



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao
(*Theobroma cacao* L.).

AUTOR:

Davis Jhon Macias Cepeda

TUTOR:

Ing. Agr. Orlando Segundo Díaz Romero, M.I.A

Babahoyo- Los Ríos - Ecuador

2022

RESUMEN

Los micronutrientes son los elementos nutritivos que requieren en menores cantidades el cultivo de cacao, teniendo en cuenta la importancia de los macroelementos; tiene la facultad de llevar a cabo funciones trascendentes para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, y cualquier deficiencia puede ocasionar una disminución de la productividad del cultivo de cacao. La importancia de los micronutrientes en la planta de cacao, radica en que sin la presencia del azufre las proteínas no podrían formarse. Para la estructuración de los tabiques celulares, el calcio es el principal constituyente. El zinc, el manganeso y el molibdeno participan activamente en el proceso de fabricación de enzimas y son necesarios para acelerar importantes tácticas químicas y bioquímicas en el funcionamiento de la vegetación. Para la formación de la molécula de clorofila, el magnesio es muy crítico para el aprovechamiento de la energía luminosa, que es el motor de la fotosíntesis. En la polinización y fecundación de la vegetación, el boro permite el crecimiento del tubo polínico para la fecundación del óvulo y la formación de los granos de cacao. La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao. Por lo anteriormente detallado se determinó que los micronutrientes más importantes para el cultivo de cacao son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el boro (B) y el molibdeno (Mo). Los micronutrientes están relacionados con pequeñas cantidades, siendo importantes en el crecimiento y producción del cultivo de cacao.

Palabras claves: Micronutrientes, cultivo de cacao, crecimiento, producción.

SUMMARY

Micronutrients are the nutritional elements required in smaller quantities by the cocoa crop, taking into account the importance of macroelements; they have the power to carry out important functions for the proper growth and development of plants, and any deficiency can cause a decrease in the productivity of the cocoa crop. The importance of micronutrients in the cocoa plant lies in the fact that without the presence of sulfur, proteins could not be formed. For the structuring of cell partitions, calcium is the main constituent. Zinc, manganese and molybdenum are actively involved in the enzyme manufacturing process and are necessary to accelerate important chemical and biochemical tactics in the functioning of the vegetation. For the formation of the chlorophyll molecule, magnesium is very critical for the utilization of light energy, which is the engine of photosynthesis. In the pollination and fertilization of vegetation, boron allows the growth of the pollen tube for the fertilization of the ovule and the formation of cocoa beans. The information obtained was carried out through the technique of analysis, synthesis and summary, so that the reader knows about micronutrients and their importance in the cultivation of cocoa. From the above, it was determined that the most important micronutrients for cocoa cultivation are iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), boron (B) and molybdenum (Mo). Micronutrients are related to small amounts, being important in the growth and production of the cocoa crop.

Key words: Micronutrients, cocoa crop, growth, production.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del caso de estudio.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Fundamentación teórica.....	3
1.5.1. Generalidades del cultivo de cacao	3
1.5.2. Condiciones edafoclimáticas.....	3
1.5.2.1. Suelo.....	3
1.5.2.2. Clima.....	4
1.5.2.3. Temperatura.....	4
1.5.3. Los micronutrientes y su importancia en la fertilización foliar del cacao	4
1.5.4. Extracción de micronutrientes en el cultivo de cacao.....	6
1.5.5. Elementos minerales importantes para el cultivo de cacao.....	7
1.5.6. Micronutrientes importantes en el cultivo de cacao.....	8
1.5.6.1. Función y deficiencias de los micronutrientes en el cultivo de cacao	9
1.5.6.1.1. Boro	9
1.5.6.1.2. Manganeso	10
1.5.6.1.3. Zinc.....	10
1.5.6.1.4. Cobre	11
1.5.6.1.5. Hierro	11
1.5.6.1.6. Molibdeno	12
1.5.7. Manejo de los micronutrientes	12
1.5.7.1. Los valores de pH	12
1.5.7.2. Cultivos sucesivos y de alto rendimiento	13

1.5.7.3. Fuentes de fertilizantes	13
1.5.7.4. Forma de aplicación	14
1.6. Hipótesis	14
1.7. Metodología de la investigación	14
CAPITULO II.....	15
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.1. Desarrollo del caso	15
2.2. Situaciones detectadas	15
2.3. Soluciones planteadas	15
2.4. Conclusiones	16
2.5. Recomendaciones	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1.	Nutrientes absorbidos en el cultivo de cacao.....	7
--------------	-----------	---	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Importancia de los micronutrientes en la fisiología del cultivo de cacao.....6

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), es el tercer rubro de importancia como cultivo en el mundo, seguido del café y la caña de azúcar, por ende, representa una fuente importante de ingresos económicos para los países que lo cultivan (Vélez 2018).

Generalmente la mayor parte de los productores cacaoteros son agricultores, con superficies de 3.5 ha, bajo un sistema de producción asociado con otros cultivos o como monocultivo, lo cual favorece la conservación del recurso suelo (CNCH 2021).

Para los productores aumentar el rendimiento del cacao es el principal objetivo, pero existen factores que influyen en el manejo del cultivo, producción y rendimiento, tales como: el uso de variedades no mejoradas, mal control fitosanitario y el inadecuado desarrollo de las labores culturales, específicamente la fertilización con macro y micronutrientes esenciales para para lograr mejorar la producción del cultivo de cacao (Barrezueta 2019).

La nutrición en el cacao es muy importante para el cultivo desarrolle fisiológicamente y tenga un crecimiento adecuado, alcanzando los niveles de producción esperados referente a la edad y la variedad establecida. Por ende, dentro de los programas de fertilización se da mucho énfasis a los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), dejando como segundo plano los micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, Mo, B), los mismos que son esenciales y que requieren en menores cantidades, llevando a cabo funciones trascendentales para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo, teniendo en cuenta que cualquier deficiencia, ocasiona un decremento en la productividad del cultivo (Intagri 2021).

El presente trabajo se desarrolló para adquirir y mejorar los conocimientos sobre los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del caso de estudio

El presente documento trata sobre la temática correspondiente a los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

1.2. Planteamiento del problema

Durante muchos años se le ha designado una mayor importancia a los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), dentro de los programas de fertilización, dejando de lado a los micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, Mo, B), mismos que son esenciales para mejorar la producción del cultivo de cacao, en la cual su deficiencia puede ocasionar varios problemas en el desarrollo y crecimiento del cultivo, tales como: reducción del crecimiento, clorosis intervenal, clorosis marginal, muerte descendente, encrespamientos de brotes foliares, reducen la fecundación de granos y flores. Por ello todo esto repercute en la reducción del rendimiento del cultivo de cacao.

1.3. Justificación

Los micronutrientes son elementos que las plantas requieren en menores cantidades, los mismos que llevan a cabo funciones esenciales en el desarrollo y crecimiento de las plantas. Debido a su importancia, se debe incluir en los programas de fertilización para mejorar el rendimiento potencial del cultivo de cacao; en la cual es necesario mejorar los conocimientos sobre su uso, época de aplicación fuentes disponibles y formas de aplicación en el cultivo de cacao.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Recopilar información sobre los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir la importancia de los micronutrientes en el cultivo de cacao.
- Determinar el manejo de los micronutrientes en el cultivo de cacao.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades del cultivo de cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie autóctona de las selvas tropicales de Sudamérica. Sus almendras son la simple entrada para las industrias del chocolate, los cosméticos, los productos farmacéuticos y otros subproductos. La domesticación, el cultivo y el consumo del cacao se completó a través de los indios toltecas, aztecas y mayas más de un milenio antes del descubrimiento de América (Arévalo *et al* 2017).

Alrededor de 1810, Venezuela se convirtió en el país más importante del mundo en la producción de cacao, y en torno a 1820, los portugueses llevaron los primeros cultivos de cacao a África, donde se extendió rápidamente. En Brasil, el cultivo de cacao también comenzó a extenderse, convirtiéndose en uno de los mayores productores del mundo. El cacao se convirtió en un cultivo comercial crítico y prometedor en Perú en la década de 1930. Su cultivo evolucionó dentro de la Amazonia con el asentamiento en la selva alta de agricultores procedentes de la sierra (Arévalo *et al* 2017).

1.5.2. Condiciones edafoclimáticas

1.5.2.1. Suelo

El cacao se cultiva hasta los 1200 m.s.n.m. y los suelos aconsejados para la siembra tienen que ser planos o apenas inclinados, ya que en la zona ese tipo de suelos son fértiles y la erosión es mínima, las vegas de los ríos son normalmente precisas para el cacao. Los suelos más apropiados para el cultivo del cacao son los aluviales, profundos y fértiles. Los suelos requeridos deben ser

de fertilidad deseable, sueltos y profundos, con un número considerable de naturales, con un pH entre 6 y 7, y bien cansados (Barrezueta 2019).

1.5.2.2. Clima

El cacao requiere para su cultivo una gran cantidad de agua, entre 1800 y 2500 mm de precipitaciones bien distribuidas a lo largo de los 12 meses (Barrezueta 2019).

1.5.2.3. Temperatura

El cacao necesita una temperatura ligera entre 24 y 26 °C, con una humedad relativa de 70 a 80% (Barrezueta 2019).

1.5.3. Los micronutrientes y su importancia en la fertilización foliar del cacao

La fertilización foliar es la utilidad de las vitaminas a las hojas de la planta. Este método de utilidad tiene que ser la posada restante para precisar una deficiencia. Los programas foliares se aprueban sólo para la utilidad de los micronutrientes, siempre y cuando se haya identificado la deficiencia. En suelos alcalinos, todos los micronutrientes pueden llevarse a cabo por vía foliar (Barrezueta 2019).

La fertilización foliar sirve como complemento totalmente vital a una impresionante fertilización de base realizada al suelo, es decir, la aplicación de nitrógeno, fósforo, azufre y calcio. Su uso es estratégico, y está orientado a suplir carencias en algunos momentos puntuales del ciclo del cultivo, buscando mejorar tanto la finura como el rendimiento (CNCH 2021).

La fertilización foliar ofrece los nutrientes que necesita el cultivo del cacao en cantidades muy pequeñas; estos nutrientes se conocen como micronutrientes, y consisten en molibdeno, cobre, cobalto, manganeso, zinc, hierro y boro (CNCH 2021).

Entre las ventajas de la fertilización foliar con micronutrientes están las siguientes, según Castro (2014):

- Permite que las vitaminas lleguen de una vez al cultivo, ya que no se depositan en el suelo, eliminando la oportunidad de interacciones físico-químicas en el suelo que dificultan su uso por parte de la planta.
- Permite aprovechar uniformemente porciones muy pequeñas de vitaminas, lo que es particularmente importante para aquellos nutrientes que se requieren en bajas proporciones a través de la planta, y que si se llevan al suelo de manera tradicional deberían generar problemas de toxicidad por exceso.
- Permite la entrega de nutrientes en momentos clave, integrándose inmediatamente al cultivo sin depender de los mecanismos de absorción de las raíces y estando inmediatamente disponibles para su uso.
- La eficiencia de utilización con la ayuda del cultivo es muy alta.
- Se pueden utilizar en mezcla con otros productos terapéuticos que incluyen insecticidas y fungicidas (aparte de los productos que contienen hongos).

En la planta de cacao, el azufre, sin el cual las proteínas no podrían formarse. Para la estructuración de los tabiques celulares, el calcio es el principal constituyente. El zinc, el manganeso y el molibdeno participan activamente en el proceso de fabricación de enzimas y son necesarios para acelerar importantes tácticas químicas y bioquímicas en el funcionamiento de la vegetación (Figura 1). Para la formación de la molécula de clorofila, el magnesio es muy crítico para el aprovechamiento de la energía luminosa, que es el motor de la fotosíntesis. En la polinización y fecundación de la vegetación, el boro permite el crecimiento del tubo polínico para la fecundación del óvulo y la formación de los granos de cacao (Castro 2014).

ELEMENTOS FUNCIONES	ELEMENTOS					
	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo
FOTOSÍNTESIS		XXX	XXX		XXX	
CRECIMIENTO	XXX			XXX		
FERTILIDAD	XXX	XXX				
SÍNTESIS PROTÉICA		XXX		XXX	XXX	
SÍNTESIS DE LIGNINA		XXX				
FIJACIÓN NITROGENADA		XXX	XXX			XXX
REDUCCIÓN DE NITRATOS		XXX	XXX		XXX	XXX
TRANSLOCACIÓN DE AZÚCARES	XXX					

Figura 1. Importancia de los micronutrientes en la fisiología del cultivo de cacao, Castro (2014).

1.5.4. Extracción de micronutrientes en el cultivo de cacao

Se menciona que los nutrientes absorbidos en las plantas de cacao del Ecuador, al paso de la tonelada métrica de cacao fermentado y seco del país (Tabla 1). La enorme proporción de vitaminas presentes en la cáscara de la mazorca, hace que sea importante asegurar su retorno al cultivo para que el cacao disfrute de las vitaminas que incorpora (Guevara 2021).

El cacao se considera una planta exigente en nutrientes y estas necesidades se reducen con elementos que incluyen el tejido genético, el grado de sombreado, además de diferentes factores relacionados con la edad de la planta, el control de plagas y enfermedades y el suelo, que consiste en el drenaje. Para mejorar la producción de cacao, hay que tener en cuenta el efecto de los factores ambientales y sus interacciones en el material genético que se manifiesta en la productividad (Guevara 2021).

Tabla 1. Nutrientes absorbidos en el cultivo de cacao, Guevara (2021).

	Kg/ha						g/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Cáscara	9.1	2.5	39.4	8.7	4.3	1.5	28.8	35.9	8.8	32.5	58.7
Almendras	15.8	7.3	8.9	3.6	3.7	1.2	20.6	33.8	16.8	50.3	17.6
Maguey	0.4	0.1	0.7	0.2	0.1	0.0	0.9	0.7	0.4	3.5	0.4
Total	25.3	9.9	48.9	12.5	8.1	2.7	50.4	70.4	25.9	86.2	76.6

1.5.5. Elementos minerales importantes para el cultivo de cacao

Hay más de noventa elementos específicos en la composición de las plantas. De ellos, sólo 16 se consideran vitales para las plantas: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, boro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cloro (Intagri 2021).

Las plantas obtienen los elementos críticos de dos medios muy diferentes: el aire y el suelo; en precepto, la disponibilidad de los factores esenciales presentes en el aire (carbono, hidrógeno, oxígeno) es total; en consecuencia, el período de tiempo nutriente de la planta se lleva a cabo en particular a los factores vitales que la planta obtiene del suelo. Como se entiende, el automóvil utilizado para la absorción de los nutrientes es el agua dentro del suelo, que los contiene disueltos en formas que pueden ser asimiladas por la flora. Por lo tanto, existe además una relación inmediata entre la disponibilidad de agua y la disponibilidad de nutrientes que debe tenerse en cuenta para la fertilización (Intagri 2021).

Las nutrientes para las plantas se agrupan en dos clases según Intagri (2021):

- a) **Macronutrientes:** Son los nutrientes que se absorben en porciones masivas (en las pruebas de laboratorio, numerosos gramos consistentes en un litro

de respuesta de nutrientes absorbidos). A su vez, en esta organización se distinguen los siguientes:

- Macronutrientes primarios, que pueden ser las que se extraen en más porciones y que, por diversos motivos, deben reponerse regularmente si no se quiere disminuir siempre la fertilidad del suelo. La fertilización mineral ordinaria está orientada a reponer esos macro nutrientes número uno, en particular el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K).
- Los macronutrientes secundarios, que son los macronutrientes que, tanto por su disponibilidad en el suelo como por la cantidad en que son absorbidos por la vida vegetal, no suelen presentar problemas de reposición, por lo que normalmente no es necesario olvidar su aporte sistemático al suelo. Las macrovitaminas secundarias más críticas son: Azufre (S), Magnesio (Mg) y Calcio (Ca).

b). Los micronutrientes u oligoelementos, que pueden ser aquellos que se absorben en porciones más pequeñas (miligramos o microgramos por litro de respuesta nutritiva); el papel vital que desempeñan se debe específicamente a que su presencia es necesaria para que se produzcan determinadas reacciones bioquímicas. Los oligoelementos más importantes son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el boro (B) y el molibdeno (Mo).

1.5.6. Micronutrientes importantes en el cultivo de cacao

Los micronutrientes son cruciales para el crecimiento y la producción del cultivo de cacao. En suelos con deficiencias de micronutrientes, el software de pequeñas cantidades de estos micronutrientes puede mejorar significativamente la cosecha, los principales micronutrientes son: boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) (Jacques 2020).

Los micronutrientes, que incluyen el Fe y el Mn, se encuentran entre los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Los demás microelementos se encuentran en concentraciones muy inferiores al 0,1%. Los micronutrientes están

relacionados con las pequeñas cantidades que necesita el cultivo de cacao (Jacques 2020).

1.5.6.1. Función y deficiencias de los micronutrientes en el cultivo de cacao

1.5.6.1.1. Boro

La carencia de boro (B) influye en los puntos activos de desarrollo de la planta; por esta razón, los signos característicos aparecen dentro de los tejidos más jóvenes, mientras que los tejidos foliares maduros parecen sanos. Los síntomas que aparecen es la reducción del tamaño de los entrenudos, que se observa con la ayuda de la formación profusa de chupones y hojas rizadas en las que las láminas se curvan hacia fuera y el ápice se enrosca. Estas láminas se endurecen y se notan gruesas al tacto, a pesar de que no acumulan una consistencia coriácea. Estas hojas pueden tener una coloración casi normal sin experiencia, pero también se encontrarán algunas de color amarillo verdoso claro, con un tono más oscuro cerca del nervio medio y con márgenes ondulados (Muñoz 2016).

A medida que la deficiencia avanza, las hojas de los nuevos brotes acaban cloróticas o casi completamente blancas, arrugadas y con una forma anormal, con zonas estriadas más cerca del ápice que se retuercen en espiral. En casos de carencia aguda los meristemas se conservan para distinguir las hojas, pero éstas caen precipitadamente y las que maduran son ásperas y quebradizas. Más tarde esas hojas pueden aumentar las zonas necróticas a lo largo de los márgenes y, en algunos casos, en forma de pequeñas islas situadas en los espacios interveinales. Este último caso ocurre mientras hay una deficiencia intensa después de algún suministro o disponibilidad preliminar en la etapa superior, las recomendaciones de las hojas resultan ser necróticas mientras el resto de las hojas son de color pálido (Kyrkby y Romheld 2016).

El boro es vital para la floración ordinaria, en el caso de la flora pobre, las anomalías junto con la floración profusa dentro del tallo fundamental y las

ramas y a veces la hinchazón de los cojines florales, la deficiencia de boro influye en la viabilidad del polen y el crecimiento de los tubos de polen, afectando así a la formación de semillas y como resultado parecen frutos partenocárpicos o distorsionados con manchas necróticas. Cuando hay deficiencia de boro, se pueden determinar grietas en el tallo y las ramas de esos tejidos generalmente tienden a exudar. Un síntoma característico es la suberización de los nervios (Vélez 2018).

1.5.6.1.2. Manganeso

El manganeso natural es una roca sedimentaria con un 99% de riqueza en Mn^{++} , su molienda es por trituración. Este elemento esencial interviene en los métodos metabólicos críticos de las plantas que consisten en la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos y está asociado a la producción de clorofila. Su deficiencia proporciona síntomas como la deficiencia de magnesio y de hierro (Ludeña 2016).

1.5.6.1.3. Zinc

El zinc actúa como un hipervínculo en muchas estructuras enzimáticas, en la síntesis y degradación de proteínas de forma similar al magnesio y al manganeso. Los signos y síntomas de la carencia de Zinc (Zn) pueden localizarse en el interior de la hoja en una fase temprana de su mejora y consisten especialmente en deformaciones foliares, cuya gravedad aumentará con los sucesivos brotes (Leiva 2016).

Los signos y síntomas más beneficiosos para el análisis visual son las venas prominentes en las hojas muy jóvenes, el descuento en la anchura de la lámina de la hoja, el rizado en espiral y la presencia de clorosis en las venas principales. En ausencia de estas deformaciones, los signos y síntomas son más difíciles de reconocer. A veces puede localizarse un patrón de venas ciertamente visible en una herencia clorótica (Leiva 2016).

En los casos de deficiencia intermedia, la hoja también puede mostrar una extraordinaria relación entre duración y anchura y regiones cloróticas debidamente

descritas a ambos lados del nervio central. También habrá una distribución asimétrica de las regiones de la hoja en cada uno de los aspectos del nervio central, lo que dará lugar a hojas curvadas en forma de hoz que siguen mostrando las áreas cloróticas características (Trinidad y Aguilar 2016).

En casos excesivos, las pequeñas venas de las hojas jóvenes se distorsionan mucho más hacia la parte basal de la hoja y las regiones interveinales adquieren un tono pálido. La anchura de la hoja disminuye paso a paso, los márgenes se vuelven ondulados y toda la hoja puede enrollarse en espiral (Rodríguez 2016).

1.5.6.1.4. Cobre

La principal actividad del cobre está dentro del área de las enzimas, también está en los cloroplastos involucrados en la fotosíntesis. La deficiencia se muestra como el descuento de los entrenudos, la deformación de las puntas y la torsión de los bordes de las hojas. Como la toxicidad reduce rápidamente el desarrollo de la raíz y la clorosis similar a la deficiencia de hierro, no abusar de los productos cúpricos para la gestión de las enfermedades fúngicas (Mite 2015).

1.5.6.1.5. Hierro

Se presenta como una cuestión estructural y como un cofactor enzimático, forma una parte estructural de los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina, se determina en cada una de las estructuras respiratorias y fotosintéticas mientras que el hierro se suministra a las plantas en concentraciones exclusivas, se determina una excelente correlación entre el contenido de hierro y el contenido de clorofila (Manlla *et al* 2020).

Los síntomas de deficiencia de hierro (Fe) aparecen primero en las hojas más jóvenes. Primero se descubre una marcada clorosis interveinal, mientras las venas permanecen marcadamente inexpertas. Cuando esas hojas maduran, son más delgadas de lo normal y tienen una consistencia de papel. En los casos de

deficiencia intensa, las hojas muestran un color blanco amarillento dentro de la lámina y las venas se vuelven de color verde pálido (Manilla *et al* 2020).

En el caso de las carencias de Fe, en los casos superiores aparece la necrosis, en la que se produce una quemadura completamente marcada del ápice. Ocasionalmente se produce una deformación de la lámina junto con la mejora de hendiduras profundas que proporcionan el advenimiento de márgenes aserrados. En la norma, este tipo de efecto se produce mientras hay una afiliación de las deficiencias de Fe, Mg o Ca. En algunos otros casos, las hojas pueden ser ligeramente irregulares. El cacao es bastante sensible a la carencia de Fe principalmente en casos de mala aireación del suelo mezclado con valores de pH superiores a 6,8 (Parmenides 2017).

1.5.6.1.6. Molibdeno

Está relacionado con la movilización y asimilación de nitratos y su deficiencia se manifiesta mediante hojas delgadas y translúcidas, clorosis moteada en las zonas interveinales y necrosis en los márgenes de las hojas antiguas (Papuel 2018).

1.5.7. Manejo de los micronutrientes

El conocimiento de la fertilidad del suelo y de las demandas de los cultivos permite elegir el uso sensato de los fertilizantes con micronutrientes. En este sentido, es fundamental contar con un análisis del suelo, pero sobre todo con la premisa de una aplicación adecuada. Algunos aspectos cruciales para la gestión de los micronutrientes son los siguientes, según Lucena (2016):

1.5.7.1. Los valores de pH

Es importante saber que la disponibilidad de los micronutrientes dependerá del pH del suelo. Por ejemplo, en suelos calcáreos o alcalinos suele haber deficiencias de B, Cu, Fe, Mn y Zn. Esto es importante a la hora de determinar la dosis. El pH es igualmente determinante mientras se llevan a cabo prácticas de mejora del suelo (enmiendas orgánicas, acidificación, uso de yeso o encalado).

1.5.7.2. Cultivos sucesivos y de alto rendimiento

El historial del suelo es un factor importante para el control de los micronutrientes, ya que es muy común descubrir que durante muchos años algunos suelos sólo han sido fertilizados con macronutrientes, y que los niveles de micronutrientes son probablemente deficientes. Por otro lado, para poder tener una reacción favorable en los cultivos de alto rendimiento, es muy vital satisfacer las demandas del cultivo, ofrecer porciones suficientes y cosechar el desarrollo suficiente del cultivo, así como la expresión de su potencial efectivo.

Dentro de cada programa de fertilización es muy importante tener un equilibrio en el aporte de nutrientes, si se tiene en cuenta que, por el carácter de algunos de esos nutrientes, existen antagonismos o sinergias. Hay que tener especial cuidado con los antagonismos, teniendo en cuenta que se trata de relaciones específicas, es decir, que mientras un nutriente está en niveles suficientemente altos no permite la absorción de otro, lo que provoca una deficiencia de este último. Un ejemplo de antagonismo es el existente entre los micronutrientes Fe con Mn y Zn.

1.5.7.3. Fuentes de fertilizantes

Hace algunos años el aporte de micronutrientes se podía solventar, o como mínimo en parte, a través de las impurezas que solían contener los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos; ahora con la mejora de la tecnología dentro de la elaboración de los fertilizantes, las técnicas son más estrictas y muchas de ellas han traído consigo crear una mayor pureza en estos insumos, escenario que ha descubierto una mayor frecuencia de deficiencia de micronutrientes en los suelos y cultivos.

Hoy en día, ha terminado siendo fundamental la aplicación de fertilizantes que contengan esos micronutrientes, que comúnmente incluyen uno en todos ellos o un complicado de máximo de ellos. La fertilización equilibrada reduce los antagonismos entre los nutrientes.

Los activos de sulfato se suelen utilizar por su rendimiento y bajo coste; pero, hay otros activos que incluyen quelatos (Fe-EDDHA, Cu-DTPA, Zn-DTPA y Mn-DTPA). Estos últimos se utilizan mucho menos debido a su excesivo valor. Los abonos orgánicos (compost, vermicompost o estiércol de aves) también se utilizan con frecuencia para suministrar micronutrientes. Por otro lado, los biofertilizantes son una alternativa actual para mejorar el suministro de micronutrientes (micorrizas + bacterias solubilizadoras de micronutrientes), lo que ha reducido sustancialmente el uso de fertilizantes de síntesis química.

1.5.7.4. Forma de aplicación

La forma fundamental de aplicación de micronutrientes es al suelo; sin embargo, para contrarrestar rápidamente una deficiencia o para apoyar la entrega de micronutrientes, la fertilización foliar ha mostrado un par de ventajas. Uno de los procedimientos que no se utiliza ampliamente es la fertilización de semillas con varios micronutrientes, que ha demostrado ser una alternativa fantástica para ayudar a la fertilización foliar y del suelo.

1.6. Hipótesis

Ho= No es de vital importancia conocer sobre los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

Ha= Es de vital importancia conocer sobre los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

1.7. Metodología de la investigación

Para el desarrollo del presente documento se recolectó información bibliográfica de libros, revistas, tesis de grado, periódicos, artículos científicos, páginas web, ponencia, congresos y manuales técnicos.

La información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con la finalidad de que el lector conozca sobre los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La finalidad de este documento fue recolectar información referente a los micronutrientes y su importancia en el cultivo de cacao.

2.2. Situaciones detectadas

Los micronutrientes son los elementos nutritivos que requieren en menores cantidades el cultivo de cacao, teniendo en cuenta la importancia de los macroelementos; tiene la facultad de llevar a cabo funciones trascendentes para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, y cualquier deficiencia puede ocasionar una disminución de la productividad del cultivo de cacao.

La importancia de los micronutrientes en la planta de cacao, radica en que sin la presencia del azufre las proteínas no podrían formarse. Para la estructuración de los tabiques celulares, el calcio es el principal constituyente. El zinc, el manganeso y el molibdeno participan activamente en el proceso de fabricación de enzimas y son necesarios para acelerar importantes tácticas químicas y bioquímicas en el funcionamiento de la vegetación. Para la formación de la molécula de clorofila, el magnesio es muy crítico para el aprovechamiento de la energía luminosa, que es el motor de la fotosíntesis. En la polinización y fecundación de la vegetación, el boro permite el crecimiento del tubo polínico para la fecundación del óvulo y la formación de los granos de cacao.

2.3. Soluciones planteadas

Es necesario concientizar la aplicación de los micronutrientes en los programas de fertilización del cultivo de cacao, debido a que por muchos años algunos suelos solo han sido fertilizados con macronutrientes, existiendo

seguramente niveles bajos de micronutrientes, lo cual se traduce en la disminución del potencial de rendimiento del cultivo de cacao.

2.4. Conclusiones

Por lo anteriormente detallado se concluye:

Los micronutrientes importantes para el cultivo de cacao son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el boro (B) y el molibdeno (Mo).

El boro es vital para la floración, en el caso de la flora pobre, las anomalías junto con la floración profusa dentro del tallo fundamental y las ramas y a veces la hinchazón de los cojines florales.

El Manganeso interviene en los métodos metabólicos críticos de las plantas que consisten en la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos y está asociado a la producción de clorofila.

El zinc actúa como un hipervínculo en muchas estructuras enzimáticas, en la síntesis y degradación de proteínas de forma similar al magnesio y al manganeso.

La principal actividad del cobre está dentro del área de las enzimas, también está en los cloroplastos involucrados en la fotosíntesis.

El hierro se presenta como una cuestión estructural y como un cofactor enzimático, forma una parte estructural de los citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa y ferredoxina.

El molibdeno está relacionado con la movilización y asimilación de nitratos.

Los micronutrientes están relacionados con pequeñas cantidades, siendo importantes en el crecimiento y producción del cultivo de cacao.

El conocimiento de la fertilidad del suelo y de las demandas de los cultivos permite elegir el uso sensato de los fertilizantes con micronutrientes.

La forma fundamental de aplicación de micronutrientes es al suelo; sin embargo, para contrarrestar rápidamente una deficiencia o para apoyar la entrega de micronutrientes, la fertilización foliar ha mostrado ciertas ventajas.

Es importante saber que la disponibilidad de los micronutrientes dependerá del pH del suelo.

2.5. Recomendaciones

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

Establecer programas de fertilización con macro y micronutrientes para mejorar el rendimiento potencial del cultivo de cacao.

Dentro de cada programa de fertilización es muy importante tener un equilibrio en el aporte de nutrientes, si se tiene en cuenta que, por el carácter de algunos de esos nutrientes, existen antagonismos o sinergias.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., Montoya, P. 2017. Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas por IICA. IICA, Costa Rica. 143 p.
- Barrezueta, S. 2019. Propiedades de algunos suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias* 14(1): 155-166.
- CNCH (Compañía Nacional de Chocolate). 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) nutrición y fertilización (en línea). Consultado el 15 marz. 2022. Disponible en: <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/08/PDF-WEB-FOLLETO-NUTRICION-Y-FERTILIZACION.pdf>
- Castro, C. 2014. Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de los Tsáchilas, 2011. Tesis Ing. Santo Domingo, Ecuador. ESPE. 94 p.
- Guevara, G. 2021. Incidencia del suelo para la bioacumulación de Cadmio en la almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos variedades Fino de Aroma y CCN51 cultivadas en el cantón Santa Clara provincia de Pastaza. Tesis Ing. Ambato, Ecuador. UTA. 111 p.
- Intagri. 2021. Manejo de Fertilizantes de con Micronutrientes (en línea). Consultado el 15 marz. 2022. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/manejo-de-fertilizantes-con-micronutrientes>
- Jacques, J. 2020. Fertilidad de suelo y nutrición de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. Tesis MSc. Tabasco, Mexico. UJADT. 78 p.
- Kyrkby, E., Römheld, R. 2016. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. IPNI, Ecuador. 21 p.

- Ludeña, V. 2016. Efecto de la fertilización orgánica y microelementos en el rendimiento de cacao ccn51 (*Theobroma cacao* L.) en Jaen. Tesis Ing. Tingo María, Perú. UNAS. 69 p.
- Leiva, E. 2016. Aspectos para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L. *Nutrición Vegetal* 3(1): 1-13.
- Lucena, J. 2016. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. *Revista Ceres* 56(4): 1-10.
- Mite, F. 2015. Fertilización del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). INIAP, Ecuador. 2 p.
- Manlla, A., Vicente, G., Castellarin, J., Pagani, R. 2020. Valoración Económica del Balance de micronutrientes en los principales cultivos extensivos de la provincia de Santa Fe. INTA, Argentina. 10 p.
- Méndez. K. 2016. Aspectos básicos del manejo de micronutrientes. IPNI, Ecuador. 85 p.
- Papuel, M. 2018. Respuesta del cacao a la aplicación del fertilizante “full cacao” en comparación con la fertilización convencional en Pangua. Tesis Ing. Quito, Ecuador. UCE. 78 p.
- Parménides, F. 2017. Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. *Agronomía Mesoamérica* 28(1): 113-129.
- Rodríguez. L. 2016. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nutrición y fertilización. NUTRESA. 40 p.
- Trinidad, A., Aguilar, D. 2016. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 17(3): 1-10.
- Vélez, J. 2018. “Evaluación de la respuesta de cacao CCN-51 a plena exposición solar a las aplicaciones de Azufre (S) y Magnesio (Mg) en la zona de Zapotal, Provincia de Los Ríos”. Tesis. Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. UTEQ. 80 p.