



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo
para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Características fenotípicas del cacao, influenciadas por la aplicación de
algas marinas en el Ecuador.”

AUTORA:

Reina Roxana Cortez Rodríguez

TUTOR:

Ing. Agr. Nessar Rojas Jorgge, MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2021

CONTENIDO

RESUMEN	ii
SUMMARY	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos	4
1.5. Fundamentación teórica	5
1.5.1. Generalidades del cultivo	5
1.5.2. Características fenotípicas del cacao	6
1.5.2.1. Raíz	6
1.5.2.2. Tallo y Ramas	9
1.5.2.3. Hojas	10
1.5.2.4. Flores	12
1.5.2.5. Fruto	13
1.5.2.6. Semillas	13
1.5.3. Bioestimulantes	14
1.5.4. Algas marinas	15
1.5.5. Biofertilizantes a base de algas marinas	15
1.5.6. Investigaciones realizadas	16
1.6. Hipótesis	17
1.7. Metodología de la investigación	17
CAPÍTULO II	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas	18
2.3. Soluciones planteadas	19
2.4. Conclusiones	19
2.5. Recomendaciones	19
BIBLIOGRAFÍA	21

RESUMEN

El presente documento trata sobre las características fenotípicas del cacao, influenciadas por la aplicación de algas marinas. Si no existe un programa de nutrición adecuado, especialmente con aplicación de productos a base de algas marinas, es muy probable que se obtengan bajos rendimientos en el cultivo en cuanto a sus diferentes características fenotípicas. Las conclusiones expuestas en función del análisis de información revisada determinaron: que en el Ecuador, el cacao es considerado uno de los mejores productos de exportación, lo que hace posicionar a la pepa de oro como un cultivo de mucha importancia por generar réditos económicos; la aplicación de algas marinas en las plantaciones de cacao mejoran las características fenotípicas del cultivo; aumentan el desarrollo radicular y la sobrevivencia de plántulas, previenen la incidencia de plagas y enfermedades incrementando con el tiempo su productividad. La aplicación constante de algas marinas en el cultivo, permiten establecer plantaciones de cacao orgánico, logrando producir materia prima codiciada a nivel mundial.

Palabras claves: algas marinas, cacao, características fenotípicas.

SUMMARY

This document deals with the phenotypic characteristics of cocoa, influenced by the application of seaweed. If there is no adequate nutrition program, especially with the application of products based on seaweed, it is very likely that low yields will be obtained in the culture in terms of its different phenotypic characteristics. The conclusions presented based on the analysis of the revised information determined: that in Ecuador, cocoa is considered one of the best export products, which makes the gold seed a very important crop for generating economic returns; the application of seaweed in cocoa plantations improves the phenotypic characteristics of the crop; increase root development and seedling survival, prevent the incidence of pests and diseases, increasing productivity over time. The constant application of marine algae in the cultivation, allows to establish organic cocoa plantations, managing to produce raw material coveted worldwide.

Keywords: seaweed, cocoa, phenotypic characteristics.

I. INTRODUCCIÓN

La importancia del cacao (*Theobroma cacao* L.), radica por considerarse uno de los productos agrícolas más relevantes, debido a que su producción es materia prima para la obtención de diversos productos, entre los que se destaca el chocolate como confitería, grasa como la manteca de cacao y cosméticos, generando divisas a los productores cacaoteros.

En los últimos años se han producido importantes avances en el mundo de las semillas, lo que ha conllevado a una agricultura más tecnificada, asegurándonos que la germinación y nascencia de la plántula sean correctas. Los ensayos de germinación ofrecen una primera información respecto a la calidad de las semillas, el poder germinativo y su valor potencial para la siembra en campo, especialmente mediante la utilización de fertilizantes orgánicos (López y Gil 2017).

El fruto del cacao, denominado comúnmente mazorca, consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, entre 20 y 50, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilaginoso de color blanco y sabor azucarado, la forma, el tamaño y color del fruto son atributos de interés en la identificación y descripción de los clones y cultivares, el tamaño de la mazorca depende del largo, que oscila de 10 a 30 cm y del ancho que puede ser de 7 a 9 cm, siendo estas sus principales características fenotípicas del cultivo (Graziani *et al.* 2015).

Es necesario destacar que las algas marinas mejoran el suelo y vigorizan las raíces de las plantaciones, especialmente con la finalidad de suplir el uso de insumos químicos por orgánicos, lo que promueve a incrementar los rendimientos y la calidad de las cosechas, favoreciendo a una agricultura sostenible.

La aplicación de algas marinas en plántulas de cacao se ha demostrado que son beneficiosas para mejorar las características organolépticas de la planta.

Por tales razones es necesario optimizar los conocimientos sobre la situación del

cultivo, buscando el incrementar su producción y productividad mediante el empleo de algas marinas.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento hace referencia a la importancia de mejorar las características fenotípicas del cacao (*Theobroma cacao* L.), influenciadas por la aplicación de algas marinas en el Ecuador.

Es necesario constantemente que las características fenotípicas del cacao sean optimizadas y por consiguiente también su calidad de sabor y aroma mediante la aplicación de algas marinas, que son las encargadas de reparar el suelo y vigorizar las plantaciones mejorando sus características e incrementar su producción.

1.2. Planteamiento del problema

El cacao ecuatoriano es uno de los productos más importantes a nivel mundial por su aroma y sabor. Representa la mejor materia prima para la fabricación de chocolate y otros derivados de la industria agroalimentaria.

La permanencia de las plantaciones del cultivo de cacao en el Ecuador constantemente se ve afectadas por plagas, enfermedades y problemas de fertilización, lo que ha limitado su producción e incluso se llega hasta a reemplazar las variedades nacionales por las híbridas, debido a las diferentes características fenotípicas (hojas, frutos y semillas) acción que repercute en las pérdidas de las propiedades organolépticas de tan preciado producto.

A medida que en la plantación de cacao transcurren los años, la aplicación de productos químicos puede causar efectos perjudiciales, reduciendo la calidad de fruto y por ende el mercado de exportación. Por ello es necesario buscar alternativas que compensen el deterioro de los suelos y mejoren las características deseables de la plantación.

1.3. Justificación

El cacao, llamado tradicionalmente “pepa de oro”, es uno de los principales productos de exportación en el Ecuador, generando divisas y fuente de ingresos económicos a las personas que se encargan de su producción.

En los últimos años, la tendencia a la aplicación de los fertilizantes químicos ha disminuido debido a los altos costos y porque los agricultores se concentran en realizar otras labores culturales agrícolas que evidencian rápidamente su necesidad en la plantación como lo son las podas y control de enfermedades, descuidando los beneficios de la fertilización.

Es indispensable la fertilización del cultivo de cacao, lo cual a partir de la revolución verde se utilizó el uso desmedido de los químicos deteriorando las características fisicoquímicas del suelo a causa de la acumulación de sales, influenciando además la flora y la fauna; por tanto, en la actualidad se observa la tendencia a sustituir los productos de químicos por otros amigablemente ecológicos entre los que se destaca el uso de algas marinas.

Las algas marinas mejoran la estructura del suelo y vigorizan a las plantas, indispensables para mejorar las características organolépticas del cultivo de cacao como son hojas, semillas y mazorcas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Analizar las características fenotípicas del cacao, influenciadas por la aplicación de algas marinas en el Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Describir las características fenotípicas de cacao.
- Establecer la importancia de las algas marinas sobre las características fenotípicas del cultivo de cacao.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades del cultivo

ANECACAO (2020) publica que:

Tradicionalmente se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras, donde su uso está atestiguado alrededor de 2,000 años antes de Cristo. No obstante, estudios recientes demuestran que por lo menos una variedad de *Theobroma cacao* tiene su punto de origen en la Alta Amazonía y que ha sido utilizada en la región por más de 5,000 años.

Montes (2016) indica la taxonomía del cacao:

Reino: Plantae
Tipo: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Malvales
Familia: Sterculiaceae
Género: *Theobroma*
Especie: *cacao* L

ANECACAO (2020) divulga que:

La cultura del cacao en Ecuador es antigua, se sabe que, a la llegada de los españoles en la costa del Pacífico, ya se observaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento y la utilización de esta especie en la región costera. En nuestro país se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como Nacional es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma.

Mora *et al.* (2014) argumentan que:

El Ecuador se caracteriza por producir un cacao fino de aroma, producto altamente apetecido por los mercados internacionales. La baja producción de este tipo de cacao ha llevado a los agricultores a optar por otras variedades de mayor rentabilidad, tecnología para el control de plagas y enfermedades y diferentes

programas de nutrición que aporten al desarrollo de plantas con características superiores como un aporte al mejoramiento productivo del cacao en el país.

Quiroz y Soria (1994) aseguran que:

El país ha reconocido la necesidad de mantener su mercado de cacao fino, por lo cual se ha considerado prioritario conservar, mejorar y multiplicar, germoplasma de cacao Nacional. Por ello, se consideró necesario realizar estudios de una caracterización fenológica e izoenzimática de la variedad "Nacional" mediante la aplicación de programas de nutrición, lo cual permitirá preservar y propagar este material tan importante por su calidad y aroma.

Jácome (2018) comenta que:

El cacao (*Theobroma cacao* L.) ecuatoriano se ha caracterizado por su prestigio de calidad gracias al complejo genético nacional que actualmente se encuentra en un avanzado proceso de erosión genética debido a su baja producción, susceptibilidad a plagas y disminución de las características fenotípicas del mismo, originando un constante desplazamiento por cacaos híbridos de alta producción, medianamente resistentes a plagas, con elevados costos de producción pero de baja calidad organoléptica, ocasionando inestabilidad en los precios, baja competitividad, y pérdida de importantes nichos de mercado, desestabilizando al sector cacaotero nacional.

ANECACAO (2020) considera que:

En la actualidad, la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla de Nacional y Trinitario introducidos después de 1920 por considerarse más resistente a las enfermedades. Sin embargo, el sabor Arriba sigue permaneciendo ya que el Ecuador tiene las condiciones agro-climáticas para el desarrollo del cultivo.

1.5.2. Características fenotípicas del cacao

1.5.2.1. Raíz

Mejía (2016) refiere que:

En cacao, las plantas de uno a tres meses presentan abundantes raíces laterales fibrosas a lo largo de la raíz principal. Al cuarto mes muchas raíces laterales desaparecen y quedando únicamente aquellas que van alcanzar un desarrollo formal. Del quinto mes en adelante las raíces laterales de las plantas se presentan divididas en 3 o 4 pisos. En plantas de 6 meses el 80 % del sistema radicular se establece en las primeras 6" de la superficie del suelo, el 16 % a las 12" y un 4 % a las 18". Más o menos igual distribución tienen las raíces de árboles viejos. La longitud de las raíces comparadas a la longitud del tallo en plantas de 1 hasta 6 meses fue aproximadamente igual.

Hidalgo (2020) define que:

En los viveros que se siembra y cultiva plantas de cacao afrontan problemas para la comercialización de las mismas, a causa de su lento desarrollo y mal formación de las raíces, que a futuro afecta al desarrollo del árbol, lo que quizás se deba al tipo de suelo utilizado.

Arrazate *et al.* (2014) manifiestan que:

El árbol de cacao que proveniente de semilla, tiene una raíz pivotante principal, que puede crecer entre 1.20 m y 1.50 m dependiendo de las características del suelo. En los primeros 20 a 25 cm, desde la corona radical se desarrolla gran cantidad de raíces laterales o secundarias que dan origen a terciarias y éstas a su vez, cuaternarias, y así sucesivamente. Puesto que cerca del 80% a 90% de las raíces se encuentran en esta sección, cualquier tipo de cultivo o labor al suelo mal empleado puede dañarlas. Los árboles provenientes de estacas no forman raíz pivotante principal, pero forman de dos a tres raíces laterales secundarias, que penetran en el suelo a una profundidad parecida a la que llega la raíz principal y desempeñan una función similar a ésta.

Gutiérrez *et al.* (2017) informan que:

El sistema radicular de *T. cacao* consta de una raíz principal pivotante, a partir de la cual crecen raíces secundarias, dispuestas en los primeros 30 cm de suelo. En las plantas que crecen en ambientes espacialmente limitados, el despliegue de sus órganos puede deprimirse, generando una reducción en la capacidad de adquisición de recursos, limitando el crecimiento y la productividad. En la naturaleza la

restricción en el volumen del suelo disponible para el crecimiento de la raíz puede evidenciarse en la limitación del espacio, producto de los sistemas radiculares de las plantas vecinas. Esta fragmentación del espacio puede reducir el crecimiento de la planta.

Osorio *et al.* (2017) mencionan que:

El incremento del área de cultivos de cacao, requiere de material vegetal con características de tamaño y desarrollo de la raíz que aseguren el establecimiento y longevidad del cultivo. Generalmente, este material de propagación proviene de viveros, donde las plántulas crecen en contenedores o bolsas con diversas condiciones de espacio y suelo inadecuado para el desarrollo de sus raíces que pueden afectar el crecimiento aéreo.

Cortés *et al.* (2015) indican que:

Es de importancia el uso de microorganismos como mejoradores de los sustratos utilizados en condiciones de vivero, lo cuales son reconocidos por su gran efecto como promotores del desarrollo radicular en las plántulas de cacao y por su contribución al incremento y capacidad de absorción de nutrientes, por consiguiente, se pueden obtener plantas adecuadas para su establecimiento definitivo en campo o para procesos de injertación.

Gutiérrez *et al.* (2017) expresan que:

Debido a la creciente demanda de clones de cacao de buena calidad, se debe buscar mayor eficiencia en las técnicas de propagación, principalmente en lo relacionado con el desarrollo más acelerado de los patrones para disminuir el tiempo de permanencia de la raíz en recipientes que afectan el desarrollo radicular y generan malformaciones de estas, donde juega un papel importante el tamaño del recipiente utilizado para la siembra. Es así, por ejemplo, la utilización de bolsas de buen tamaño como recipientes de propagación en los viveros que permite producir plantas en menor tiempo, con mayor capacidad de soportar el estrés asociado con el trasplante en el campo y que posibilitan un uso más eficiente de los recursos involucrados en la producción. La aplicación de fertilizante y el uso de recipientes adecuados de acuerdo al hábito de crecimiento de la especie influyen en la morfología y fisiología de las plantas.

Mejía (2016) explica que:

Las raíces de las plantas sembradas en un suelo franco arcilloso se desarrollan mejor que las raíces de plantas en suelo franco arenoso. El hábito diferente de enraizamiento entre estacas de abanico y estacas de chupón desaparece una vez que éstas se desarrollan y forman en menor proporción un desarrollo radicular similar al de plantas reproducidas por semillas con dos o tres raíces verticales. Plantas bajo un 50 % de sombra desarrollan la raíz terminal más profunda y las raíces laterales más extensas que plantas bajo un 25 % de sombra.

Barros (2015) estima que “Las plantas provenientes de semilla tienen raíz pivotante, mientras que, las provenientes de estacas su sistema radicular es en forma de abanico. Las raíces secundarias se extienden a distancia de cinco y seis metros del tronco y crecen horizontalmente”.

Mejía (2016) difunde que:

Estudios realizados demuestran que plantas bajo el 90 % de sombra desarrollan un sistema radicular pobre, mientras que las raíces de las plantas puestas en soluciones a base de algas marinas alcanzan mayor longitud y consistencia y pocas raíces laterales, comparativamente, estas raíces tienen pocos pelos absorbentes, pero mejor desarrollo. Plantas sin nitrógeno presentan raíces laterales cortas abundantes en raíces terciarias y éstas a su vez en pelos absorbentes. Plantas sin potasio presentan un sistema radicular parecido al de las plantas en soluciones a base de algas marinas, pero más frágiles y con pelos absorbentes abundantes. Plantas sin fósforo presentan las raíces laterales más cortas y las más abundantes en pelos absorbentes.

1.5.2.2. Tallo y Ramas

Batista (2019) determina que:

Tallo y ramas del árbol de cacao, al igual que las de otras especies del género *Theobroma*, son dimórficas: unas son de crecimiento vertical hacia arriba, denominadas ramas de crecimiento ortotrópico, y constituyen el tallo y/o los chupones, mientras que otras tras son de crecimiento oblicuo hacia fuera,

denominadas ramas de crecimiento plagiotrópico.

Batista (2019) destaca que:

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta. El cacao tipo Criollo normalmente desarrolla un verticilo de 3 a 5 ramas laterales, las cuales presentan un espacio bien marcado entre sus puntos de origen. En el cacao Forastero las ramas laterales del verticilo salen de un mismo punto. En ambos casos, cuando el árbol llega a adulto, las bases de las ramas laterales forman un solo anillo. Las ramas laterales se desarrollan formando un ángulo de 45°.

Barros (2015) describe que:

Las ramas del árbol crecen verticalmente hacia arriba (tallo y chupones) y las otras oblicuamente hacia los lados. Las plantas provenientes de semilla, crecen como un solo tallo hasta 1.50 m de altura. Aquí, la yema terminal detiene su crecimiento y emergen de tres a cinco ramas laterales que se denomina horqueta.

Batista (2019) define que:

La formación de chupones ocurre con frecuencia, emergiendo inmediatamente por debajo del verticilo, formando una nueva horqueta, la cual se repite en esta misma forma unas 4 veces. Los troncos o tallos en su parte inferior solo producen hijos, llamados chupones basales, los cuales pueden producir en la base raíces verdaderas con el mismo hábito de crecimiento de las del tallo principal.

1.5.2.3. Hojas

De acuerdo a Barros (2015):

La hoja del cacao tiene dos estípulas que se desprenden tempranamente, un peciolo conspicuo y el limbo. El limbo contiene tres capas de células de empalizada en la cara superior y una capa de igual espesor de tejido esponjoso de la cara inferior.

Enríquez (1987) sostiene que “Las hojas son simples, enteras y de color verde bastante variables. Algunos árboles tienen hojas tiernas y bien pigmentadas que pueden llegar a ser de un color café claro, morado o rojizo; también se las encuentran de color verde pálido”.

Arrazate *et al.* (2014) consideran que:

La mayoría de las hojas tienen pigmentación, cuyo color varía desde un verde claro, casi blanquecino, hasta el violeta oscuro. Aparentemente las más pigmentadas se encuentran entre los cacaos criollos y trinitarios y los menos pigmentadas se encuentran en los amazónicos. También el ápice y la parte basal de la hoja varían considerablemente en la especie, pero se mantienen constantes en un mismo clon y por lo tanto ayudan a identificarlo.

Batista (2019) comenta que:

La hoja durante su formación, crecimiento y estado adulto, exhiben pigmentaciones diferentes, cuya coloración varía desde muy pigmentadas hasta poca pigmentación. Generalmente, los tipos de cacao Criollo y Trinitario tienen pigmentación más coloreadas que los del tipo Forastero, los que son de muy poca pigmentación. En todos casos las hojas adultas son completamente verdes, de lámina simple, entera, de forma que va desde lanceolada a casi ovalada, margen entero, nervadura pinada, y ambas superficies glabras. El nervio central es prominente y el ápice de la hoja es agudo.

La misma fuente señala que las hojas están unidas al tronco o a las ramas por medio a los pecíolos, siendo los del tronco más largos que los de las ramas. Las hojas tienen, tanto en la base como en la parte superior, una estructura abultada constituida por un tejido parenquimatoso cargado de gránulos de almidón denominada pulvino, que a consecuencia de estímulos de los rayos de luz solar orientan las hojas mediante movimientos de rotación buscando posición en relación con sus necesidades de luz (Batista 2019).

Arrazate *et al.* (2014) aseguran que:

Las hojas tienen características propias dependiendo del tipo de tallo en que se

originan. Las hojas del tronco ortotrópico comúnmente poseen un pecíolo largo (7 cm a 9 cm) con dos pulvinos, uno en la inserción del tallo y otro inmediatamente abajo de la lámina, lo cual permite que la hoja se oriente respecto a la luz. Las hojas de las ramas de abanico son de pecíolo corto con un pulvino menos marcado. La distribución de las hojas en el tronco tiene una filotaxia de 3/8, es decir, que a la tercera vuelta la primera y la octava están en el mismo plano; mientras que las de las ramas, están en espiral.

Batista (2019) argumenta que:

El tamaño de las hojas es variable, lo cual depende de caracteres genéticos y de su posición en el árbol. Las hojas de la periferia que están muy expuestas a la luz solar son más pequeñas que las que están ubicadas en el interior del árbol. Las hojas adultas del cacao Criollo son más grandes que las del cacao Forastero.

Arrazate *et al.* (2014) afirman que:

El tamaño de la hoja puede variar mucho, pero esta variación está influenciada por el ambiente donde se desarrolla; así en plantas que crecen bajo poca luz las hojas son más grandes y viceversa: a mayor luminosidad es menor su tamaño.

1.5.2.4. Flores

Enríquez (1987) reporta que “las flores y sus frutos se reproducen en cojines sobre tronco y ramas de tejido maduro de mayor de un año, en los sitios donde antes hubo hojas”.

Según Arrazate *et al.* (2014):

Las flores están sostenidas por pequeños pedicelos, unidos al eje en una cima monocial o bípara por medio de una zona de abscisión, que permite el desprendimiento de la flor cuando no ha sido fecundada. El pedicelo que sostiene la flor es pequeño (de 1 cm a 2 cm) y puede variar en pigmentación, contenido de vellos y glándulas laterales.

Enríquez (1987) agrega que “las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. Muchos insectos actúan como

agentes principales de polinización”.

1.5.2.5. Fruto

Arrazate *et al.* (2014) agregan que:

El fruto es el resultado de la maduración del ovario, que una vez fecundado es una baya indehiscente con tamaños que oscilan de 10 cm a 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde en estado inmaduro, característica que depende del genotipo. El número de semillas por fruto es un carácter muy variable y al parecer está altamente influenciado por el ambiente; el número máximo de semillas es el número de óvulos por ovario.

Barros (2015) expone que: “el fruto del cacao se llama mazorca y botánicamente es una baya o una sub-baya de tamaño variable con peso que va desde 200 hasta 1000 gramos o más”.

Arrazate *et al.* (2014) expresan que:

El fruto es sostenido por un pedúnculo leñoso, resultado de la maduración del pedicelo de la flor. El pericarpio está formado por tres partes: a) el exocarpo o sección exterior, formado por un tejido esponjoso, con o sin pigmentaciones, de espesor variable; b) el mesocarpo, es una capa de células semileñosas, dura, cuya característica puede variar según el genotipo, así en los cacaos criollos es suave mientras que en los forasteros es dura, y c) una capa interior o endocarpo carnosa y suave, que tiene continuidad con el mucílago de la semilla.

1.5.2.6. Semillas

Arrazate *et al.* (2014) enfatizan que:

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 cm a 3 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de diversos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia. En el interior de la almendra se encuentran los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo.

1.5.3. Bioestimulantes

De acuerdo a Navas y Ramos (2017):

El futuro de una plantación está asegurado con la calidad de los clones que se obtienen y para esto influye mucho el manejo que se dé en el vivero. Además, la aplicación de bioestimulantes ayuda a reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente mejorando la calidad de clones. Actualmente es de suma importancia implementar técnicas de producción agrícolas enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible especialmente siguiendo la tendencia en el mercado por consumir cacao orgánico.

Guerrero (2016) describe que:

La obtención de óptimos rendimientos y calidad son los objetivos de todo buen productor. Gran porcentaje de la producción se exporta, por lo que consecuentemente el aplicar nuevas tecnologías es importante, así como el mantener la sanidad la y buena nutrición de las plantas, lo que asegura gran parte del éxito.

El mismo autor expresa que “actualmente la sobre-explotación de los suelos está afectando la fertilidad de los mismos y es necesario impulsar la biofertilización y el incremento de microorganismos ya que son elementos fundamentales para ayudar a la absorción de nutrientes asimilables” (Guerrero 2016).

Navas y Ramos (2017) describen que:

Una adecuada nutrición a base de bioestimulantes, permite satisfacer las necesidades de estos elementos, además, la producción de clones en vivero se hace más eficiente, ya que estos permiten obtener plantas con mayor rapidez, vigorosas y con cierto grado de resistencia a las plagas y enfermedades al momento de ir al campo definitivo.

Para Casaverde (2016) “Diversos estudios demuestran que aplicando bioestimulantes orgánico producen mejor efecto en el crecimiento de plantas injertadas de cacao clon CCN-51, con incremento de altura de la planta, el diámetro del tallo, número de hojas y longitud de hojas”.

1.5.4. Algas marinas

Guerrero (2016) destaca que “Las algas proporcionan a los cultivos, macro y micronutrientes que las plantas requieren, así como sustancias naturales con efectos comparados a los reguladores de crecimientos. Además, son consideradas como organismos fotosintetizadores”.

El mismo autor expone que “las algas son consideradas como activadores biológicos y bioestimulantes orgánicos y que la utilización de más de un alga aumenta el contenido de nutrientes, y a la vez su disponibilidad para una rápida asimilación durante el desarrollo de las plantas”.

Los extractos de algas al aplicarlos vía suelo y foliar, fijan nitrógeno del aire, lo que ayuda a proporcionar más nutrición y vigor a los cultivos. En porciones de algas expuestas a la luz, existen células con cloroplastos, que son los órganos especializados en llevar a cabo la fotosíntesis (Guerrero, 2016).

1.5.5. Biofertilizantes a base de algas marinas

Zermeño *et al.* (2016) explican que:

Los biofertilizantes a base de extractos de algas marinas, son materiales bioactivos naturales solubles en agua, son fertilizantes orgánicos naturales que promueve la germinación de semillas, incrementan el desarrollo y rendimiento de cultivos. Los extractos de algas marinas pueden ser utilizados como suplementos nutricionales, bioestimulantes o fertilizantes en la agricultura y horticultura: como biofertilizantes se pueden utilizar en extracto líquido o granular (polvo), el cual se puede aplicar vía foliar o al suelo.

El mismo autor refiere que el uso de algas marinas como biofertilizantes en la agricultura ha aumentado en los últimos años. Las algas marinas contienen una amplia gama de sustancias bioactivas tales como vitaminas, minerales, reguladores del crecimiento, compuestos orgánicos, agentes humectantes, coloides mucilaginosos (agar, ácido algínico, y manitol) que ayudan en la retención de la

humedad y los nutrientes en las capas superiores del suelo (Zermeño *et al.* 2016).

Zermeño *et al.* (2016) informan que:

Estudios previos muestran que las aplicaciones de extractos de algas marinas estimulan la actividad de los microorganismos del suelo que induce una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta debido a que facilitan su absorción, reducen la compactación, aumentan la aireación y capacidad de retención de agua del suelo. Las algas marinas también tienen un efecto positivo sobre la actividad biológica (respiración y movilización del nitrógeno) del suelo ya que promueve la diversidad microbiana, creando así un medio ambiente adecuado para el crecimiento de la raíz.

Al incinerar las algas marinas, dejan un residuo de cenizas cinco o seis veces mayor que el que dejan las plantas; consecuentemente, tienen más metabolitos, y por lo tanto más enzimas, por lo que al usar algas marinas y/o sus derivados en la agricultura se aporta un complejo enzimático extra al suelo y a la planta (Zermeño *et al.* 2016).

Guerrero (2016) manifiesta que “al aplicar extractos de algas marinas al follaje, las enzimas que estas contienen refuerzan en las plantas sus defensas, su nutrición y su fisiología, aportando más resistencia a estrés, mas nutrición y vigor”.

Rodríguez (2016) expone que:

Estudios demuestran que, con la aplicación de las algas marinas en dosis de 5, 10 y 15 g/planta, se obtienen beneficios para las plantas cuando se aplican al sustrato. Aunque, las aplicaciones de las algas marinas directamente a las semillas le hacen perder poder germinativo.

1.5.6. Investigaciones realizadas

FERTISA (2020) menciona que:

Investigaciones efectuadas con productos a base de extractos de algas *Ascophyllum nodosum* aplicados al cultivo de cacao actúan como un complejo orgánico mineral y bioestimulante natural. Su rápida absorción evita el lavado en época lluviosa, lo

cual mejora el metabolismo del cacao y estimula el sistema de autodefensa de la planta. Además, aporta minerales y es un estimulante de procesos metabólicos, activando las defensas naturales contra enfermedades, también previene el stress ambiental por su capacidad antioxidante.

Noboa (2019) expone que:

Estudios obtenidos demuestran que Algaser Plus (producto elaborado a base de algas marinas) produjo las plántulas de cacao más altas con 21.73 cm a los 30 días, 30.65 cm a los 50 días y 51.53 cm a los 70 días, y tallos más gruesos con 1.53, 1.76 y 2.00 cm, a los 30, 50 y 70 días, respectivamente. La emisión foliar fue potenciada al aplicarse Algaser Plus presentando 3.78 hojas a los 30 días, incrementándose en 3.60 y 12.37 para los 50 y 70 días, correspondientemente. Al aplicarse Algaser Plus se observó un mayor desarrollo radicular con 26.93 cm y mayor sobrevivencia con un 92.50% de plantas vivas al final del ensayo, generando una rentabilidad de 44.98 %.

1.6. Hipótesis

Ho= las características fenotípicas del cacao no están influenciadas por la aplicación de algas marinas en el Ecuador.

Ha= las características fenotípicas del cacao están influenciadas por la aplicación de algas marinas en el Ecuador.

1.7. Metodología de la investigación

La presente información se realizó de acuerdo a las investigaciones recopiladas de artículos científicos, textos, libros, revistas científicas, ponencias, congresos y documentos virtuales.

La información obtenida fue procesada mediante la técnica de análisis-síntesis y resumen con la finalidad de que el lector conozca sobre la temática de características fenotípicas del cacao, influenciadas por la aplicación de algas marinas.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento trata sobre las características fenotípicas del cacao, influenciadas por la aplicación de algas marinas.

Es necesario determinar que, si no existe un programa de nutrición adecuado, especialmente con aplicación de productos a base de algas marinas, se pueden obtener bajos rendimientos en el cultivo en cuanto a sus diferentes características fenotípicas de la plantación como son las hojas, ramas, semillas y mazorcas.

2.2. Situaciones detectadas

Dentro de las situaciones detectadas se puede detallar lo siguiente:

Los agricultores realizan esfuerzos para cumplir con las exigencias de los mercados internacionales a fin de certificar sus producciones optimizando la cosecha de cacao, esto muchas veces se debe a que el manejo del cultivo no es el apropiado pues en ocasiones no se realizan un adecuado plan de fertilización y en especial mediante la utilización de fertilizantes orgánicos de acuerdo a las necesidades del cultivo.

Es necesario aumentar investigaciones referentes a mejorar las propiedades organolépticas del cultivo de cacao mediante la aplicación de algas marinas, a fin de que las labores culturales sean las adecuadas para el desarrollo de la plantación.

El peso de semillas, número de hojas, peso de mazorcas se ve influenciada por la falta de programas de nutrición adecuados en el cultivo de cacao.

2.3. Soluciones planteadas

Por lo expuesto se plantea:

Incentivar a los agricultores a realizar todas las labores culturales necesarias para mejorar las características fenotípicas del cultivo de cacao, incrementando o validando los diferentes programas de fertilización.

Promover el uso de algas marinas en evaluaciones de campo como parte del programa de nutrición para evidenciar los efectos a largo plazo en el cultivo de cacao, mejorar las propiedades organolépticas y lograr mayor rendimiento de granos por hectárea.

2.4. Conclusiones

Por la información recopilada se puede concluir los siguientes:

En el Ecuador, el cacao es considerado uno de los mejores productos de exportación, lo que hace posicionar a la pepa de oro como un cultivo de mucha importancia por generar réditos económicos.

La aplicación de algas marinas en las plantaciones de cacao mejora las características fenotípicas del cultivo; aumentan el desarrollo radicular y la sobrevivencia de plántulas, previenen la incidencia de plagas y enfermedades incrementando con el tiempo su productividad.

La aplicación constante de algas marinas en el cultivo, permiten establecer plantaciones de cacao orgánico, logrando producir materia prima codiciada a nivel mundial.

2.5. Recomendaciones

Las recomendaciones planteadas son:

Realizar investigaciones en el cultivo de cacao, en fase de vivero y campo a fin de identificar los beneficios de los productos orgánicos a base de extractos de algas marinas aplicadas a las plantaciones.

Concientizar a los agricultores sobre el uso de productos a base de extractos de algas marinas, a fin de mejorar las características fenotípicas del cultivo de cacao.

BIBLIOGRAFÍA

- ANECACAO. (2020). Origen e historia del cacao. Disponible en <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- Arrazate, C. H. A., Fuentes, J. M. V., Rojas, E. C., Méndez, R. A. G., López, A. M., Medina, J. F. A., Zaragoza, S. E. (2014). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo.
- Barros Nieves, O. (2015). Morfología y clasificación botánica del cacao. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bacdig.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=017922>
- Batista, L. (2019). El cultivo de cacao. Santo Domingo: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal.
- Casaverde Guillen, A. (2016). Influencia de cuatro bioestimulantes en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon Ccn-51 en Satipo.
- Cortés Patiño, S. L., Vesga Ayala, N. P., Sigarroa Rieche, A. K., Moreno Rozo, L., Cárdenas Caro, D. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 27(3), 151-158.
- Enríquez, G. A. (1987). Manual de cacao para agricultores. EUNED.
- FERTISA. (2020). Producto Fertiestim plus. Disponible en https://fertisa.com/pdf/portafolio_7.pdf
- Graziani de Fariñas, Lucía, Ortiz de Bertorelli, Ligia, Angulo, Johanna, Parra, Pablo. (2015). Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de cumboto, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 52(3), 343-362. Recuperado en 28 de enero de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006&lng=es&tlng=es.
- Guerrero, J. (2016). La aplicación de las algas marinas para la fertilización. Hortalizas. Disponible en <http://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/laaplicacion-de-las-algas-marinas-para-la-fertilizacion>.
- Gutiérrez, M., Gómez, R., Rodríguez, N. F. (2017). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(1), 33-41.

- Hidalgo Gamez, A. (2020). Influencia de dosis de los bioestimulantes orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en condición de vivero en la provincia de Tocache–San Martín.
- Jácome Vásquez, J. E. (2018). Análisis de la diversidad fenotípica de cacao nacional x trinitario *Theobroma cacao* L en la provincia de El Oro (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
- López Medina Segundo Eloy; Gil Rivero Armando Efraín (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao”. *Arnaldoa* 24 (2): 609 - 618, 2017. ISSN: 2413-3299 (edición online)
- Mejía, B. (2016). Estudio del sistema radicular del árbol del cacao (*Theobroma cacao* L.) (No. Thesis M516). IICA, Turrialba (Costa Rica).
- Mora, F. D. S., Montufar, J. Z., Chang, J. V., Remache, R. R., Fiallos, F. R. G., Montúfar, G. H. V. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- Montes Mosquera, M. (2016). “Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) ccn-51, en la zona de Babahoyo” (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Babahoyo)
- Navas Barba, J., Ramos Remache, R. (2017). Bioestimulantes orgánicos en el comportamiento fenológico de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en viveros. La Maná 2013 (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Noboa Tobar, F. J. (2019). Efecto de la aplicación de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Valencia, provincia de Los Ríos (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ).
- Osorio, M. A., Leiva, E. I., Ramírez, R. (2017). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 73-82.
- Quiroz Vera, J., Soria, J. (1994). Caracterización fenotípica del cacao nacional de Ecuador.
- Rodríguez Silva, Y. F. (2016). Efecto de la aplicación de seis dosis de algas marinas sobre la germinación y características fenotípicas en cacao *Theobroma cacao* L. en vivero (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).

Zermeño González, Alejandro; López Rodríguez, Blanca R.; Melendres Álvarez, Aarón I.; Ramírez Rodríguez, Homero; Cárdenas Palomo, José Omar; Munguía López, Juan P. (2016). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 12, noviembre-diciembre, pp. 2437- 2446