos fotosintéticos está directamente relacionado con la adaptación de los genotipos a las condiciones climáticas que estos se desarrollan, y en varias especies la cantidad de clorofila está relacionada con el rendimiento de los cultivos.

Estos resultados se asemejan a los reportados por Torres et al. (2018), quienes comprobaron el contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) obteniendo un índice de SPAD de 51,4 y a su vez Ribeiro et al. (2015), describen que los valores de SPAD son más grandes cuando la planta está en el inicio del desarrollo vegetativo, momento en el cual la planta se encuentra en la plenitud del proceso fotosintético. A partir de esta fase hasta el fin del ciclo, el índice SPAD disminuye, siendo que esta disminución es más acentuada en las menores dosis de N, en función de su menor disponibilidad.

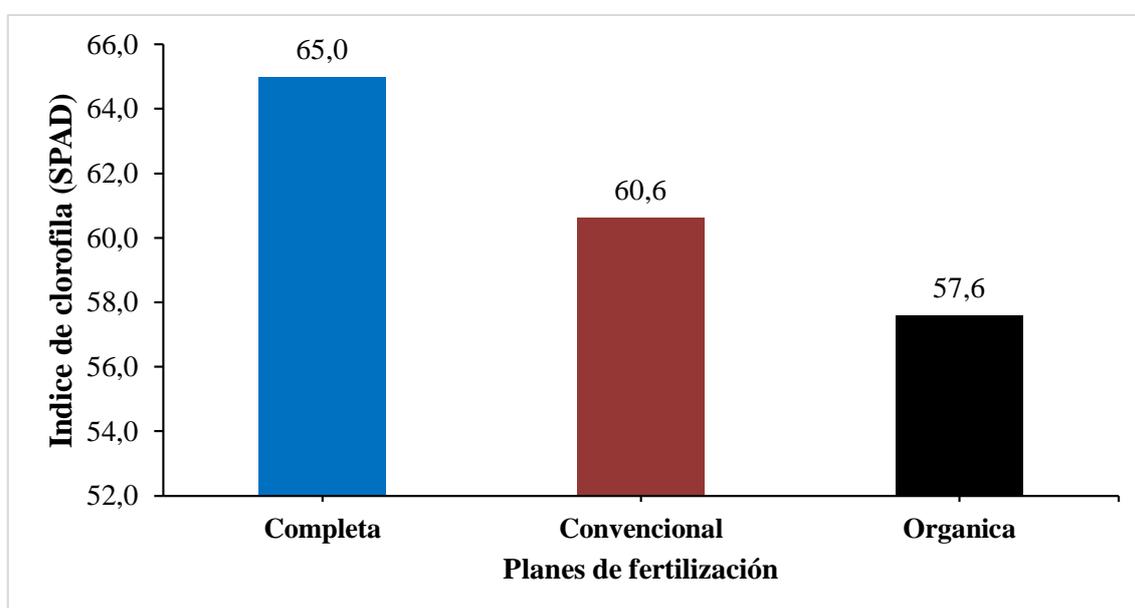


Figura 4.7 Efecto de los planes de fertilización sobre el índice de clorofila (SPAD) en cacao

En la figura 4.8 se muestra que la mayor eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN) se presentó para el plan de fertilización orgánico obteniendo $8,41 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, lo cual significa un incremento en el rendimiento de $8,41 \text{ kg}$ de almendra por cada kilogramo de N aplicado; posteriormente con el plan de fertilización convencional con $3,36 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$, seguido del plan de fertilización completa con

2,48 kg·kg⁻¹.

Puentes et al. (2014), describen que en clones de cacao CCN-51 obtuvo la mayor eficiencia agronómica de nitrógeno (EAN) con un promedio de (16,28 kg·kg⁻¹), traduciéndose a un rendimiento de 16,28 kg de granos de cacao por cada kilogramo de N aplicado y su vez señalando que los genotipos de cacao eficientes en la utilización de N son más deseables porque son más productivas a bajos niveles de este elemento en el suelo, y a su vez responden bien a la aplicación de N.

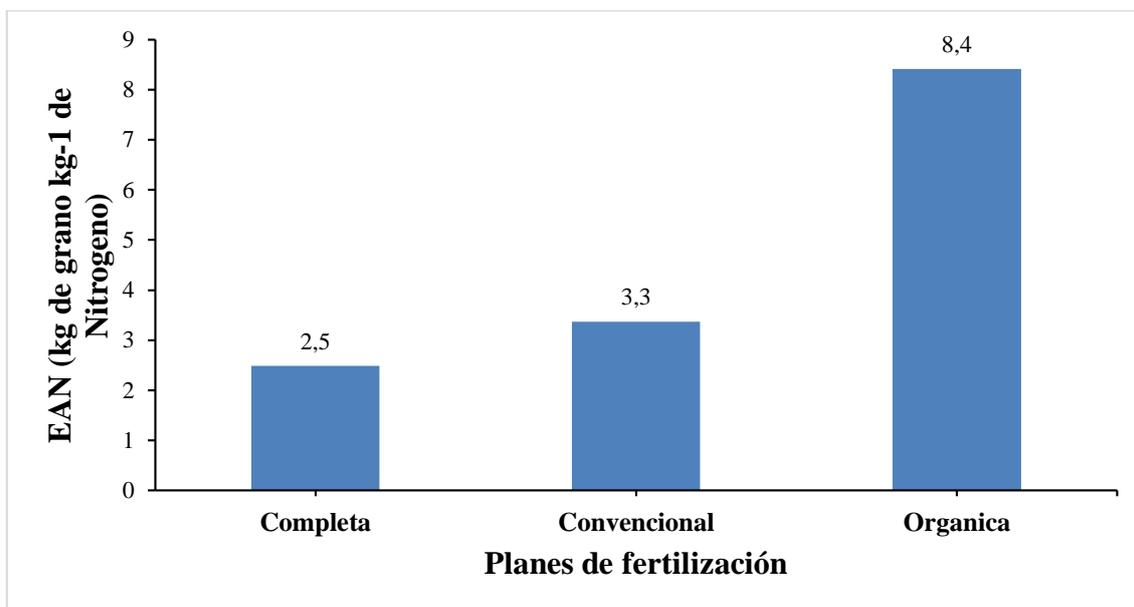


Figura 4.8 Eficiencia agronómica del Nitrógeno (EAN) del cacao Nacional en función de los planes de fertilización

En relación a la eficiencia agronómica del fósforo (EAP), los resultados que se muestran en la figura 4.9 indican que la fertilización convencional presentó una mayor eficiencia de aproximadamente 19,65 kg·kg⁻¹. Sin embargo, se destaca que para el plan de fertilización completo se obtuvo una eficiencia de 14,48 kg·kg⁻¹. Por otra parte, el plan de fertilización orgánico evaluado presentó la menor EAP con 13,30 kg·kg⁻¹.

Puentes et al. (2016), describe que sus resultados obtenidos en base a la eficiencia del (P) muestran una mayor respuesta de la planta a la aplicación de este elemento, atribuido a que normalmente el fósforo presenta en el suelo niveles más bajos que N y K⁺ por ende es importante resaltar que en la eficiencia agronómica de este nutriente, juega un papel importante el desarrollo del sistema radical y a su vez describe que es claro que las altas dosis de fósforo los clones

cacao evaluados disminuyen la eficiencia fisiológica de uso del nutriente.

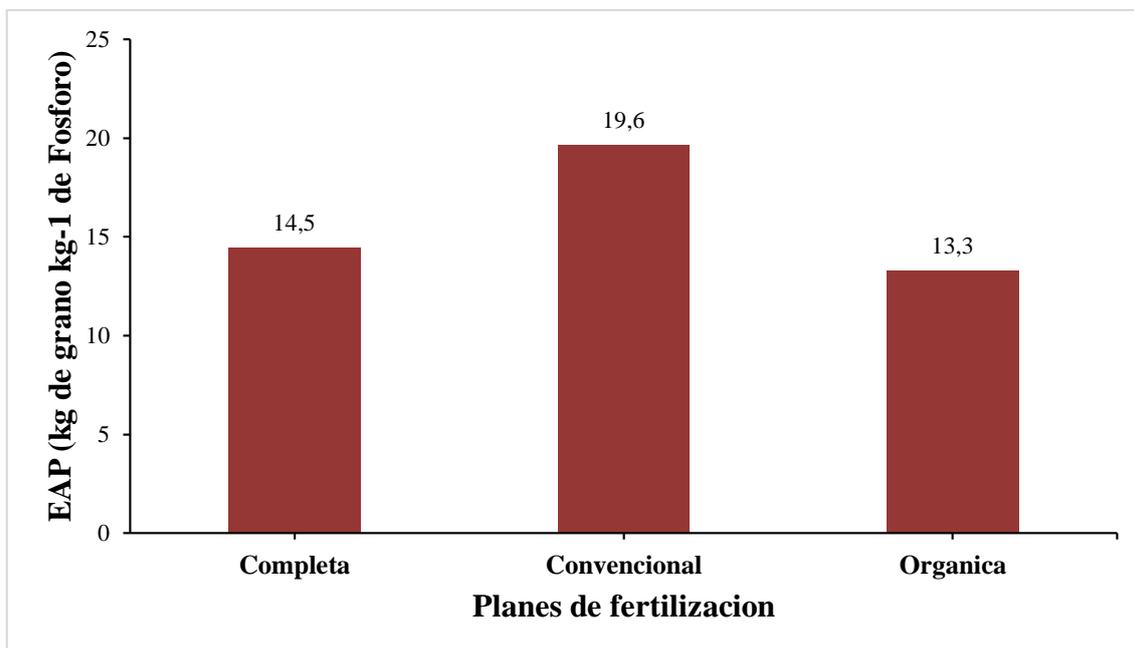


Figura 4.9 Eficiencia agronómica del Fosforo (EAP) del cacao Nacional en función de los planes de fertilización

En base a la figura 4.10 se observa que la mayor EAK, la presentó el plan de fertilización orgánica, con un incremento de 10,07 kg por cada un kg de potasio aplicado. También denotándose que con el plan de fertilización convencional se obtuvo una eficiencia de 5,89 kg.Kg⁻¹ y a su vez obteniéndose una menor eficiencia de K con el plan de fertilización completa de 4,34 kg.Kg⁻¹.

Los resultados se tornan similares a los reportados por Rosas et al. (2019), quienes probaron el efecto del encalado en el uso eficiente de macronutrientes en clones de cacao detallando que obtuvieron promedios de eficiencia agronómica de potasio donde el CCN-51 presentó el mayor valor aumentando el rendimiento en 12,57 kg por cada kg de fertilizante (K) aplicado; luego se encuentran el ICS-1 (9,70 kg.Kg⁻¹), TSH-565 (8,27 kg.Kg⁻¹), ICS-39 (3,77 kg.Kg⁻¹).

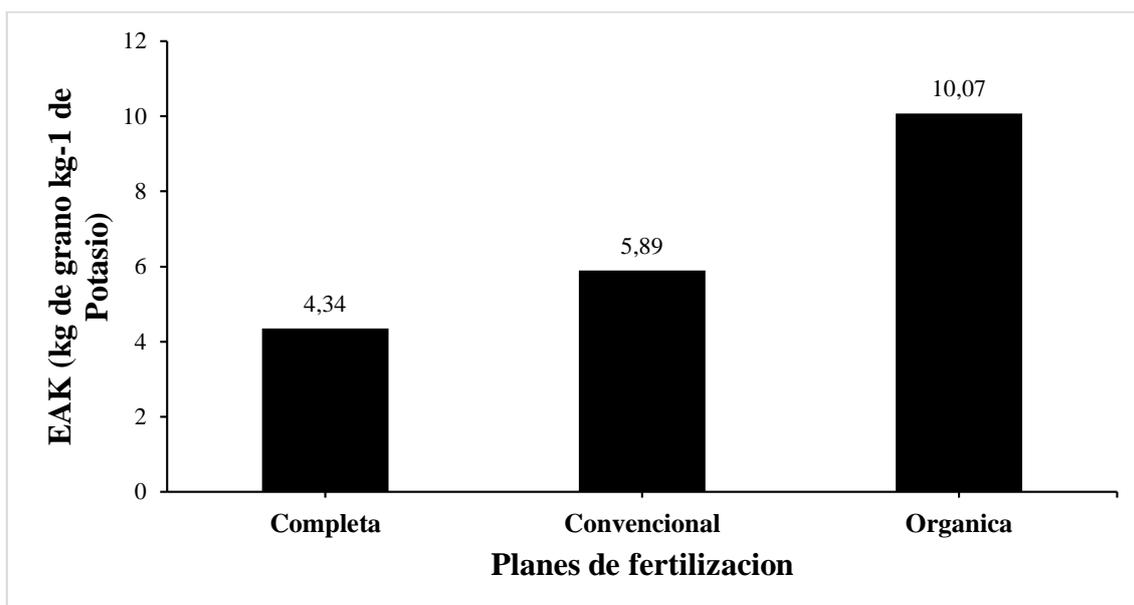


Figura 4. 10 . Eficiencia agronómica del Potasio (EAK) del cacao Nacional en función de los planes de fertilización

4.1. 2. Variables hídricas

De acuerdo al análisis de varianza aplicado a la variable conductancia estomática (g_s) no se reportaron diferencias significativas $p\text{-valor} = \alpha \leq 0,05$ en base a los factores de riego, fertilización y la combinación de los mismos y a su vez en el contraste tratamientos vs testigos (Tabla 4.2.).

Tabla 4.2 Significancia estadística de la variable conductancia estomática (g_s) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$
	Conductancia estomática (g_s) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Riego	0,717 ^{NS}
Fertilización	0,422 ^{NS}
Riego x Fertilización	0,7385 ^{NS}
Tratamientos vs. Testigo 1	0,3681 ^{NS}
Tratamientos vs. Testigo 2	0,8411 ^{NS}
C.V. %	4,8

En base a la Figura 4.11 se aprecia las medias de la conductancia estomática g_s para las dos diferentes láminas de riego 80 y 100% y el testigo absoluto sin riego, donde se detalla que aquellas plantas que recibieron un 80% E_{ta}/E_{tm} obtuvieron una menor g_s de $243,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y para aquellas con el 100% E_{ta}/E_{tm} con $244,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ siendo estadísticamente igual a la de 80%, pero con una

mayor conductancia estomática aquellas que no recibieron riego con $251,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Por ende, se conoce la dinámica estomática está estrechamente relacionada con la fotosíntesis, transpiración, carbono intercelular y conductancia estomática, todos estos procesos ocurren en las hojas y a su vez están regulados por la cantidad de agua disponible en el suelo.

De acuerdo Hernández et al. (2017), el número de estomas abiertos, cerrados y parcialmente abiertos en cacao, es dependiente de las condiciones del medio, entre ellas la radiación y el estado hídrico del suelo, siendo la luz el factor que más influye. Durante el día, la mayor proporción de estomas se encuentran parcialmente abiertos y entre las 10 am y las 2 pm se presentan el mayor número de estomas abiertas. Con bajos contenidos hídricos del suelo, 14% y con altos valores de radiación mayor a $1000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ hay un estímulo favorable para la apertura de estomas, distinto en condición de alto contenido de agua del suelo y con baja radiación, es menor el número de estomas abiertos, porque la luminosidad es de mayor estímulo para los estomas.

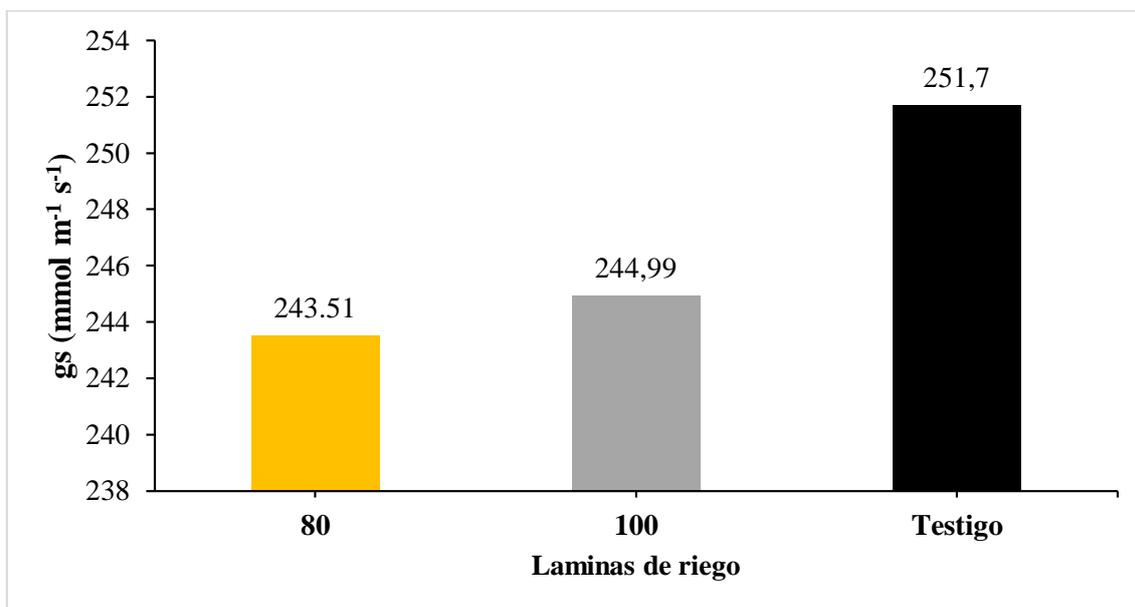


Figura 4.11 Efecto de las láminas de riego sobre la conductancia estomática (gs) del cacao Nacional

En la Figura 4.12 se representan las medias de conductancia estomática (gs) en época seca y lluviosa demostrando que existe una disminución de la g_s en época de lluvia registrando $143,9 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y en época seca $255,69 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y el testigo sin riego registro $262,1 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, esto puede estar relacionado a que se dieron precipitaciones por debajo de la media, además en cuatro ocasiones se presentaron precipitaciones por encima de 40 mm, pero los intervalos entre

precipitaciones fueron largas, ocasionando que no sean aprovechado de manera efectiva en el suelo y a su vez por la planta (figura 4.13), resultados reportado por Jaimez et al. (2008) y Agudelo et al. (2018) quienes determinaron que las plantas de cacao en época de lluvias presentan mayor g_s que en épocas secas, así mismo plantas sometidas a condiciones de estrés presentaron menores g_s esto posiblemente sea una estrategia que las plantas poseen para reducir la pérdida de agua.

Suárez et al. (2017), describe que una mayor g_s con frecuencia resulta en una mayor tasa de fotosíntesis, sin embargo, esto promueve un incremento de la transpiración que repercute negativamente en el estado hídrico para las plantas de *Theobroma cacao* L. De allí la importancia ecofisiológica de la g_s ya que se debe a la relación con el proceso de difusión de CO_2 al interior de la hoja, a partir de la regulación de la apertura estomática, priorizando la ganancia de carbono en relación a la pérdida de agua.

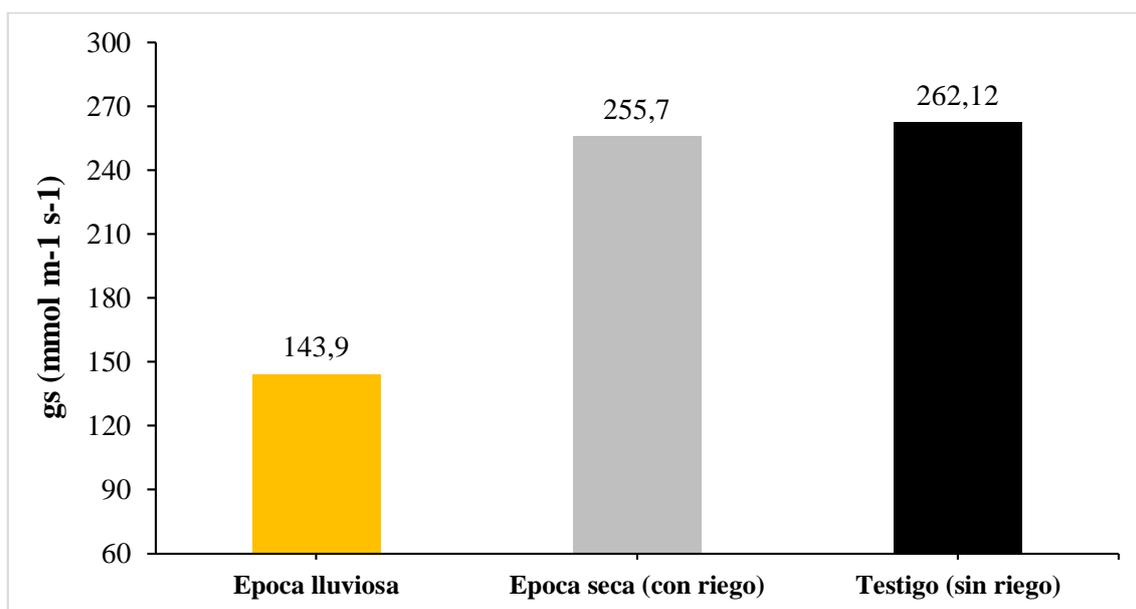


Figura 4.12 Efecto de la época lluviosa y época seca (con riego) sobre la conductancia estomática g_s del cacao Nacional

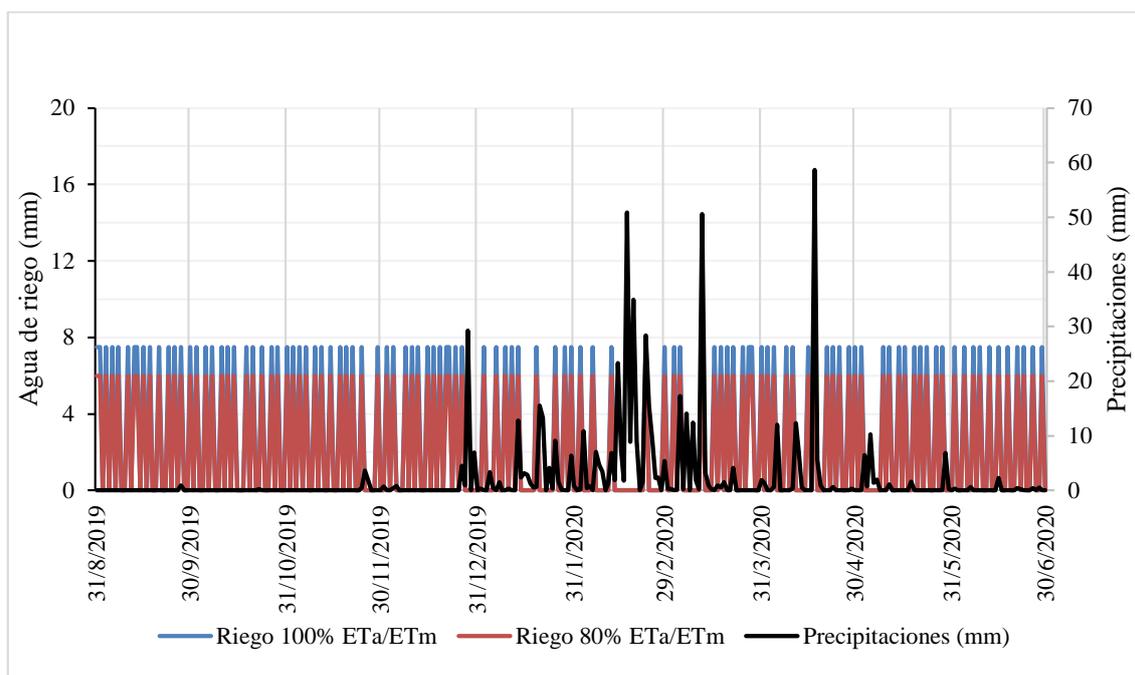


Figura 4.13 Distribución de las precipitaciones y riego diario 100% y 80% ETa/ETm en el cultivo de cacao, Calcuta-Manabí 2019-2020.

En la presente figura 4.14 se muestran los valores referentes al porcentaje de humedad a tres profundidades 10, 20, 40 cm en base a la aplicación de láminas de riego con 80% Eta/Etm y 100% Eta/Etm y un testigo absoluto sin riego. Evidenciándose que en ambas láminas de riego a los 10cm de profundidad presentaron una humedad 42 y 43% a diferencia del testigo con una humedad de 18,3%, a los 20 cm las dos láminas se mostraron iguales con 35,4 y 36,7% y el testigo con 20,7% y mostrando un valor inferior a los 40cm para ambas láminas de riego con aproximadamente 34,1 y 34,7% y para el testigo absoluto sin riego con 22,8%. Sabiendo que la humedad es un indicador constante para medir el volumen constante de agua por volumen de tierra.

De acuerdo con Gutiérrez (2001), quien mencionan que después de haber aplicado una lámina de agua mediante aspersores para saturar el suelo determino que mediante el uso de un dispositivos TDR porcentajes de humedad de 33.59%, 35.00% y 36.32% a los primeros 20cm de profundidad y por el método gravimétrico registró un valor de 25.85 % de humedad, y detallando que el contenido de humedad en el suelo depende de muchos factores ya sea por el tipo de suelo y la capacidad de retención de agua que este posea la cual está básicamente regida por la textura, la cantidad de radiación solar que reciba el

suelo y la profundidad de la que se encuentre el nivel freático.

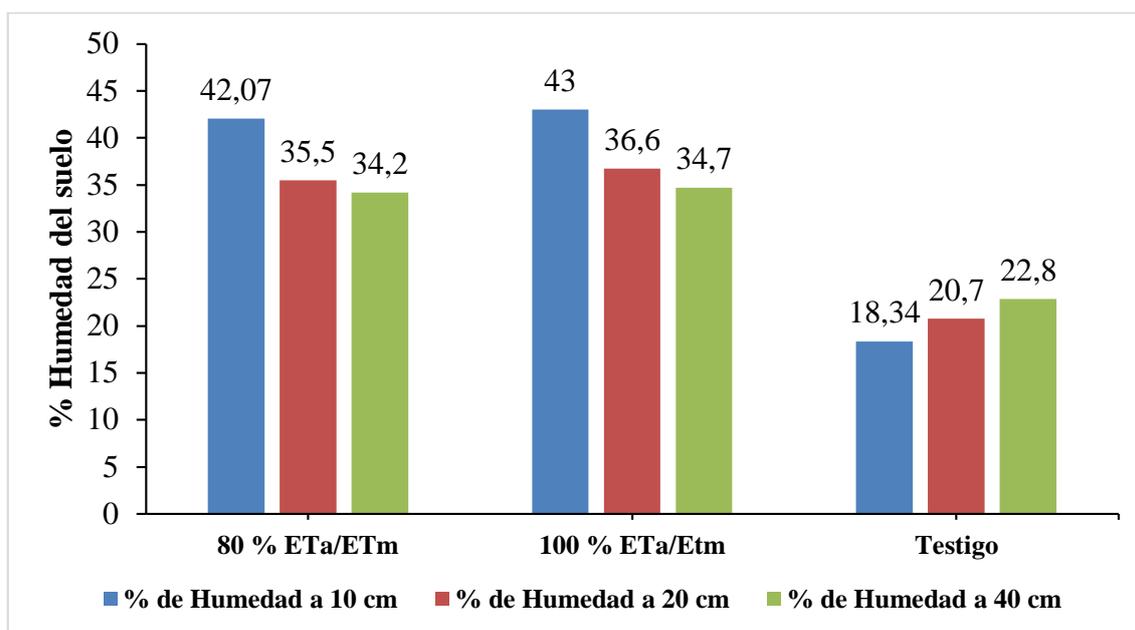


Figura 4.14 Humedad del suelo a tres profundidades (10 cm, 20 cm y 40 cm) en función de las láminas de riego

La productividad del agua es el resultado obtenido en kilogramos por cada mm de agua aplicado o captado como se muestra en la tabla 4.3 donde el tratamiento dos (Fertilización convencional NPK + 80% Eta/Etm), obtuvo la mayor productividad del agua de riego con (5,64 kg/mm), mientras los demás se mantuvieron en un rango intermedio y detallándose que en el testigo uno no se evidencia valores debido a este no se le aplico riego por ende el testigo dos (solo riego con 100% Eta/Etm) presento la menor productividad del agua de riego con (3,04 kg/mm).

En base a la productividad del agua total (riego+ agua lluvia) se evidencio también que el tratamiento dos (Fertilización convencional NPK + 80% Eta/Etm) reflejo una productividad superior de (2,17 kg/mm) y mostrando valores próximos para los tratamientos cuatro, cinco y reflejando promedios inferiores para el testigo uno y dos de (1,94 kg/mm), (1,34 kg/mm).

Para el InfoRiego (2016), el término de productividad agrícola está intrínsecamente relacionado con el de productividad del agua, que no es otra cosa que la relación entre el volumen de alimentos producidos con respecto al agua utilizada y que de allí se establece que la cantidad de agua que necesita un cultivo para la máxima producción está íntimamente ligada a las condiciones

climáticas y del estado de desarrollo del mismo y para González et al. (2015), la productividad del agua de riego se ve influenciada por las diferentes técnicas o sistemas de riego a excepción en del riego aplicado por gravedad, donde ya se ha reiterado la dificultad en el control del agua aplicada y por tanto el definir una eficiencia común, en el resto de las técnicas no se justifica esa variación de allí mediante investigaciones en maíz y frijol se ha demostrado que para la producir una tonelada de frijol y maíz utilizando el riego superficial o gravedad se demandan 4000 y 5000 m³ de agua respectivamente y al regar con aspersores solo se requieren 2200 m³ para el frijol y 2800 m³ para el maíz.

Tabla 4.3 Productividad del agua de riego y del agua total consumida por el cultivo en los tratamientos evaluados

Tratamientos	Productividad del agua de riego (kg/mm)	Productividad del agua total (kg/mm)
T1	4,88	1,88
T2	5,64	2,17
T3	4,39	1,69
T4	4,73	2,08
T5	4,57	2,01
T6	3,60	1,58
T7	**	1,94
T8	3,04	1,34

4.1.3. Variables fitosanitarias

En base al análisis de varianza aplicado a la variable de incidencia de moniliasis en cacao, se reportaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el contraste tratamientos vs testigo uno (sin riego y sin fertilización), a diferencia de los factores evaluados como riego, fertilización y la combinación de los mismos y a su vez el contraste de tratamientos vs testigo dos (solo riego) que no presentaron significancia estadística ($p > 0,05$) (Tabla 4.4).

Tabla 4.4 Significancia estadística de la variable % de incidencia de moniliasis en frutos de cacao Nacional

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$
	Incidencia
Tratamientos	0,3956 ^{NS}
Riego	0,9221 ^{NS}
Fertilización	0,7445 ^{NS}
Riego x Fertilización	0,8028 ^{NS}
Tratamientos vs. Testigo 1	0,0273*
Tratamientos vs. Testigo 2	0,2894 ^{NS}
C.V. %	36,84

La incidencia de moniliasis muestra una tendencia similar entre los tratamientos en los meses de evaluación a diferencia del tratamiento siete (sin riego y sin fertilización), que mostro un comportamiento inferior de los demás, manteniéndose por debajo del 30% durante todo el periodo de evaluación destacándose que todos iniciaron en un rango de 60 a 90% de incidencia en el mes de septiembre pero disminuyo en octubre entre 5-10%, incrementándose en noviembre y descendiendo en diciembre y luego mostro una tendencia ascendente hasta el mes de junio alcanzando el rango inicial de 60 a 90%, (Figura 4.15) Villamizar et al. (2019), menciona que esto puede estar relacionado con la precipitación de los meses lluviosos, ya que las esporas del hongo necesitan de agua para germinar y de esta forma aumentar la incidencia de enfermedades causadas por fitopatógenos en los meses con precipitaciones elevadas.

Esta investigación reporta resultados similares por lo expuesto por Lectong et al. (2019), que describen que la incidencia de moniliasis en diferentes fincas cacaoteras de la parroquia Quiroga perteneciente al cantón Bolívar, Manabí, con una incidencia de moniliasis de 61,14; 65,99 y 66,4 %, describiendo que la situación fitosanitaria en las fincas de la parroquia Calceta puede presentar una alta variabilidad, con valores de 28, 33 y 80 % de incidencia.

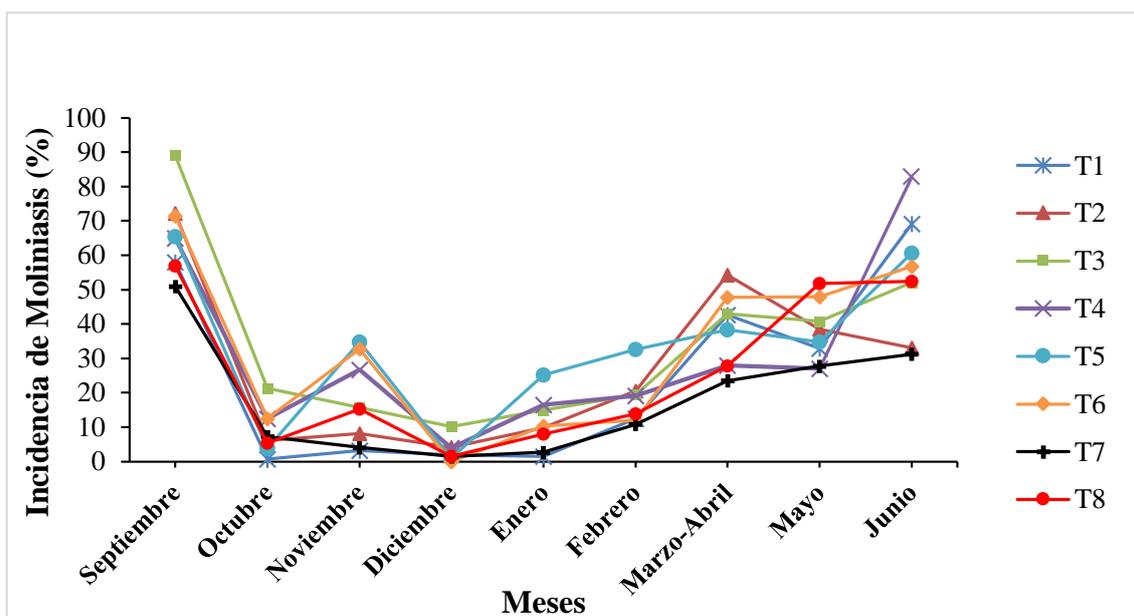


Figura 4.15 Comportamiento en el tiempo de la incidencia de Moniliasis sobre frutos de cacao Nacional en función de los tratamientos evaluados

El análisis de varianza aplicado a la variable severidad externa de moniliasis en mazorcas de cacao muestran diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) para el contraste tratamientos vs el testigo uno (sin riego y sin fertilización), mientras que para los factores evaluados como riego, fertilización y la combinación de los mismos y a su vez el contraste de tratamientos vs testigo dos (solo riego) no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Significancia estadística de la variable Severidad de moniliasis en frutos de cacao Nacional

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$
	Severidad
Tratamientos	0,3553 ^{NS}
Replica	0,1461 ^{NS}
Riego	0,5571 ^{NS}
Fertilización	0,5692 ^{NS}
Riego x Fertilización	0,8173 ^{NS}
Tratamientos vs. Testigo 1	0,0245*
Tratamientos vs. Testigo 2	0,5128 ^{NS}
C.V. %	27,41

En la figura 4.16 se aprecian los valores promedios del grado de severidad externa de Moniliasis mensuales respectivamente. Demostrando que el tratamiento siete (sin riego y sin fertilización), mostro un comportamiento estable en transcurso de la evaluación reflejando mayor diferencia entre tratamientos alcanzando grado intermedio de severidad de daños externos en la escala de clasificación de síntomas causados por monilla el cual inicio en el primer mes con 3,5 descendiendo en octubre y subiendo el posterior mes con 1,2 y manteniendo en el rango de 1,2 a 2,07 hasta el mes de junio a diferencia del resto de tratamientos que iniciaron en un rango de 2,5 a 3,5 y disminuyendo en el mes de noviembre y subiendo en el siguiente y manteniendo en un ritmo creciente hasta el mes de junio con 3,62 dando a entender que aquellos tratamientos que recibieron riego presentaron un grado mayor de daños provocados por Moniliasis.

Los presentes datos se tornan similares a los expuestos por Bastidas (2017), quien detalla que obtuvo un mayor grado de severidad de daños externos de acuerdo a la escala de clasificación de síntomas causados por *M. rozeri* con 2,75 y 3,00 a los 30 y 90 días de evaluación pero sin embargo en comparación con el tratamiento testigo obtuvo 3,75, 3,93 y 4,39 de promedio en la presencia de daños externos para 30, 60 y 90 días, respectivamente en este caso el testigo fue superior a los tratamientos mostrando mayor grado de severidad.

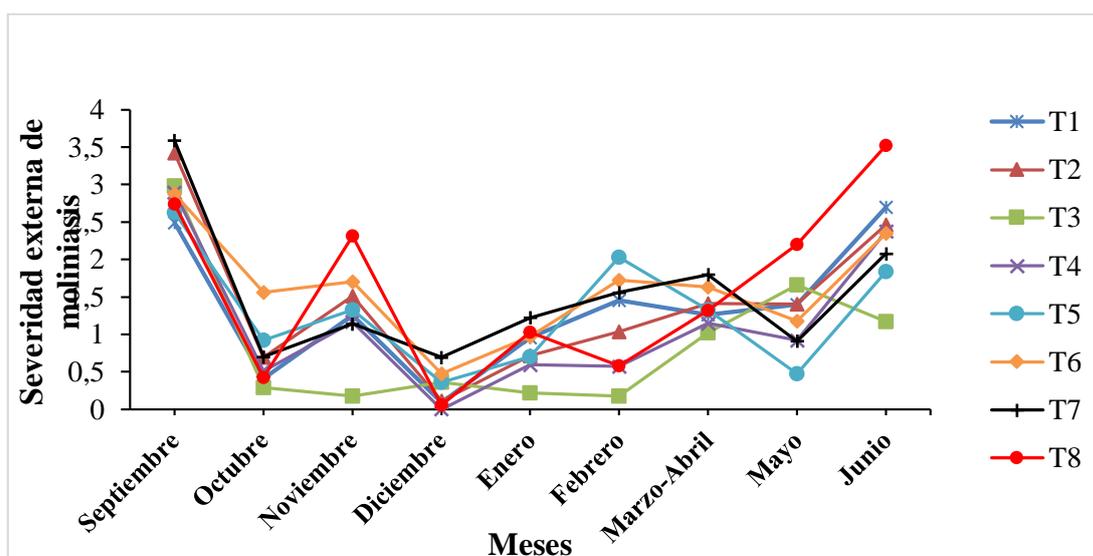


Figura 4.16 Comportamiento en el tiempo de la severidad externa de Moniliasis sobre frutos de cacao Nacional en función de los tratamientos evaluados.

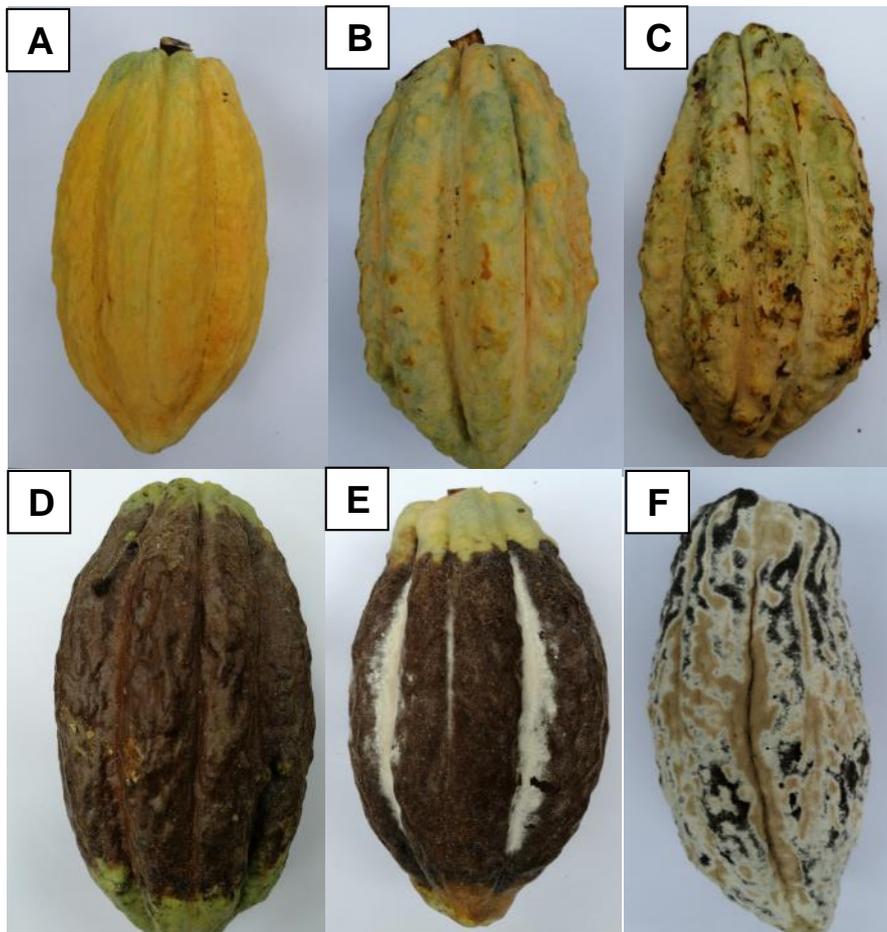


Figura 4.15.1 Grado de severidad externa provocada por moniliasis en cacao Nacional: Escala 0 fruto sano (A); Escala 1 con un porcentaje de severidad de 1-20% con presencia de puntos aceitosos (B); Escala 2 con un porcentaje de severidad de 21-40% con presencia de tumefacción o madurez prematura (C); Escala 3 con un porcentaje de severidad de 41-60% con presencia de mancha chocolate (D); Escala 4 con un porcentaje de severidad de 61-80% con presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha parda (E); Escala 5 con un porcentaje de severidad >80% con presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha chocolate (F).

4.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS VENTAJAS ECONÓMICAS DEL USO DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE CACAO.

4.2.1. Análisis económico

De acuerdo al análisis económico aplicado en base a beneficios netos general mostró que el tratamiento cinco (Convencional NPK + 100% Eta/Etm) obtuvo el mejor beneficio neto con 2428,10 USD ha⁻¹.año⁻¹, y con un rendimiento de 2158,5 kg.ha⁻¹, detallándose así que el tratamiento cinco presento incremento del rendimiento en 45% en relación al testigo uno (sin fertilización y sin riego).

Así mismo, se muestra el beneficio neto del uso de fertilización en relación a los tratamientos control. Se aprecia que el mismo tratamiento cinco indicado en el párrafo anterior, produjo el mayor beneficio neto con 1191,9 USD ha⁻¹ año⁻¹, al producir 2158,5 kg.ha⁻¹, en relación al rendimiento del tratamiento testigo uno (sin fertilización y sin riego) con apenas 1168,1 kg ha⁻¹ y para el testigo dos (solo riego) un rendimiento de 1435,1 kg ha⁻¹

Los resultados obtenidos a través del análisis económico en esta investigación, se reportan superiores a los expuestos por Cedeño y Vera (2017); López y Saldarriaga (2018), quienes alcanzaron menores beneficios netos con un total de 709 USD ha⁻¹ año⁻¹ y 1136 USD ha⁻¹ año⁻¹ con una fertilización equilibrada a base N, S, micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional.

Tabla 4.6 Análisis económico de tres planes de fertilización y dos láminas de riego en cacao Nacional, Calceta-Ecuador, 2019-2020

Tratamientos	Costos totales	Costos que no varían en los tratamientos. Cf = Podas, control de malezas, cosecha	Costo que varía por fertilización (US\$ ha ⁻¹). Cqv = costo de fertilizantes y bioestimulantes, fertilización y aplicación de bioestimulantes	Costos que varían del agua de riego (m ³ .ha ⁻¹) Cqv	Incremento de los costos que varían con respecto al testigo (US \$ ha ⁻¹): Icqv = Cqvn - Cqv7	Rendimiento (kg ha ⁻¹). RTn	Incrementos de los rendimientos respecto al testigo (kg ha ⁻¹). IR = RTn - RT7	Precio unitario de venta (US \$ kg ⁻¹): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US \$ ha ⁻¹). Iing = IR * Pc	Ingresos totales (US \$ ha ⁻¹). IT = RTn * Pc	Beneficio neto del uso de la fertilización (US \$ ha ⁻¹). BNTn = Iing - Icqv	Beneficio neto general
Beneficio neto de cacao Nacional a una densidad de 1111 plantas/ha												
1	2651	1100	1400	151,04	1551,04	1842,9	674,8	2	1349,7	3685,8	-201,4	1034,79
2	1851	1100	600	151,04	751,04	2129,5	961,5	2	1922,9	4259,1	1171,9	2408,04
3	2431	1100	1180	151,04	1331,04	1657,2	489,1	2	978,3	3314,4	-352,8	883,39
4	2688	1100	1400	188,8	1588,8	2231,0	1063,0	2	2125,9	4462,1	537,1	1773,28
5	1888	1100	600	188,8	788,8	2158,5	990,4	2	1980,7	4316,9	1191,9	2428,10
6	2469	1100	1180	188,8	1368,8	1699,5	531,4	2	1062,9	3399,0	-305,9	930,23
7	1100	1100	0	0	0	1168,1	0,0	2	0,0	2336,2	0,0	1236,18
8	1289	1100	0	188,8	188,8	1435,8	267,7	2	535,3	2871,5	346,5	1582,72

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La fertilización convencional NPK permitió obtener el mejor rendimiento y rentabilidad con aproximadamente 2,35 t.ha⁻¹ de cacao seco a su vez demostrándose que las diferentes láminas de 100% Eta/Etm y 80% Eta/Etm no tuvieron un efecto significativo en el cultivo de cacao Nacional.
- Los tratamientos evaluados con láminas de riego y planes de fertilización obtuvieron mayor incidencia de moniliasis demostrando que hay un efecto notorio sobre la dispersión de la enfermedad en los meses lluviosos y cuando se le aplico riego mostrando una incidencia hasta el 60%, a diferencia de testigo uno sin riego y sin fertilización quien evidencio una menor incidencia con valores iguales y < 30%.
- El grado de severidad externa se mostró con un comportamiento similar para todos los tratamientos al inicio de la evaluación y denotándose posteriormente que aquellos tratamientos que recibieron riego y fertilización presentaron mayor daño externo provocado por moniliasis con un grado de severidad de 3,62 pero diferenciándose del tratamiento tres con fertilización orgánica y 80% Eta/Etm que fue en descenso hasta llegar aun un grado de 0,40 de daño.
- El mayor rendimiento y beneficio económico se produjo con el plan de fertilización convencional NPK y con 100% Eta/Etm, respectivamente obteniéndose un beneficio neto de 2428,10 USD ha⁻¹. año⁻¹ y con un rendimiento de 2158,5 kg. ha⁻¹.

5.2. RECOMENDACIONES

- Probar láminas de riego de 50, 80, 100 y 120 % Eta/Etm con el fin de conocer cuál de ellas permita alcanzar mejores rendimientos y a su vez evidenciar el comportamiento del cultivo bajo estas láminas.
- Replicar el experimento en diferentes localidades con la finalidad de validar los diferentes planes de fertilización probados y obtener datos adicionales para futuras recomendaciones de fertilización en cacao Nacional

BIBLIOGRAFÍA

- AgroDer. (2012). Huella Hídrica en México en el contexto de Norteamérica. <http://www.huellahidrica.org/Reports/AgroDer,%202012.%20Huella%20h%C3%ADdrica%20en%20M%C3%A9xico.pdf>
- Alcívar, J. y Loor, M. (2016). Respuesta del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la poda y fertilización orgánica y química. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/461>
- Agudelo, G., Cadena, J., Almanza, P y Pinzón, E. (2018). Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 223-232. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n1/2011-2173-rcch-12-01-223.pdf>
- Ávila, D. (2014). Estudio de la fertilización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional en suelos volcánicos de Quevedo. [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Manabí]. Repositorio institucional <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4230>
- Bastidas, V. (2017). Estudio exploratorio del control biológico de la monilla (*Moniliophthora roreri*) en cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) con microorganismos nativos de la zona de Mocache". [Trabajo de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2068>
- Baligar V., Fageria N. & He, Z. (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7): 921-950. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/CSS-100104098?scroll=top&needAccess=true>
- Briones, J. (2018). Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Nitrógeno (N) y Potasio (K) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos". Trabajo de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3308>
- CAF (Banco de Desarrollo de América Latina). (2018). Observatorio del Cacao fino y de aroma para américa latina. Boletín divulgativo N° 4. p. 5. https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1347/OLC_CAF_boletin_4_Espan%CC%83ol.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cedeño, D y Vera, E. (2017). Efectividad de varias combinaciones de nitrógeno, azufre, zinc, manganeso, boro y fitohormonas sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/648>

- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2015). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador. <https://www.vicepresidencia.gob.ec/>
- CLAC (La Coordinadora Latinoamericana y del Caribe de Pequeños Productores y Trabajadores de Comercio). 2018. Boletín cacao. Boletín divulgativo N° 1. p. 2. <http://clac-comerciojusto.org/wp-content/uploads/2018/07/Bolet%C3%ADn-de-cacao-2018-ok.pdf>
- Cruz, V., Valdivia, R y Scott, C. (2013). Productividad del agua en el distrito de riego 011, Alto Río Lerma. *Revista Agrociencia*, 36(4), 483-493. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236409.pdf>
- Delgado, G. (2012). Determinación de la lámina de riego para el cultivo de la albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* "Genovese".) a partir de la variación del coeficiente multiplicador de la evaporación. [Trabajo grado, Universidad del Valle]. Repositorio institucional <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9017/CB-0478859.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duicela, L. y Ponce, L. (2015). Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en la provincia de Manabí. *La Técnica* 15: 6-17. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/531>
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Dirección Estadística, Producción de Cultivos. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>
- García, J. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. [Trabajo doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52256>
- Garrido, A., Gil, M. y Gómez, A. (2014). Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español. *Revista Agrarias*, 14 (1), 56-86. http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_documento/documentacion/documentos/economia_riegos.pdf#page=95
- Gil, R. (2014). Agua de riego. <https://www.profertilnutrientes.com.ar/>
- González, F., Herrera y López T. (2010). "Productividad del agua en maíz, soya y sorgo en suelo Ferralítico Rojo del sur de La Habana", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1): 65-72. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542010000100012&script=sci_arttext&tlng=en
- González, F., López, T. y Herrera, J. (2015). Indicadores de productividad del

agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba. *Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4), 57-63.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000400010

Gutiérrez, J. (2001). Comparación de Cinco Métodos para la Determinación del Contenido de Humedad del Suelo. [Trabajo de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5490/T12906%20GUTIERREZ%20MU%C3%B1OZ,%20JUSTINO%20TESIS.pdf?sequence=1>

Hernández, C., Leiva, E. y Ramírez, R. (2017). Dinámica estomática en cacao (*Theobroma cacao* L.). Lima. PE. *International Symposium on Cocoa Research*, 6(3), 13-17. https://www.icco.org/?media_dl=2566

ICCO (International Cocoa Organization). (2015). Reporte anual de estadística del cacao. <http://www.icco.org>

InfoRiego (2016), Productividad del agua de riego. http://www.inforiego.org/opencms/opencms/seguimiento_regadio/anno_2016/productividad_agua/index.html

Jaimez, R., Teraza, W., Coronel, E. y Urich, E. (2008). Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 52(2), 253-258. <http://www.sidalc.net/repdoc/A7723e/A7723e.pdf>

Jiménez, S. (2016). Huella Hídrica. Hidráulica fácil. <https://www.hidraulicafacil.com/2016/02/HuellaHidrica.html#:~:text=La%20huella%20h%C3%ADdrica%20azul%20se,toma%20en%20cuenta%20como%20HH.>

Lagos, L., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C. y Lillo, M. (2017). Evaluación de riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Revista Agrociencia*, 51(1), 359-372.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000400359&script=sci_arttext

Lectong, P., Chávez, J., Cesar, E. y Vélez, S. (2019). Evaluación de moniliasis (*Moniliophthora roreri* H.C Evans et al) en cacao en el Cantón Bolívar. *Divulgativo científico* N° 1. p. 5.
<http://sigloxxi.esпам.edu.ec/Ponencias/VIII/I%20FISPAMC/SALA1/EPA-002-2019.pdf>

Leiva, E., y Ramírez, R. (2017). Acumulación y extracción de nutrientes en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). *International Symposium on Cocoa Research*, 6(2), 18-26. https://www.icco.org/?media_dl=2565

- Leiva, E. (2012). Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. <http://www.bdigital.unal.edu.co/50450/1/ednaivonneleivarojas.2012.pdf>
- Leiva, E., Sigindio, L., y Ramírez, R. (2017). Dinámica hídrica del cacao (*Theobroma cacao* L.). Lima. PE. International Symposium on Cocoa Research, 6(1), 13-17.
- López, R. y Saldarriaga, V. (2018). Efecto de la fertilización con N, S, micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao nacional en el Valle del Rio Carrizal. [Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/873>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2013). Cacao, Boletín Situacional. Quito, Ecuador. p 4. <https://docplayer.es/42800227-Boletin-situacional-cacao.html>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2017). Resumen estadístico de cacao. Boletín Situacional N° 3. p. 5. <https://fliphtml5.com/ijia/jhbq/basic>
- Mazariegos, Y. (2012). El cultivo del cacao (*Theobroma Cacao*. L.) en el sureste de México. [Trabajo de grado, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”]. Repositorio institucional <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4620?show=full>
- Mendoza, M. y Rodríguez, W. (2012). Evaluación post - implementación de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la ESPAM – MFL. [Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/26>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú). (2012). Condiciones Agroclimáticas del cultivo de Cacao. Cartilla N° 13. p. 2. http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/condiciones_agroclimaticas_cacao.pdf
- Morales, F., Carrillo, M., Ferreira., Peña, M., Briones, W. y Albán, M. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(1), 63-69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550318>
- Motato, N y Pincay, J. (2015). Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *Revista La técnica*, 14(2), 6 – 23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087624>
- Orozco, L. y López, A. (2016). Balance de agua y requerimientos de riego en cacao. Boletín Divulgativo N° 2. p. 2. https://www.researchgate.net/publication/306079740_Balance_de_agua_y

_requerimientos_de_riego_en_cacao

- Pachón, R., Figueroa, O. y Chavarro, J. (2014). Evaluación de sistemas de riego localizado en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) como estrategia de aumento de la producción. *Revista de Ingenieros en Riego*, 11(1), 45-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432260>
- Paspuel, M. (2018). Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15195/1/T-UCE-0004-A82-2018.pdf>
- Pinargote, M. (2015). Comportamiento productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 ante diferentes formulaciones de fertilización. [Trabajo de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/334>
- Puentes, Y., Menjivar, J. y Aranzazu, F. (2014). Eficiencias en el uso de nitrógeno, fósforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Bioagro*, 26(2), 99-106. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612014000200004&script=sci_arttext
- Puentes, Y., Menjivar, J. y Ortiz, A. (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), 17-23. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1536>
- Ribeiro, A., leoschua, K., Sousa, A. y Martínez, R. (2015). Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de lisianthus en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *Revista IDESIA*, 32(2), 97-105. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5488116>
- Rodríguez, D. y Fusco, M. (2017). Gestión de riesgos agropecuarios en el sector del cacao en Ecuador. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1(1), 57-74. <http://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/1476/2104>
- Rodríguez, R., Ramírez, L., Swarowsky, A. y Rosales, J. (2014). Efecto del riego deficitario y diferentes frecuencias en la producción del cultivo de pimentón. *Revista Interciencia*, 39(8), 591-596. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931820009.pdf>
- Romero, J. y Proaño, J. (2015). Evaluación del efecto del riego por goteo y microaspersión en la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.)- CCN51 en un suelo *Ustifluventi tipic* en la zona Chongon- Península de Santa Elena. [Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/12.-Jorge-Romero.-Riego.pdf>
- Rosas, G., Puentes, Y. y Menjivar, J. (2019). Efecto del encalado en el uso

eficiente de macronutrientes para cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia colombiana. *Revista Ciencia Tecnología Agropecuaria*, Mosquera, 20(1), 05-16.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7015253>

Sarango, C. (2009). Efecto de tres niveles de fertilización química en el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L, variedad ramilla CCN 51, Parroquia San Jacinto del Búa – Cantón Santo Domingo. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5435/1/SARANGO%20BRAVO%20CHRISTIAN.pdf>

Sánchez, J. y González, L. (1989). Metodología para evaluar la susceptibilidad a moniliasis en cultivares de cacao (*Theobroma cacao*). *Turrialba* 39(4), 461-468.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=030276>

Solórzano, O. (2017). Efectos de la aplicación de Leonardita con tres niveles de N, P, K, B y Zn en cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el recinto Vuelta Larga cantón Yaguachi. [Trabajo de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20972>

Suárez, J., Duran, E., Rojas, J. y Ortiz, N. (2017). Pigmentos fotosintéticos y conductancia estomática en ecotipos de cacao. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 199-206.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212017000100015&script=sci_arttext

Tandazo, J., Caicedo, O., Salas, C. y Sánchez, V. (2018). Calidad del riego por aspersión subfoliar en *Theobroma Cacao* L. en la finca San Vicente. *Revista La técnica de las Agrociencias*, 20(1), 2-10.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6723166>

Tezara, W., De Almeida, E., Valencia, J., Cortes, M. y Bolaños, J. (2015). Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) Ecuatoriano en el norte de la provincia Esmeraldas. *Investigación y Saberes*, 4(3), 37-52.
https://www.researchgate.net/profile/Wilmer_Tezara/publication/303459609_ACTIVIDAD_FOTOQUIMICA_DE_CLONES_ELITES_DE_CACAO_THEOBROMA_CACAO_L_ECUATORIANO_EN_EL_NORTE_DE_LA_PROVINCIA_ESMERALDAS_PHOTO-CHEMICAL_ACTIVITY_OF_ELITES_CLONES_OF_ECUATORIAN_CACAO_THEOBROMA_CACAO_L_AT_NO/links/57442f9c08ae298602f10028.pdf

Tolón, A., Lastra, X. y Fernández, E. (2013). Huella hídrica de América Latina: retos y oportunidades. Madrid. ES. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*, 41(1), 113-149.

Torres, A., Ardisana, E., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G. y León, R. (2018).

Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Revista La Técnica, 8(20), 76-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6723168>

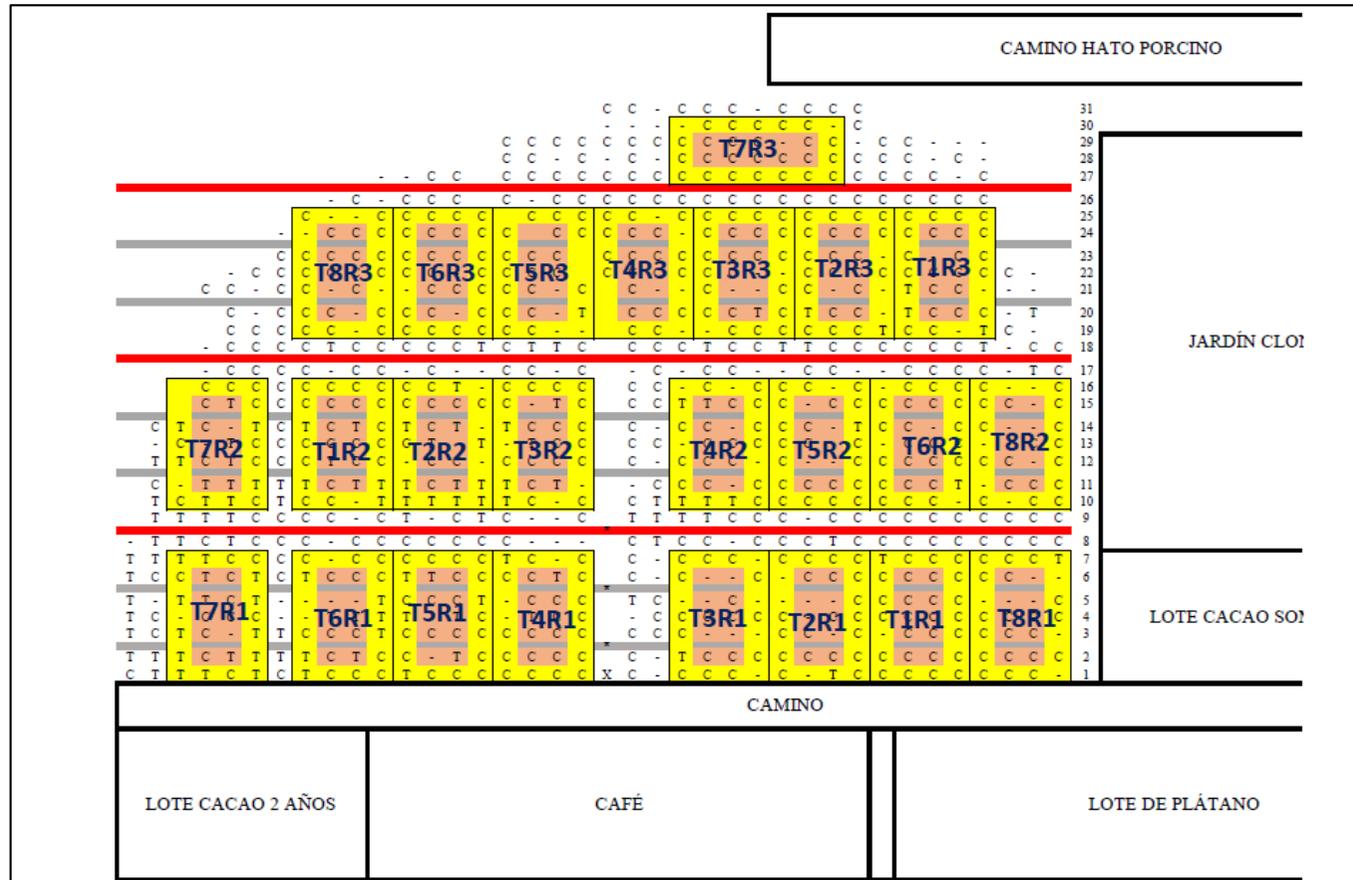
Vázquez del Mercado, A. & Buenfil, M. (2012). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. Revista Aqua-LAC, 4(1), 41 - 48. <http://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/86/63>

Villamizar R., Osma, J. & Ortiz, O. (2019). Regional Evaluation of Fungal Pathogen Incidence in Colombian Cocoa Crops. *Agriculture*. 9, 44 <https://doi.org/10.3390/agriculture9030044>

ANEXOS

ANEXO 1

1-A CROQUIS DE CAMPO



ANEXO 2. ANALISIS DE SUELO


ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: Centeno Vera Luis Alberto	Nombre	: ESPAM-MFL	Cultivo Actual	: Pasto
Dirección	: Calceta	Provincia	: Manabí	N° Reporte	: 1204
Ciudad	:	Cantón	: Bolívar	Fecha de Muestreo	: 20/10/2016
Teléfono	: 0935760609	Parroquia	: Calceta	Fecha de Ingreso	: 21/10/2016
Fax	:	Ubicación	:	Fecha de Salida	: 08/11/2016

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
80751	Muestra 1		6,9 PN	15 B	91 A	1,81 A	17 A	5,8 A	5 B	2,3 M	7,3 A	51 A	1,9 B	0,74 M	



INTERPRETACION					METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES			
<p>pH</p> MAc = Muy Acido LAc = Liger. Acido LAI = Lige. Alcalino RC = Requiere Cal Ac = Acido PN = Prac. Neutro MeAl = Media. Alcalino MeAc = Media. Acido N = Neutro Al = Alcalino					<p>Elementos: de N a B</p> B = Bajo M = Medio A = Alto		<p>pH = Suelo: agua (1:2,5) N,P,B = Colorimetría S = Turbidimetría K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica </p>		<p>Olsen Modificado N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn Fosfato de Calcio Monobásico B,S </p>	

X. W. [Signature]
 LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

La muestra será guardada en el Laboratorio,
 por tres meses, tiempo en el que se aceptarán
 reclamos en los resultados

[Signature]
 RESPONSABLE LABORATORIO

ANEXO 3 LABORES DE ADECUACIÓN DEL EXPERIMENTO

3-A Adecuación del sistema de riego



3-B Aplicación de poda a la plantación



3-C Eliminación de escobas de bruja, frutos cherelles y con Monilla



3-D identificación del experimento, tratamientos y unidades experimentales



ANEXO 4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

4-A Fertilizantes sólidos utilizados en el experimento



4-B Bioestimulantes foliares utilizados en el experimento



4-C Mezcla y calibración de fertilizantes



4-D Fertilización de los diferentes tratamientos



4-E Preparación de bomba de fumigar con bioestimulantes



4-F Aplicación de bioestimulantes



4-G Cosecha de mazorcas



4-H Extracción de granos



ANEXO 5 REGISTRO O TOMA DE VARIABLES

5-A Registro de humedad en el suelo



5-B Registro de conductancia estomática



5-C Registro de clorofila en Índice SPAD



5-D Registro de variables sanitarias



5-E Registro de variables agronómicas

