



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Los macronutrientes y su importancia en el cultivo de mango en el
Ecuador

AUTOR:

Luis Patricio Villamar Zamora

TUTOR:

Ing. Agr. Darío Javier Dueñas Alvarado, MBA.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2025

RESUMEN

El cultivo de mango es muy tolerante a diversas condiciones de fertilidad; sin embargo, un buen programa de fertilización con macronutrientes esenciales es fundamental para el crecimiento vegetativo de la plantación, para obtener buenos rendimientos y frutas de calidad. El presente trabajo se desarrolló como una investigación no experimental de carácter bibliográfico, mediante el uso de síntesis, análisis, y resumen de la información que se recopiló. Por lo anteriormente detallado se determinó que el nitrógeno es el nutriente más importante, juega papel amplio en el crecimiento de órganos y en muchos procesos; el fosforo es importante en la composición de las células, proteínas, enzimas y otras sustancias, participa en la respiración; el potasio facilita muchos procesos fisiológicos, se acumula en la savia celular, se consume en cantidades considerables, especialmente desde la floración hasta la maduración de las frutas. El calcio juega papel en la dureza y el crecimiento de los tejidos, incluyendo la pulpa de las frutas. El magnesio es un componente esencial de la clorofila, y por esto es importante en la fotosíntesis, también funciona en la actividad del metabolismo de carbohidratos. El crecimiento, desarrollo y el rendimiento del cultivo de mango, depende de una adecuada nutrición, la cual se logra cuando la planta dispone de cantidades de nutrientes de forma equilibrada de la solución del suelo; teniendo en cuenta que este cultivo puede lograr una extracción de macronutrientes (Kg/ha) por tonelada de frutos de mango: 1446 kg N, 182 kg P, 2269 kg K, 249 kg Ca, 191 kg Mg y 131 kg S.

Palabras claves: Absorción, crecimiento, nutrientes, rendimiento, síntomas.

SUMMARY

The mango crop is very tolerant to various fertility conditions; However, a good fertilization program with essential macronutrients is essential for the vegetative growth of the plantation, to obtain good yields and quality fruits. This work was developed as a non-experimental bibliographic research, through the use of synthesis, analysis and summary of the information that was collected. From what was previously detailed, it is determined that nitrogen is the most important nutrient, it plays a broad role in the growth of organs and in many processes; Phosphorus is important in the composition of cells, proteins, enzymes and other substances, they participate in respiration; Potassium facilitates many physiological processes, accumulates in cell sap, is consumed in considerable quantities, especially from flowering to fruit ripening. Calcium plays a role in the hardness and growth of tissues, including the pulp of fruits. Magnesium is an essential component of chlorophyll, and for this reason it is important in photosynthesis, it also functions in the activity of carbohydrate metabolism. The growth, development and yield of the mango crop depends on adequate nutrition, which is achieved when the plant has balanced amounts of nutrients from the soil solution; taking into account that this crop can achieve macronutrient extraction (Kg/ha) per ton of mango fruits: 1446 kg N, 182 kg P, 2269 kg K, 249 kg Ca, 191 kg Mg and 131 kg S.

Keywords: Absorption, growth, nutrients, performance, symptoms.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Líneas de investigación	3
2. DESARROLLO.....	4
2.1. Marco conceptual.....	4
2.1.1. Importancia de los macronutrientes en el cultivo de mango	4
2.1.2. Funciones de los macronutrientes en el cultivo de mango	4
2.1.2.1. Nitrógeno	5
2.1.2.1.1. Etapa vegetativa.....	5
2.1.2.1.2. Etapa de preinducción floral.....	5
2.1.2.1.3. Etapa reproductiva	6
2.1.2.2. Fosforo.....	6
2.1.2.2.1. Etapa vegetativa.....	7
2.1.2.2.2. Etapa reproductiva	7

2.1.2.3.	Potasio	7
2.1.2.3.1.	Etapa vegetativa.....	8
2.1.2.3.2.	Etapa reproductiva	8
2.1.2.4.	Calcio	8
2.1.2.4.1.	Etapa vegetativa.....	9
2.1.2.4.2.	Etapa reproductiva	9
2.1.2.5.	Magnesio	9
2.1.2.5.1.	Etapa vegetativa.....	10
2.1.2.5.2.	Etapa reproductiva	10
2.1.2.6.	Azufre.....	10
2.1.2.6.1.	Etapa vegetativa.....	10
2.1.2.6.2.	Etapa reproductiva	10
2.1.4.	Necesidades nutricionales de macronutrientes para la producción adecuada del cultivo de mango	13
2.1.5.	Época de aplicación.....	14
2.1.6.	Fertilización balanceada	14
2.1.7.	Elección de fuentes de fertilización	15
2.1.8.	Programa de fertilización	15
2.2.	Metodología	17
2.3.	RESULTADOS.....	18
2.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	19
3.	CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	20
3.1.	CONCLUSIONES	20
3.2.	RECOMENDACIONES.....	22
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS.....	23

4.1.	REFERENCIAS.....	23
4.2.	ANEXOS	28

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Extracción (Kg/ha) de macronutrientes por tonelada de frutos de mango.....	13
Tabla 2. Programa modelo de fertilización para el mango.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en mango.....	28
Figura 2. Síntomas de deficiencia de fosforo en mango.....	28
Figura 3. Síntomas de deficiencia de potasio en mango.....	29
Figura 4. Síntomas de deficiencia de magnesio en mango.....	29

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción.

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales más demandadas a nivel mundial, mismo que se encuentra distribuido alrededor de las regiones tropicales y subtropicales. La industria principal de esta fruta se centra en la elaboración de productos a base de pulpa, como concentrados, jugos, mermeladas, gelatinas, barras de fruta y otros (FAO, 2020).

La producción de mango en el 2022 fue por encima de 67.2 millones de toneladas en el mundo, siendo los principales países productores de mango: India, Indonesia, China, México y Pakistán, los cuales representan más de la mitad del volumen mundial, superando el 53 % del mismo (Bekele *et al.*, 2022).

El principal mercado de Ecuador es Estados Unidos, hacia este país se exporta el 80% de la producción ecuatoriana de mango. En los tres últimos años, ha sido variada su exportación a Europa donde se destacan Bélgica, Alemania, Portugal, y Países Bajos (BCA, 2022).

El mango se cultiva principalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos, con una superficie aproximada de unas 6.300 hectáreas registradas en plena producción dedicadas para la exportación. Las principales variedades sembradas en las fincas de mango de exportación son Tommy Atkins, Kent, Ataulfo, Keitt, Haden, Nam dok mai, Madame Francis, Naomi entre otras (Fundación Mango, 2023).

La demanda de macronutrientes en el cultivo de mango, al igual que en otros cultivos frutales depende de factores como el genotipo (patón y cultivar), tipo de suelo, clima, pérdidas por lixiviación, sistema de riego, calidad del agua de riego, estado sanitario de la planta, fase fenológica y cosecha esperada. El N y K son los dos macronutrientes más extraídos en una cosecha, le siguen en cantidades similares el S y Ca, en seguida el Mg y finalmente P (Cruz, 2019).

El nitrógeno es el nutriente más importante, juega papel amplio en el crecimiento de órganos y en muchos procesos. El fósforo es importante en la

composición de las células, proteínas, enzimas y otras sustancias, juega papel en la respiración. El potasio facilita muchos procesos fisiológicos, se acumula en la savia celular, se consume en cantidades considerables, especialmente desde la floración hasta la maduración de las frutas. El calcio juega papel en la dureza y el crecimiento de los tejidos, incluyendo la pulpa de las frutas. El magnesio es un componente esencial de la clorofila, y por esto es importante en la fotosíntesis, también funciona en la actividad del metabolismo de carbohidratos (Homsy, 2023).

1.2. Planteamiento del problema

En la producción del cultivo de mango existe un desconocimiento en los programas de fertilización, lo cual ha producido bajas considerables en la rentabilidad de dicho cultivar en el Ecuador, siendo un factor importante en la disminución de las áreas cultivadas, en la cual se está estableciendo otros cultivos como: cacao, maíz, arroz y banano, generando un impacto económico en los agricultores.

La principal problemática de los productores de mango es la disminución del rendimiento de las variedades de mango de exportación, lo cual se ve atribuido al ineficiente manejo nutricional del cultivo, tomando en cuenta que una elevada proporción del total de nutrientes presentes en la planta se encuentran en los frutos. Se estima que en promedio el contenido de nutrientes en el fruto es de un tercio del contenido total en la planta (Cruz, 2019).

La aplicación de un adecuado plan de nutrición en el cultivo de mango permitirá satisfacer la demanda de macronutrientes de la cosecha actual, como la que se necesita para garantizar la formación de órganos vegetativos que soportaran los siguientes ciclos de producción (Hernández, 2023).

1.3. Justificación

El cultivo de mango es muy tolerante a diversas condiciones de fertilidad; sin embargo, un buen programa de fertilización con macronutrientes esenciales es fundamental para el crecimiento vegetativo de la plantación, para obtener buenos rendimientos y frutas de calidad. Para obtener una buena nutrición del cultivo de mango es necesario no solo conocer su demanda de nutrientes (macronutrientes),

el momento correcto de aplicación y el contenido de macronutrientes, sino también los factores que influyen en la adecuada asimilación de estos nutrientes tales como las consideraciones climáticas, el tipo de suelo, la calidad del agua de riego y sistema de riego.

En relación a la situación planteada con anterioridad se manifiesta que la justificación principal del trabajo expuesto se basa en la ejecución de un análisis, cuya finalidad es resaltar la importancia de los macronutrientes en el cultivo de mango. Por ende, se establece que dicho trabajo sea del uso específicamente de estudiantes, profesionales y toda persona dedicada al área agrícola.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Describir los macronutrientes y su importancia en el cultivo de mango en el Ecuador.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar las funciones de los macronutrientes en el cultivo de mango.
- Explicar los síntomas de deficiencia en de los macronutrientes en el cultivo de mango.
- Indicar las necesidades nutricionales de macronutrientes para la producción adecuada del cultivo de mango.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en: "Los macronutrientes y su importancia en el cultivo de mango en el Ecuador". En este contexto, específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de fisiología y nutrición vegetal.

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Importancia de los macronutrientes en el cultivo de mango

Los macronutrientes incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; en la cual estos elementos son absorbidos por la planta en grandes cantidades; es por eso que entre las formulaciones se incluye los fertilizantes, que pueden ser aplicados mediante un programa de fertilización; siendo vital para el desarrollo y crecimiento de las plantas de mango (Galán, 2020).

La necesidad de macronutrientes en el mango, como en otros cultivos de frutas, se basa en elementos como el genotipo, clase de terreno, clima, pérdidas por lixiviación, método de riego, calidad del agua utilizada, condición de salud de la planta, etapa fenológica y la expectativa de cosecha. La investigación de los impactos de diversos nutrientes en la producción y calidad de la fruta de mango resulta compleja debido a la interrelación de varios factores (como el tipo y pH del suelo, el cultivo, la calidad del agua, el clima, entre otros) que afectan el resultado final de cualquier experimento con fertilizantes de mango (Ahmad et al., 2018).

2.1.2. Funciones de los macronutrientes en el cultivo de mango

Para guiar la nutrición basándose en las distintas fases de crecimiento o fenología, es imprescindible entender el concepto de crecimiento y desarrollo. En el primero de estos se forman nuevas estructuras (primordiales vegetales, primordiales florales, cuaje de la flor, fruto, etc) y durante el desarrollo solo se generan células (desarrollo de hojas, desarrollo de frutas) (Bibi et al., 2019).

Los anteriores autores mencionan que en cada una de las etapas es necesario optimizar los elementos del rendimiento. En la etapa vegetativa se establece la cantidad de frutos por árbol, la cantidad de yemas vegetales y se podrá lograr un mayor número de frutos por árbol. Además, se acumulan fotosintatos que posteriormente serán llevados a los frutos, permitiendo así mantener una mayor cantidad de estos.

Durante la etapa de reproducción es necesario alcanzar el máximo número de yemas florales con frutos, además de una etapa eficaz de alargamiento de los frutos, para acumular la mayor cantidad de fotosintatos posibles y conseguir un fruto con mayor peso. Así pues, es imprescindible coordinar el árbol para que genere un fuerte crecimiento vegetal al comienzo de las lluvias, así como un óptimo crecimiento radical, y simultáneamente, prevenir el estrés por nutrimentos y agua. El objetivo es desarrollar una arquitectura foliar y radical ideales para generar la mayor cantidad de yemas florales y llenar los frutos con una alta eficiencia fotosintética (Cavalcante et al., 2016).

2.1.2.1. Nitrógeno

Este componente se incluye en los aminoácidos, proteínas, bases de nitrógeno y ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas, vitaminas, proteínas glucídicas y lipoproteínas, pigmentos y sustancias secundarias. En resumen, es un componente esencial de todas las enzimas que participan en la producción de aminoácidos y proteínas. Por ende, los procesos que impacta oscilan entre la absorción de iones, la fotosíntesis, la respiración y la multiplicación, hasta la diferenciación celular y la herencia (Cavalcante et al., 2016).

2.1.2.1.1. Etapa vegetativa

Durante esta fase del mango, el nitrógeno es esencial y se requiere fertilizar con fuentes de amoníaco, ya que se fomenta la multiplicación de puntos de crecimiento y el desarrollo de raíces laterales. Posteriormente, se potencia con una fertilización nítrica que promueve el crecimiento celular e incrementa la producción y exportación de citoquininas de las raíces, además de la generación de giberelinas en las hojas y de auxinas en los puntos de crecimiento. Ambas fitohormonas potencian la dominancia apical, la división y expansión celular, la producción de RNA y proteínas, y la activación de las enzimas (Crane, 2019).

2.1.2.1.2. Etapa de preinducción floral

En esta fase, donde predomina el estrés hídrico y la presencia de nutrimentos, en particular el nitrógeno, se eleva la generación de ácido absísico que causa una precoz madurez de las yemas florales; se reduce la producción de

giberelinas, citoquininas y auxinas, lo que causa un incremento en la respiración del árbol y una reducción en la eficiencia fotosintética (Pickinson et al., 2019).

Los autores anteriores indican que el ácido absólico se genera en las raíces y hojas maduras, por lo que es necesario mantener un estrés controlado para que se desarrollen la mayor cantidad de yemas vegetativas posibles en el menor tiempo posible, con el objetivo de prevenir la reducción de las reservas de fotosintatos (respiración) acumuladas durante el desarrollo vegetal.

2.1.2.1.3. Etapa reproductiva

En esta etapa es necesario alcanzar una floración ideal, donde la existencia de auxinas, citoquininas y giberelinas es crucial. Por ende, al aumentar el nitrógeno se incrementa la generación de estas fitohormonas, por lo que es probable que las fuentes amídicas de nitrógeno (Urea) promuevan la floración (Jasmitha et al., 2018).

Durante la etapa de cuaje de la fruta, las formas amoniacales resultan más eficaces, mientras que las formas nítricas resultan más adecuadas para su elongación. En la etapa de desarrollo del fruto, es ideal mantener un equilibrio entre formas amídicas, nítricas y amoniacales (Jasmitha et al., 2018).

2.1.2.2. Fosforo

El fósforo, como compuesto estructural, forma parte de los ésteres de los carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas y ácidos nucleicos, pero, no es activador de enzimas. Interviene en procesos metabólicos como la absorción iónica, fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, multiplicación y diferenciación celular, almacenamiento de energía y fijación simbiótica del nitrógeno (Intagri, 2022).

Como componente estructural, el fósforo se incluye en los ésteres de los carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas y ácidos nucleicos; sin embargo, no actúa como activador de enzimas. Participa en procesos metabólicos tales como la absorción de iones, la fotosíntesis, la respiración, la creación de proteínas, la

multiplicación y diferenciación celular, la conservación de energía y la fijación simbiótica del nitrógeno (Intagri, 2022).

2.1.2.2.1. Etapa vegetativa

El fósforo ejerce un efecto beneficioso en el crecimiento de las nuevas raíces, que serán las estructuras que absorben agua y nutrientes durante la etapa de crecimiento vegetal y, especialmente, durante la floración y el llenado de frutas (Cruz et al., 2014).

El fósforo juega un papel crucial en los fotosistemas I y II, siendo indispensable para la acumulación de fotosintatos durante la etapa de acumulación, además de maximizar la tasa de asimilación fotosintética a lo largo de todo el ciclo del mango (Cruz et al., 2014).

2.1.2.2.2. Etapa reproductiva

Se ha descubierto que los niveles ideales de fósforo elevan el número de inflorescencias de manera lineal. Además, fomentan la generación de citoquininas durante las etapas del mango, lo que favorece una floración más eficaz. Por lo tanto, mantener niveles ideales y balanceados durante la floración y la polinización es crucial ya que son los precursores de citoquininas en las raíces desde las que se exportan (Fernández, 2020).

Además, el equilibrio entre el fósforo, nitrógeno y potasio es crucial dado que son precursores de las giberelinas, que tienen un rol crucial en la inducción de las flores. Durante la fase de alargamiento y llenado del fruto, el fósforo juega un papel crucial como suministrador de energía en la fotosíntesis y portador de fotosintatos de las hojas a los frutos. Por ende, contenidos insuficientes de este nutriente causan una reducción en el número de yemas florales y frutos de menor tamaño y peso, y elevan la caída de los frutos (Fernández, 2020).

2.1.2.3. Potasio

En la planta, el potasio no constituye ningún elemento estructural, se mantiene en estado iónico. Activa más de 60 enzimas en el interior de la planta.

Las más relevantes incluyen la quinasa pirúvica, la sintetasa de glutamato, la sintetasa de succinil-CoA, la sintetasa de glutamil-cisteína, la sintetasa del NAD⁺ y la sintetasa de amidas. La participación activa del potasio en los procesos metabólicos incluye la apertura y cierre de estomas, la fotosíntesis, el transporte de carbohidratos y otros fotosintatos, la respiración, la creación de proteínas y la fijación simbiótica del nitrógeno (Ureña, 2021).

2.1.2.3.1. Etapa vegetativa

El potasio influye en la cantidad de transpiración que se produce en la planta. Además, ejerce su influencia en la fotosíntesis, translocación y retranslocación de fotosintatos de hojas maduras hacia las etapas de crecimiento aéreo y radical, impactando de manera positiva las citoquininas. Las plantas insuficientes en potasio generan una disminución significativa en la eficacia fotosintética y un incremento en la generación de ácido absísico, lo que conlleva a una senescencia anticipada de las hojas. Además, se generan hojas de tamaño reducido y con una mayor cantidad de células (Zamora, 2021).

2.1.2.3.2. Etapa reproductiva

El potasio influye en la dimensión de la hoja, la movilidad de fotosintatos y la apertura de los estomas. Si se reduce la eficiencia fotosintética, se genera un periodo de llenado más breve e intenso del fruto. Así pues, si hay carencia de este nutriente, se generan frutos de menor tamaño y peso. Es crucial mantener los niveles ideales de potasio. Su existencia mejora la capacidad de resistir enfermedades como la antracnosis y la turgencia celular, lo que aumenta la firmeza de la fruta y la cantidad de sólidos solubles en ella (Tamayo, 2021).

2.1.2.4. Calcio

El calcio, como elemento estructural en las células, desempeña un papel crucial en la membrana celular, en la creación de oxalato, carbonato, fitato y calmodulinas. La ATPasa, alfa amilasa, fosfolipasa D y las nucleasas son activadas por el activador de enzimas. Además, participa en los procesos metabólicos siguientes: estructura y operación de las membranas, absorción de iones, interacciones hormonales y activación de enzimas (Hernández, 2022).

2.1.2.4.1. Etapa vegetativa

El calcio, como elemento esencial en la creación de la pared celular, se encuentra en cualquier punto activo de crecimiento de la parte aérea y radical del mango. Por ende, su disponibilidad debe mantenerse estable durante todo el ciclo anual del mango. Si se desea generar yemas vegetales con un crecimiento robusto y un sistema radical que se ocupe del máximo volumen de suelo posible, se requiere la disponibilidad constante de calcio (Plantix, 2019).

2.1.2.4.2. Etapa reproductiva

El calcio juega un papel crucial en la floración; la expansión del tubo polímero se basa en la existencia de calcio. Se ha descubierto que la orientación del crecimiento del tubo polínico es químicamente regulada por el gradiente de calcio extracelular: la mayor concentración de calcio se manifiesta en el ápice del tubo polínico. Por ende, se requiere un contenido apropiado de este nutriente para generar flores normales y simultáneamente frutas cuajadas exportables. El calcio también contribuye a la capacidad de resistir enfermedades y a la firmeza de la fruta (Martínez et al., 2020).

2.1.2.5. Magnesio

El magnesio se encuentra en el núcleo principal de la clorofila, y esa es su función como elemento estructural en las células. Es un estimulador de enzimas vinculadas al metabolismo energético; entre las enzimas más destacadas que activan este elemento se encuentran la tíoquinasa acética, la quinasa pirúvica, hexoquinasa, la deshidrogenasa isocítrica y la sintetasa del fosfopiruvato (Ortiz, 2023)

El magnesio interviene en procesos metabólicos tales como la absorción de iones, la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transporte de energía, la generación orgánica, el equilibrio electrolítico y la estabilidad de los ribosomas (Ortiz, 2023).

2.1.2.5.1. Etapa vegetativa

El magnesio desempeña un rol crucial en la fotosíntesis y en la transmisión de energía. Su carencia incide en la eficacia fotosintética, el metabolismo del nitrógeno, la absorción de fósforo y la fijación del dióxido de carbono por la planta, lo que resulta en la falta de niveles ideales durante la fase de crecimiento vegetal (Vega y Molina, 2020).

2.1.2.5.2. Etapa reproductiva

Para conseguir rendimientos elevados y duraderos en el cultivo del mango, es necesario que el magnesio se encuentre en niveles ideales para mejorar la fotosíntesis y prolongar el tiempo de llenado de la fruta (Vega y Molina, 2020).

2.1.2.6. Azufre

Como elemento estructural, el azufre forma parte de los aminoácidos, proteínas, vitaminas, coenzimas y esteres de los polisacáridos (membrana de las células). Como agente de activación de enzimas, estimula las del grupo sulfidrido y las ferredoxinas. El azufre interviene en los siguientes procesos metabólicos: fotosíntesis, fijación fotosintética del dióxido de carbono, síntesis de proteínas y grasas y fijación simbiótica del nitrógeno (Lira et al., 2021).

2.1.2.6.1. Etapa vegetativa

El azufre es esencial para la creación de una arquitectura fotosintética que pueda absorber la máxima cantidad de luz, además de la creación de proteínas y la fijación del dióxido de carbono por la planta. Lo mencionado anteriormente requiere el azufre en cantidades ideales, junto con su balance con el nitrógeno. Esto se debe a que, si la relación N/S es favorable al azufre, la síntesis de proteínas se reduce. Esto se debe a que por cada 34 átomos de nitrógeno se requiere un átomo de azufre para la creación de proteínas (Lira et al., 2021).

2.1.2.6.2. Etapa reproductiva

Una considerable cantidad de azufre se traslada al fruto y se guarda durante la etapa vegetativa, por lo que es imprescindible una adecuada gestión de este

componente durante la fase de crecimiento. Durante la fase de extensión y llenado de frutas, es imprescindible disponer de suficientes volúmenes de azufre para la producción de proteínas. La carencia de esta nutriente causa una reducción en la producción de cloroplastos y ferredoxina, por lo que, si se carece de él, se reduce la eficacia fotosintética de la planta, lo que limita la maximización de las cosechas (Rovira, 2019).

La producción de etileno en la planta está vinculada al azufre, dado que se genera a partir de la metionina (aminoácido azufrado). El etileno tiene una fuerte relación con la presencia de auxinas, por lo que elevadas concentraciones de etileno generan el crecimiento horizontal de las ramas y los frutos. Además, se emplea para cosechar más temprano y potenciar la dehiscencia de los frutos. El etileno ejerce un impacto beneficioso en la inducción floral y en el desarrollo de la fruta, además de su maduración (Rovira, 2019).

2.1.3. Síntomas de deficiencia en de los macronutrientes en el cultivo de mango

2.1.3.1. Nitrógeno

La carencia de nitrógeno se intensifica en periodos de severa sequía o cuando la recolección ha sido excesiva. Los síntomas surgen inicialmente en las hojas más antiguas, que adquieren un tono amarillento y al secarse adquieren un tono oscuro; posteriormente, la clorosis progresa progresivamente hacia las hojas más jóvenes, proporcionándole a la planta una tonalidad de verde claro (Arbuto et al., 2019).

Además, se considera que un exceso de nitrógeno en combinación con niveles bajos de calcio promueve la aparición de la "nariz blanda", una condición fisiológica que se distingue por la suavización de la pulpa en el ápice de la fruta. También puede suceder que los procesos de diferenciación vegetal se intensifiquen, lo que conlleva a una reducción en la producción (Arbuto et al., 2019).

2.1.3.2. Fosforo

Durante la fase de alargamiento y llenado del fruto, el fósforo juega un papel crucial como suministrador de energía en la fotosíntesis y portador de fotosintatos de las hojas a los frutos. Por ende, contenidos insuficientes de este nutriente causan una reducción en el número de yemas florales y frutos de menor tamaño y peso, y elevan la caída de los frutos (Socorro, 2022).

2.1.3.3. Potasio

Cuando existe una deficiencia, inicialmente se percibe un crecimiento intenso; posteriormente, las hojas presentan manchas amarillas distribuidas de manera irregular en el haz y en el envés, que son de tamaño reducido, fino, despuntado y persistentes. No se desprenden y se crean zonas necróticas en los márgenes que, con el paso del tiempo, abarcan toda la lámina (Rainiero, 2022).

2.1.3.4. Calcio

Cuando existen deficiencias, las primeras afectadas son las áreas meristemáticas (yemas y ápices de las raíces), ya que una disminución del calcio obstaculiza la creación de nuevas paredes celulares, lo que dificulta la división celular. Las hojas tempranas muestran clorosis marginal y puntas curvadas. Las raíces recién creadas presentan atrofia e incoloración (Peralta et al., 2015).

También se ha descubierto una fuerte correlación entre la escasez de calcio y la presencia de nitrógeno cuando se manifiesta en la fruta el trastorno fisiológico denominado "nariz blanda" (Peralta et al., 2015).

2.1.3.5. Magnesio

La carencia de magnesio se intensifica en suelos arenosos, ácidos o lavados por las precipitaciones o la irrigación. Además, las elevadas dosis de potasio pueden reducir la absorción de magnesio durante el desarrollo y en las hojas maduras, se produce clorosis entre las nervaduras o surgen pigmentos brillantes de tonalidades rojas, naranjas, amarillas o púrpuras (Calderón, 2023).

2.1.3.6. Azufre

Las plantas que no poseen azufre muestran un crecimiento lento y una elevada pérdida de hojas. Las hojas más antiguas exhiben una intensa tonalidad verde, necrosis marginal y suelen caer con regularidad. En situaciones de campo, la carencia de este elemento puede manifestarse en terrenos ácidos y con un contenido reducido de materia orgánica (De Medeiros et al., 2020).

2.1.4. Necesidades nutricionales de macronutrientes para la producción adecuada del cultivo de mango

Son escasos los estudios llevados a cabo para determinar la necesidad de nutrientes en mango y medir su extracción durante las distintas etapas de crecimiento de la planta. Se sabe que, en orden descendente, los elementos que se absorben con mayor cantidad son: nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, calcio, manganeso, azufre, zinc y cobre (Hernández et al., 2021).

Una producción media de 16 toneladas de frutos por hectárea o una cosecha de 220 kg de frutos por planta, equivale a una extracción por hectárea de 23 kg de (N), 3 kg de (P) y 25 kg de (K). Al cambiarlo a un programa de fertilización, la cantidad de nutrientes necesarios aumenta debido a que no toma en cuenta la eficiencia en su utilización, por ejemplo: el (N) presenta una eficiencia del 30-50%, el (P) del 15-30%, lo cual varía con las condiciones de suelo y ambiente (Zambrano, 2021).

Tabla 1.

Extracción (Kg/ha) de macronutrientes por tonelada de frutos de mango

Nutrientes	Extracción (Kg/ha) por tonelada de frutos de mango
Nitrógeno	1446
Fosforo	182
Potasio	2269
Calcio	249
Magnesio	191
Azufre	131

Fuente: Zambrano (2021)

2.1.5. Época de aplicación

La etapa de uso está vinculada a las etapas fenológicas del ciclo anual de producción. El desarrollo del mango sucede en ciclos, que se suceden entre periodos de reposo. Cada rama terminal tiene la capacidad de producir entre uno y tres flujos de crecimiento anuales. La aparición de estos depende en gran medida de las condiciones meteorológicas, el tipo de cultivo, el patrón utilizado, la edad del árbol y la magnitud de la cosecha previa. La diferenciación floral ocurre tras una etapa de reposo que parece ser obligatoria y extendida para las yemas. Por lo general, en el trópico, la floración es provocada por periodos de sequía, así como por el crecimiento vegetativo o la generación de nuevas ramas y hojas durante el periodo de lluvia (Gambasica et al., 2025).

La vigilancia del cambio en los niveles de nutrientes en las hojas, mediante un ciclo productivo de mango, señala que los niveles más elevados de N, P y K se manifiestan antes del comienzo de la floración, mientras que los niveles más reducidos se observan durante las fases de plena floración y creación de frutas. Por esta razón, es necesario aplicar fertilizantes en plantas jóvenes a la salida de la cosecha y posteriormente a la etapa de floración (Gutiérrez, 2023).

2.1.6. Fertilización balanceada

Es relevante tener en cuenta el impacto de otros nutrientes en el desempeño y la calidad del mango. Frecuentemente, numerosas zonas productoras de mango muestran carencias de azufre (S) y magnesio (Mg) que requieren corrección. Las dosis de S de 40 kg/ha y MgO de 30 kg/ha resuelven el problema si no se cuentan análisis de terrenos o experiencias anteriores (Lazcano, 2016).

El estudio de los suelos siempre es el método más eficaz para detectar estos problemas, especialmente los relacionados con Mg. Si el suelo posee un contenido reducido de materia orgánica, es casi seguro que responderá bien a la aplicación de S. No debemos pasar por alto las aplicaciones de micronutrientes, particularmente en terrenos de alto pH (Valbuena et al., 2018).

2.1.7. Elección de fuentes de fertilización

Para seleccionar las fuentes adecuadas de fertilizantes para optimizar su uso, es necesario tener en cuenta las condiciones físicas y químicas del suelo, idealmente a través de un estudio de suelos. En terrenos ácidos con un pH inferior a 5.6, es aconsejable realizar modificaciones con cal agrícola y utilizar fuentes abundantes y accesibles de calcio, magnesio y potasio para atenuar los impactos perjudiciales del aluminio (Terao et al., 2019).

En suelos con un pH alcalino más alto que 7.0, es muy aconsejable seleccionar fertilizantes con reacción ácida que contribuya a incrementar la disponibilidad de nutrientes, especialmente con elementos como el fósforo, que se encuentra restringido en condiciones alcalinas y suele ser bloqueado por calcio, hierro, zinc, manganeso y cobre (García, 2019).

2.1.8. Programa de fertilización

Un programa de fertilización debe realizarse con base en el análisis del suelo y en análisis foliares. El mango es una planta muy eficiente en la extracción de nutrientes y se produce bien en suelos que nunca han sido abonados, ayudado por la gran capacidad de sus raíces a explorar y profundizar en el suelo (Ordoñez y Jara, 2019).

En la gestión del cultivo del mango, la fertilización representa una de las técnicas más eficaces para garantizar a la planta la oportunidad de manifestar su potencial genético de generar frutos abundantes y de alta calidad. El propósito de la fertilización es proporcionar a las plantas las cantidades requeridas y en el instante oportuno, los elementos minerales indispensables que se encuentran en el suelo a niveles insuficientes, para que puedan desempeñar sus funciones esenciales; y, además, recuperar al suelo las extracciones que llevan a cabo las cosechas (Muñoz, 2022).

Es crucial destacar que, desde una perspectiva económica, el uso de la fertilización tiene un impacto considerable en los costos variables de producción, dado que constituye entre un 20 y un 25% de estos. Sin embargo, en cambio,

impacta en la producción y ayuda a incrementar significativamente el ingreso del productor (García, 2019).

Tabla 2.

Programa modelo de fertilización para el mango

Edad del árbol	Tipo de fertilizante	Kg/árbol por año	Época de aplicación
1 año	15-15-15	1.0	250 g cada 3 meses
2 años	15-15-15	2.0	500 g cada 3 meses
3 años	15-15-15	3.0	750 g cada 3 meses
4 años	17-6-18-2	3.0	3 kg luego de la cosecha principal.
		1.0	Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración
		0.5	4 kg luego de la cosecha principal.
5 años	Sulfato de amonio Urea	4.0	Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración
		1.0	4.5 kg luego de la cosecha principal.
		0.5	Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración
6 años	Sulfato de amonio Urea	4.5	Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración
		1.5	4.5 kg luego de la cosecha principal.
		0.75	Finalizando las lluvias, 45 días antes de la floración
7 años en adelante	Sulfato de amonio	5.0	5 kg luego de la cosecha principal.
		2.0	

Urea

1.0

Finalizando las
lluvias, 45 días
antes de la
floración

Fuente: García (2019)

2.2. Metodología

El presente trabajo se desarrolló como una investigación no experimental de carácter bibliográfico, mediante el uso de síntesis, análisis, y resumen de la información que se recopiló.

En la elaboración del presente documento se recopiló información actualizada como lo son artículos científicos, sitios web y bibliotecas virtuales que aporten opiniones e ideas de autores que permitieron estudiar el proceso de la presente investigación. Se especificó la temática relevante sobre los macronutrientes y su importancia en el cultivo de mango en el Ecuador.

2.3. RESULTADOS

Los macronutrientes tales como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, son absorbidos por la planta en grandes cantidades; es por eso que se incluyen entre las formulaciones de fertilizantes, que pueden ser aplicados mediante un programa de fertilización; siendo vital para el desarrollo y crecimiento de las plantas de mango.

La necesidad de macronutrientes en el mango, como en otros cultivos de frutas, se basa en elementos como el genotipo, clase de terreno, clima, pérdidas por lixiviación, método de riego, calidad del agua utilizada, condición de la planta, etapa fenológica y la expectativa de cosecha.

Los macronutrientes son importantes en la etapa vegetativa, en donde se establece la cantidad de frutos por árbol, la cantidad de yemas vegetales y se podrá lograr un mayor número de frutos por árbol. Durante la etapa de reproducción es necesario alcanzar el máximo número de yemas florales con frutos, además de una etapa eficaz de alargamiento de los frutos, para acumular la mayor cantidad de fotosintatos posibles y conseguir un fruto con mayor peso.

Las aplicaciones de macronutrientes son mayores cuando el cultivo de mango está en proceso de floración y producción, tomando en cuenta que es una planta muy eficiente en la extracción de nutrientes, en la cual la fertilización representa una de las técnicas más eficaces para garantizar a la planta la oportunidad de manifestar su potencial genético de generar frutos abundantes y de alta calidad.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La determinación de la necesidad de nutrientes en mango y medir su extracción durante las distintas etapas de crecimiento de la planta es un punto clave para mejorar los rendimientos y calidad de la fruta, en la cual se ha demostrado que los elementos que se absorben con mayor cantidad son: nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio, calcio, manganeso y azufre, en la cual Fernández (2020) resalta que es importante establecer una vigilancia del cambio en los niveles de nutrientes en las hojas, mediante un ciclo productivo de mango, señala que los niveles más elevados de N, P y K se manifiestan antes del comienzo de la floración, mientras que los niveles más reducidos se observan durante las fases de plena floración y formación de frutas. Por esta razón, es necesario aplicar fertilizantes en plantas jóvenes a la salida de la cosecha y posteriormente a la etapa de floración.

3. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

Mediante la información analizada se presenta las siguientes conclusiones:

- El nitrógeno es el nutriente más importante, juega papel amplio en el crecimiento de órganos y en muchos procesos; el fosforo es importante en la composición de las células, proteínas, enzimas y otras sustancias, participa en la respiración; el potasio facilita muchos procesos fisiológicos, se acumula en la savia celular, se consume en cantidades considerables, especialmente desde la floración hasta la maduración de las frutas. El calcio juega papel en la dureza y el crecimiento de los tejidos, incluyendo la pulpa de las frutas. El magnesio es un componente esencial de la clorofila, y por esto es importante en la fotosíntesis, también funciona en la actividad del metabolismo de carbohidratos.
- Los síntomas del nitrógeno se presenta en las hojas más antiguas, que adquieren un tono amarillento y al secarse adquieren un tono oscuro; contenidos insuficientes de fosforo causan una reducción en el número de yemas florales y frutos de menor tamaño y peso, y elevan la caída de los frutos; la deficiencia de potasio provoca un crecimiento intenso; posteriormente, las hojas presentan manchas amarillas distribuidas de manera irregular en el haz y en el envés, que son de tamaño reducido, fino, despuntado y persistentes; una disminución del calcio obstaculiza la creación de nuevas paredes celulares, lo que dificulta la división celular, las hojas tempranas muestran clorosis marginal y puntas curvadas, las raíces recién formadas presentan atrofia e incoloración; la deficiencia de magnesio produce clorosis entre las nervaduras o surgen pigmentos brillantes de tonalidades rojas, naranjas, amarillas o púrpuras; deficiencia de azufre muestran un crecimiento lento y una elevada pérdida de hojas, estas exhiben una intensa tonalidad verde, necrosis marginal y suelen caer con regularidad

- El crecimiento, desarrollo y el rendimiento del cultivo de mango, depende de una adecuada nutrición, la cual se logra cuando la planta dispone de cantidades de nutrientes de forma equilibrada de la solución del suelo; teniendo en cuenta que este cultivo puede lograr una extracción de macronutrientes (Kg/ha) por tonelada de frutos de mango: 1446 kg N, 182 kg P, 2269 kg K, 249 kg Ca, 191 kg Mg y 131 kg S.

3.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda lo siguiente:

- Ejecutar un análisis de suelo previo a realizar un programa de fertilización, con el propósito de incrementar el rendimiento potencial del cultivo de mango.
- Establecer programas de fertilización con macronutrientes y micronutrientes de forma correcta en el cultivo de mango.
- Considerar las épocas adecuadas de aplicación de los fertilizantes y mejorar las técnicas de aplicación en el cultivo de mango, para lograr mejores resultados en la producción.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

- Aburto, C., Alejo, G., Ramírez, L., Sánchez, R. (2017). Concentración foliar de macronutrientes en diferentes etapas fenológicas del litchi cv. Brewster. *Interciencia*, 42(7), 441-445.
- Ahmad, I., Bibi, F., Ullah, H., Munir, T. (2018). Mango Fruit Yield and Critical Quality Parameters Respond to Foliar and Soil Applications of Zinc and Boron. *Plants* 2018, 7, 97; doi:10.3390/plants7040097
- Banco Central del Ecuador. (2022). *Información Estadística. Ecuador*. <https://www.bce.fin.ec/>
- Bekele, M., Satheesh, N. and Sadik. J. (2022). Screening of Ethiopian mango cultivars for suitability for preparing jam and determination of pectin, sugar, and acid effects on physico-chemical and sensory properties of mango jam. *Scientific African*, 7(5), 00277
- Bibi, F., Ahmad, I., Bakhsh, A., Kiran, S., Danish, S., Ullah, H., Asif-ur-Rehman. (2019). Effect of Foliar Application of Boron with Calcium and Potassium on Quality and Yield of Mango cv. Summer Bahisht (SB) Chaunsa. *Open Agriculture*, 4, 98-106.
- Calderón Sánchez, N. (2023). *Efecto del ácido giberélico sobre el rendimiento y calidad del mango 'Kent'(Mangifera indica L.) en el distrito de Motupe, Lambayeque*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Cavalcante, I., Lima, A., Carneiro, M., Rodriguez, M., Silva, R. (2016). Potassium doses on fruit production and nutrition of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 33, 418-432.
- Crane, J.H. (2019). *Fertilizer Recommendations for Florida Mangos Mango Plant Nutrition and Leaf Analysis*. c://ext/factsheets/mango/mango_fertilizer_recs_revised_2-15-19.doc.
- Cruz, V., Bugarín, R., Alejo, G., Luna, G., Juárez, P. (2014). Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 229-239.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342014000200005&lng=es&tlng=es.

- Cruz-Barrón, Vania., Bugarín-Montoya, Rubén., Alejo-Santiago, Gelacio., Luna-Esquivel, Gregorio., Juárez-López, Porfirio. (2019). Extracción y requerimiento de macronutrientes en mango 'Ataulfo' (*Mangifera indica* L.) con manejo de poda anual y bianual. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 229-239.
- De Medeiros, A., De Amorim, J., Silva, D. J., Guedes, F., Guerra, A., Dantas, J. (2020). *Composição mineral de folhas e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira, em cultivo irrigado, no Rio Grande do Norte*.
- Dickinson, G., O'Farrell, P., Ridgway, K., Bally, I., Masters, B., Nelson, P., Patisson, A. (2019). Nitrogen and carbon management in Australian mango orchards to improve productivity and reduce greenhouse gas emissions. *Acta Horticulturae*, 1244, 49-60.
- Fernández, L. (2020). *Fertilización y Nutrición del Cultivo de Mango*. <https://www.molinosycia.com/fertilizacion-y-nutricion-del-cultivo-de-mango/>
- Fundación Mango. (2023). *Áreas de cultivo de mango en el Ecuador*. <https://mangoecuador.org/areas-de-cultivo/>
- Galán, V. (2020). *Nutrición y fertilización en el mango: revisión de literatura*. https://www.mango.org/wpcontent/uploads/2020/02/Nutricion_Fertilizacion_SPN.pdf
- Gambasica, N., Forero, S., Cruz, R. (2025). Índice de Tolerancia a Salinidad de Ecotipos de Mango (*Mangifera indica*) en el Caribe Seco Colombiano. *Revista EIA*, 22(43), 4323-pp.
- García, M. (2019). Importancia del Potasio y su uso en México. *RESUMOS EXPANDIDOS RESUMOS DAS APRESENTAÇÕES*, 21.
- García, M. (2019). *Rendimientos y rentabilidad del cultivo de mango (*Mangifera indica* L.) Tommy Atkins y zapallo (*Cucurbita moschata*) en asocio como una alternativa agroforestal en Divisa, Panamá*. CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5652>
- Gutiérrez, A. J. (2023). *Efecto del fertilizante foliar sobre el crecimiento vegetativo del patrón portainjerto criolla de Chulucanas en mango (*Mangifera Indica* L.)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

- Hernández, D. (2022). *Sistema para determinar la falta de nutrientes a través de las hojas en el cultivo de mango*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte.
- Hernández, D. (2023). *Diseñar un sistema para determinar la falta de nutrientes principales a través de las hojas en el cultivo de mango por medio de visión artificial*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte.
- Hernández, M., Gómez, M., Moncada, U., Cardona, A., Pérez, F., Cordero, E. (2021). Análisis nutricional y niveles de extracción del mango cv. Azúcar en el departamento del Magdalena, Colombia. *Bioagro*, 33(2), 79-90.
- Homsky, S. (2023). Manejo Nutricional del Mango. <http://www.promango.org/Socios/Nutricion/mamejonutricional.pdf>
- INTAGRI. (2022). *El Cultivo de Mango y su Fertilización*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cultivo-de-mango-y-su-fertilizacion>
- Jasmitha, B., Honnabyraiah, M., Anil Kumar S., Swamy G., Patil, S., Jayappa, J. (2018). Effect of enriched biochar on growth of mango seedlings in nursery. *International Journal of Chemical Studies*, 6(6), 415-417.
- Lazcano, I. (2016). El potasio y el concepto de la fertilización balanceada. In *Extracto de la ponencia presentada en la conferencia regional para México y el Caribe de la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. INPOFOS-PPI, México*.
- Lira, A., Silva, K., Rodrigues, M., Souza, C., Moreira, F., Lima, A. (2021). Correlação espacial entre macronutrientes de solo e folha em pomares de mangueira (*Mangifera indica* L.) no semiárido bras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43, e-149.
- Martínez Mares, R., Hernández Pérez, A., Aureoles Rodríguez, F., Rojas Duarte, A. (2020). *La interacción entre macronutrientes y sustancias húmicas afectan la calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L) en la región centro de Colima*. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:67092/Description>
- Muñoz, W. (2022). *Inductores para la floración en el cultivo de Mango (*Mangifera indica* L.)* (Bachelor's tesis). (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo.

- Ordoñez, H., Jara, J. (2019). *Evaluación de dos reguladores de crecimiento para incrementar la floración, cuajado y rendimiento del cultivo de mango (Mangifera indica L.) Var. Kent en la campaña 2017-2018, distrito Olmos-región Lambayeque*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *Las principales frutas tropicales. Análisis del mercado 2018*. Roma.
- Ortiz, D. (2023). *Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de mango (Mangifera indica) mediante teledetección, Provincia del Guayas*. (Doctoral dissertation). Universidad Agraria del Ecuador.
- Peralta, N., Becerril, A., Rebolledo, A., Jaén, D. (2015). Estado nutricional foliar de tres cultivares de mango fertilizados con abonos orgánicos. *Idesia (Arica)*, 33(3), 65-72.
- Plantix. (2019). *Deficiencia de Potasio*. <https://plantix.net/es/library/plant-diseases/700002/potassium-deficiency>.
- Rainiero, S. (2020). *Efecto de las precipitaciones sobre los macronutrientes y acidez del suelo en el cultivo de cacao (Theobroma cacao) mediante sig*. (Doctoral dissertation). Universidad Agraria del Ecuador).
- Rovira, L. A. (2019). La fertilización del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. *Fruits*, 38(7-8), 553-562.
- Socorro Horta, R. (2022). *Propuesta de proyecto agrícola para el desarrollo del cultivo del mango (Manguifera indica L.)* (Doctoral dissertation, Universidad de Matanzas).
- Tamayo, A. (2021). nutrición y fertilización del mango. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1741/Ver_documento_1741.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Terao, D., Oliveira, S., Tavares, S. D. H., Laranjeira, D. (2019). Efecto de la nutrición sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo del agente de la malformación floral y vegetativa del mango. *Boletín Micológico*, 16.
- Ureña, A. (2021). Nutrición en el cultivo de mango. <https://ns1.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-2597-p27.pdf>
- Valbuena, C., Martínez, L., Giraldo, R. (2018). Variabilidad espacial del suelo y su relación con el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30, 1146-1151.

- Vega, E., Molina, E. (2020). Fertilización nitrogenada en el cultivo de mango var. Tommy Atkins, en Guanacaste, Costa Rica (1/). *Agronomía Costarricense*, 23(1), 37-45.
- Zambrano, A. (2021). *Análisis físico y químico de los suelos agrícolas del Sur de Manabí y su relación con los cultivos (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM)*. (Tesis de grado). Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Zamora, J. (2021). *Optimización de la fertilización edáfica del mango (tommy atkins) mediante análisis espacial, cerecita-guayas*. (Tesis de grado). Universidad Agraria del Ecuador.

4.2. ANEXOS



Figura 1. Síntomas de deficiencia de nitrógeno



Figura 2. Síntomas de deficiencia de fósforo



Figura 3. Síntomas de deficiencia de potasio



Figura 4. Síntomas de deficiencia de magnesio