



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



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

“Nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.) en  
Ecuador”.

**AUTOR:**

Oscar Javier Contreras Lucio.

**TUTOR:**

Ing. Agr. Xavier Gutiérrez Mora, MAE.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

## RESUMEN

En la presente revisión bibliográfica es necesario aplicar nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arabica* L.), en Ecuador. El cultivo de café es exigente en potasio, la producción y calidad del fruto está relacionada con este nutriente, siendo necesario complementar con otra fuente y así tener nitrógeno, fósforo y potasio en equilibrio. Las conclusiones determinan que el nitrógeno es el elemento de mayor importancia en el desarrollo de la planta y el fruto, dándole una condición de vigor y "frescura" a los cafetos; es el elemento que más rápidamente da una mayor y más constante respuesta en la producción de café, a la vez que el nitrógeno es requerido por la planta en una alta cantidad por lo que es necesario devolvérselo al suelo por medio del fertilizante; el Fósforo contribuye enormemente a la formación de raíces en los primeros estados de crecimiento del cafeto (etapa de vivero y en los dos primeros años de establecido en el campo). Forma parte de las moléculas que transportan energía en la planta; interviene en la formación de los órganos reproductores de la estructura floral y en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; juega un papel importante en la asimilación del Nitrógeno; el Potasio se presenta en el proceso de crecimiento y maduración de frutos; además influye en los rendimientos; calidad del grano y resistencia a plagas y sequías y es importante aplicar magnesio en cafetos, ya que si existe deficiencia provoca manchas de color amarillo entre las nervaduras.

Palabras claves: nutrición, café, macroelementos.

## SUMMARY

In the present bibliographic review it is necessary to apply essential nutrients in the cultivation of Coffee (*Coffea arabica* L.), in Ecuador. Coffee cultivation is demanding in potassium, the production and quality of the fruit is related to this nutrient, being necessary to complement it with another source and thus have nitrogen, phosphorus and potassium in balance. The conclusions determine that nitrogen is the most important element in the development of the plant and the fruit, giving a condition of vigor and "freshness" to the coffee trees; it is the element that gives a faster and more constant response in coffee production, while nitrogen is required by the plant in a high quantity, so it is necessary to return it to the soil through fertilizer; Phosphorus contributes enormously to the formation of roots in the first stages of growth of the coffee tree (nursery stage and in the first two years of establishment in the field). It is part of the molecules that transport energy in the plant; it intervenes in the formation of the reproductive organs of the floral structure and in the metabolism of carbohydrates, fats and proteins; plays an important role in the assimilation of Nitrogen; Potassium is present in the process of growth and ripening of fruits; it also influences yields; grain quality and resistance to pests and droughts and it is important to apply magnesium in coffee trees, since if there is a deficiency it causes yellow spots between the ribs.

Keywords: nutrition, coffee, macroelements.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
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. Objetivo .....	5
1.5. Fundamentación teórica .....	5
1.6. Hipótesis .....	17
1.7. Metodología de la investigación .....	18
CAPÍTULO II .....	19
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
2.1. Desarrollo del caso .....	19
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) .....	19
2.3. Soluciones planteadas .....	19
2.4. Conclusiones .....	20
2.5. Recomendaciones .....	20
BIBLIOGRAFÍA .....	21

## INTRODUCCIÓN

El café tiene una gran importancia económica a nivel mundial, ya que sus semillas, tostadas, molidas y en infusión, constituyen la bebida no alcohólica más consumida actualmente. Su cultivo supone una actividad económica clave en muchos países en desarrollo, y se estima que su procesamiento y comercialización movilizan más de 70.000 millones de dólares al año y dan trabajo a más de 125 millones de personas. Los suministros comerciales de café provienen de más de una especie, pero es *Coffea arabica* (cafeto de Arabia) la que suministra la mayor cantidad y mejor calidad de semillas (Rojo y Pérez 2016).

El café, en el Ecuador, es un cultivo de gran importancia económica, ya que cuenta con 199 215 ha cultivadas, el 68% de esta área corresponde a la especie *Coffea arabica* y el 32% a *Coffea canephora*. El cultivo de café está distribuido en 23 de las 24 provincias del país, por lo tanto, está relacionado con un amplio tejido social. *C. arábica* recibe el nombre de café arábigo y es considerado el de mejor calidad, su producción se concentra en las provincias de Manabí, Loja y en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes (Santistevan *et al.* 2017).

Fertilizar es aportar los nutrientes que la planta necesita para que sea plenamente productiva en cantidad y en calidad, es decir, es mejorar las carencias de micronutrientes para aumentar la rentabilidad de los cultivos. Para lograrlo, los fertilizantes deben aplicarse atendiendo a las necesidades reales de la planta, en la dosis adecuada, en el momento oportuno, y de la forma más efectiva. Los nutrientes aportados mediante materia orgánica y restos de cosecha son útiles, pero se requiere además nutrición mineral asimilable para complementar (Guerrero 2019).

El crecimiento y el desarrollo de los cafetales, y por ende su producción y rentabilidad, depende en buena medida de una adecuada nutrición, la cual se logra cuando la planta dispone de cantidades suficientes y balanceadas de

todos los nutrientes requeridos. Adicionalmente, los cultivos correctamente alimentados ofrecen una mejor calidad del grano y son más resistentes a plagas, enfermedades, sequía y otras condiciones adversas. En concordancia con lo anterior, la práctica de fertilización tiene como objetivo mantener o aumentar la fertilidad del suelo para que las plantas se nutran (Khalajabadi 2017).

Parte importante del éxito en el desarrollo de los cafetales tiene su origen en la calidad del material que se lleva al campo. A su vez, el vigor de las plantas objeto de la siembra depende de las prácticas que se realicen para obtenerlas, entre las cuales tienen especial importancia aquellas relacionadas con la nutrición. Entre los macronutrientes que demanda el cultivo de café en sus diferentes fases de desarrollo, se encuentra el nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (Sadeghian y González 2015).

Por lo expuesto fue necesario buscar información sobre la eficiencia de los nutrientes esenciales (Nitrógeno, Potasio, Calcio y Magnesio) en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.).

# CAPÍTULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento hace referencia a los nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arabica* L.) en Ecuador.

El cultivo de café es exigente en potasio, la producción y calidad del fruto está relacionada con este nutriente, siendo necesario complementar con otra fuente y así tener nitrógeno, fósforo y potasio en equilibrio.

### 1.2. Planteamiento del problema

La fertilidad del suelo hace referencia a la capacidad del medio edáfico para retener, reciclar y suministrar nutrientes esenciales que demandan las plantas para su crecimiento y desarrollo durante largos períodos de tiempo (años). Esta definición va más allá del contenido de los nutrientes, pues incluye la actividad de los organismos del suelo (micro, meso y macro-fauna), la cantidad y tipo de minerales arcillosos, la aireación y otras propiedades y procesos biológicos, químicos o físicos. Todos estos factores, en combinación con los regímenes de temperatura y precipitación, afectan la cantidad y tasa de suministro de nutrientes a las especies vegetales (Khalajabadi 2017).

La principal problemática de los cafetos es que debido a la presencia de nudos, hojas, estructuras de floración y frutos en un variado estado de desarrollo, conduce a que exista una permanente competencia por los nutrientes entre los diferentes órganos, de allí que un adecuado plan de nutrición deba enfocarse en satisfacer la demanda de nutrientes de la cosecha actual, como la que se necesita para garantizar la formación de órganos vegetativos que soportarán los siguientes ciclos de producción (Sadeghian *et al.* 2013)

El suelo constituye la despensa de nutrientes para las plantas; sin embargo, en la mayoría de las ocasiones las reservas contenidas en éste no son suficientes para satisfacer por completo la demanda que tienen los cafetales tecnificados. En estas plantaciones, la carencia nutricional genera normalmente reducciones en la producción hasta del 55 %, en casos severos el rendimiento puede disminuir en más del 80 %. Un ejemplo de este último ocurre con el nitrógeno cuando los suelos son pobres en materia orgánica (Khalajabadi 2017).

### **1.3. Justificación**

Determinar las cantidades correctas de fertilizantes en el cultivo de café es fundamental ya que de ello depende la calidad de planta y como consecuencia la calidad y cantidad de fruto. Es importante mencionar que una planta con el correcto soporte nutrimental, permitirá al productor minimizar los costos ya que tendrá una planta vigorosa y sana, nuestro cultivo tendrá la facilidad de supervivencia ante los cambios de clima e incluso posibles brotes de plagas (Solórzano 2019).

Uno de los aspectos importantes para alcanzar, sostener, e incluso superar la meta trazada es la nutrición de las plantaciones. La implementación correcta de prácticas que conduzcan al logro de este propósito aumenta la productividad y la rentabilidad del negocio, mejora la fertilidad del suelo y ayuda a conservar el medioambiente; en contraste, el ejercicio de labores inapropiadas conlleva a resultados contrarios (Khalajabadi 2017).

Es también de suma importancia conocer la dosificación a emplear de fertilizante, ya que dosificaciones bajas podrían derivar en la pérdida de nuestras cosechas, y concentraciones muy altas estresarán a nuestra planta, obteniéndose resultados negativos (Solórzano 2019).

## 1.4. Objetivo

### General

Recopilar información referente a los nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arabica* L.), en Ecuador.

### Específicos

- Analizar la eficiencia de los nutrientes esenciales en el cultivo de Café.
- Identificar los beneficios del Nitrógeno, Potasio, Calcio y Magnesio en el cultivo de Café.

## 1.5. Fundamentación teórica

El cafeto arábigo (*Coffea arabica*) es un arbusto de la familia de las rubiáceas nativo de Etiopía; es la principal especie cultivada para la producción de café, obtenida a partir de las semillas tostadas, y la de mayor antigüedad en agricultura, datándose su uso a finales del primer milenio en la península arábica. Otra especie de café cultivado es el C. robusta (sin. C. canephora) (Zamora 2020).

La fertilización del cultivo del café es una actividad que define en gran medida la productividad, pero cuando se fertiliza, realmente no se hace al cultivo, se lo realiza al suelo en donde después de varios procesos, los nutrientes quedan disponibles para ser tomados por las plantas. El cultivo del café requiere de varios nutrientes para alcanzar su máximo potencial de producción desde el punto de vista de nutrición y necesita en mayor cantidad algunos nutrientes más que otros (Linares 2017).

De la Cruz (2015) indica que los tres principales elementos para el crecimiento y desarrollo de la planta de café son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno, los cuales se obtienen básicamente del agua y de la

atmósfera, representando cerca del 95% del peso de la planta. Los demás elementos se encuentran principalmente en el suelo y según su demanda, para el cultivo del café, son considerados como macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, cloro, molibdeno, y níquel).

Durante la etapa vegetativa de la planta de café, su crecimiento es relativamente lento extrayendo bajas cantidades de nutrientes del suelo, pero en la etapa reproductiva, su crecimiento es mucho mayor al igual que sus necesidades de nutrientes, momento en el cual deben estar disponibles pues gran parte de ellos, se van para el llenado de los frutos (Ortiz 2022).

Ortiz (2022) señala que la porción de nutrientes requerida para el cultivo del café cambia según la variedad, el clima, el suelo y el manejo, pero para ir a la fija, debemos hacer el análisis de suelos, el cual nos permite conocer el estado de fertilidad, aplicar lo que realmente se necesita y en algunas ocasiones puede tener un importante impacto ambiental y de costos.

Uno de los retos de la agricultura moderna radica en satisfacer la demanda de un mercado creciente, al mismo tiempo que se aumenta la necesidad de introducir alternativas tecnológicas de producción que conduzcan a una mayor sostenibilidad económica y ambiental. Entre los aspectos más importantes está el uso de los fertilizantes; componente que determina en buena medida el éxito de los diversos renglones agrícolas en todo el mundo. Pese a lo anterior, el abuso que se ha hecho de estos insumos ha conllevado a la degradación química de los suelos y a la contaminación de otros recursos ambientales (Sadeghian 2017).

Ube (2021) manifiesta que los requerimientos nutricionales del café varían según el estado del crecimiento. Se distinguen cuatro etapas o fases: germinativa, almácigo, crecimiento vegetativo o levante, y

crecimiento reproductivo (producción). Desde hace varias décadas, se vienen desarrollando numerosos experimentos en torno a la nutrición del café en cada una de estas etapas, teniendo en cuenta la diversidad agroecológica de la zona cafetera.

Sadeghian y González (2014) analiza que especies perennes como café, resulta complejo definir claramente la fase vegetativa del cultivo, debido a que la formación de órganos como hojas, raíces y nudos, puede ocurrir de manera simultánea con el crecimiento reproductivo durante toda la vida de la planta. Por lo anterior y en término estricto, el crecimiento vegetativo se inicia con la germinación de la semilla y se extiende hasta la primera floración; sin embargo, para el caso práctico, esta fase tiene lugar a partir de la siembra en el campo hasta 18 a 24 meses después, dependiendo de las condiciones agroclimáticas de la zona.

Las labores que se realicen en la siembra y en la etapa de crecimiento de los cafetales se verán reflejadas en el desarrollo del cultivo y, por lo tanto, en la producción de los siguientes dos ciclos de renovación, los cuales tendrán una duración aproximada de 15 ó 20 años. La adecuación física y química del suelo debe comenzarse al momento del establecimiento o antes, según la información disponible acerca de las propiedades del suelo. En ocasiones será necesaria la aplicación de cales para corregir los problemas de la acidez y el uso de abonos orgánicos, con el fin de acondicionar el suelo (Naranjo 2017).

Las cantidades de los abonos en esta etapa se incrementan proporcionalmente a la edad del cultivo y las recomendaciones se expresan en gramos del fertilizante por planta o por sitio, más no en kilogramos por hectárea, pues en esta fase se considera poca la competencia entre las plantas; por lo tanto, el manejo va dirigido a individuos y no a poblaciones (Salamanca y Sadeghian 2017).

Naranjo (2017) corrobora que los mayores requerimientos nutricionales corresponden a nitrógeno, seguidos por el fósforo; la demanda de

potasio y magnesio se incrementa al iniciar la etapa reproductiva. La fertilización se debe comenzar a partir del primero o segundo mes luego de la siembra, y repetirse cada 4 meses, dependiendo del elemento, siempre teniendo en cuenta la disponibilidad del agua en el suelo, condición que es determinada por la precipitación, las características del suelo y la cobertura vegetal.

Los cambios químicos generados en el suelo por el uso de los fertilizantes varían de acuerdo a la dinámica propia de cada elemento, la dosis y fuentes empleadas, los sistemas de aplicación y las características particulares del suelo y del clima, entre otros. El incremento en el nivel del nutrimento aplicado, así como su persistencia y residualidad a través del tiempo, son aspectos importantes a tener en cuenta, junto con el efecto del fertilizante sobre la reacción del suelo y la disponibilidad de otros elementos (Salamanca y Sadeghian 2017).

De acuerdo a Salamanca y Sadeghian (2017) relata que la acumulación de los nutrientes durante la primera etapa de crecimiento vegetativo es lenta, pero luego se incrementa, hasta alcanzar los siguientes valores 2.000 días después de la siembra: 547 kg/ ha de nitrógeno–N, 51 kg/ha de fósforo–P, 508 kg/ha de potasio–K, 234 kg/ha de calcio–Ca y entre 59 y 117 kg/ha de magnesio–Mg.

Los cafetales tecnificados demandan una cantidad considerable de nutrientes para la formación del fruto, en especial potasio y nitrógeno. Parte importante de estos requerimientos provienen de las hojas más próximas a los nudos donde tiene lugar la fructificación; además de los aportes que re–movilizan desde otros órganos como las ramas, las raíces, las yemas y las hojas más nuevas (Salazar y Khalajabadi 2016).

En el fruto de café, la mayor acumulación de nutrientes (alrededor del 62%) ocurre entre los 60 y 180 días después de la floración y, en los dos meses antes de la cosecha, se presenta cerca del 25%. Esta condición

sugiere que para la formación de los frutos tiene mayor ingerencia la fertilización que se realiza durante los primeros dos a tres meses a partir de la floración que aquella que se realiza en los últimos dos meses previos a la recolección. Es por esta razón que al suspender el suministro de nutrientes con alta demanda, como el nitrógeno y potasio, se afecta más la producción del año siguiente que la actual (Salazar y Khalajabadi 2016).

Se debe hacer énfasis en que todo plan de fertilización está sujeto a la disponibilidad de lluvia, dado que el agua además de disolver los fertilizantes, es el insumo indispensable para la absorción de los nutrientes desde la solución del suelo. Esta condición prevalece por encima de las épocas de mayor acumulación de los elementos en el fruto. Esto quiere decir que no se debe realizar una práctica de fertilización en temporadas secas, aun cuando el fruto se encuentre en los primeros dos meses de su formación o en los últimos dos meses previos a la recolección (Chinchay 2017).

Las fuentes fertilizantes fueron Úrea (46 % de N), Superfosfato triple (46% de  $P_2O_5$ ), Cloruro de potasio (60 % de  $K_2O$ ) y Óxido de magnesio (88 % de MgO). Estas fuentes se cuentan entre las más utilizadas en la mayoría de las regiones cafeteras, a excepción de Superfosfato triple, pues comúnmente se emplea el DAP para suplir los requerimientos de fósforo, además de proporcionar nitrógeno (18 %). La utilización de Superfosfato triple en lugar de DAP se debió a las exigencias del experimento para utilizar una fuente simple de fósforo en el tratamiento sin nitrógeno (PKMg) (Ramírez *et al.* 2017).

La deficiencia de nitrógeno se presenta como una clorosis uniforme que se inicia en las hojas bajas (Ramírez *et al.* 2017).

El nitrógeno es el elemento de mayor importancia en el desarrollo de la planta y el fruto, dándole una condición de vigor y "frescura" a los

cafetos; es el elemento que más rápidamente da una mayor y más constante respuesta en la producción de café, a la vez que el nitrógeno es requerido por la planta en una alta cantidad por lo que es necesario devolvérselo al suelo por medio del fertilizante; de una manera oportuna y considerable, para lograr un buen desarrollo y producción (Leal *et al.* 2016).

El Nitrógeno es absorbido por la planta en forma  $\text{NO}_3$  o  $\text{NH}_4$ . Los compuestos de Nitrógeno comprenden del 40 al 50% en el peso de la materia seca en la sustancia del protoplasma y consecuentemente de la sustancia viviente de las células de las plantas. Es por esta razón que de Nitrógeno se requiere por lo general en cantidades relativamente grandes durante todo el proceso de desarrollo de las plantas. De ahí se deduce que sin un adecuado abastecimiento de este nutrimento no puede llevarse a cabo un desarrollo apreciable en las plantas (Montenegro 2020).

El Nitrógeno es importante para incrementar la producción, es el componente de las proteínas, aminoácidos, amidas, alcaloides y coenzimas, forma parte además de la clorofila y citocromos. Es el elemento constitutivo de los ácidos nucleicos responsables de la transferencia de la información genética. Participa en la formación y desarrollo de botones florales y minimiza la muerte descendente (asociada con potasio) (Montenegro 2020).

Las deficiencias de este elemento se manifiestan como una clorosis (amarillamiento) uniforme en la lámina foliar, del ápice y vena central hacia los bordes en hojas adultas, deficiencia severa también se presenta en hojas jóvenes. El hecho de que los síntomas de deficiencia de Nitrógeno aparezcan primero en las partes viejas de las plantas y no precisamente en los sitios de crecimiento, alrededor de las yemas terminales se debe a la movilidad y nueva utilización del Nitrógeno, que se trasloca de los tejidos más viejos a las regiones de desarrollo más jóvenes (Díaz 2017).

En un ensayo determinó durante 25 meses los cambios ocurridos por la aplicación de algunos fertilizantes en un suelo Franco Arenoso. En este trabajo se encontró un efecto residual del fósforo sólo en el primer año y pérdidas significativas de Ca, Mg y K por la aplicación de sulfato de amonio, sin que se incrementara la acidez. Se registró un aumento temporal de K intercambiable, el cual desapareció gradualmente al cabo de dos años. El Mg presentó una mayor residualidad frente al Ca y K (Sadeghian *et al.* 2017).

En cada localidad se seleccionaron plantaciones tecnificadas de café, con densidades entre 4.000 y 10.000 árboles por hectárea y edades entre 2 y 3 años (iniciando el ciclo productivo), bajo plena exposición solar o con sombrero parcial, y manejadas. Los planes de fertilización antes de iniciar el experimento sólo incluían el nitrógeno y el fósforo en la mayoría de las plantaciones, aunque en algunas de ellas se había aplicado potasio y realizado encalamientos (Chinchay 2016).

Sadeghian *et al.* (2017) mencionan que el fósforo juega un papel muy importante en la fisiología de las plantas es constituyente de muchos compuestos esenciales como ácidos nucleicos, azúcares, fosforados, núcleo - proteínas, enzimas, vitaminas y fosfolípidos. Una de las principales funciones está relacionada con los procesos energéticos dentro de la planta.

En general los suelos del trópico presentan contenidos bajos de fósforo, esta situación se hace crítica especialmente en suelos tipo ultisoles y andisoles en donde se presentan mecanismos de fijación en el que intervienen por un lado elementos como el hierro y aluminio y por otro en los que se presentan altos contenidos de alúmina. Las formas iónicas  $H_2PO_4^-$  y  $HPO_4^{2-}$  son las absorbidas por los mecanismos activos y forman rápidamente compuestos orgánicos (Sadeghian *et al.* 2017).

El Fósforo es necesario para el desarrollo del tejido leñoso en plantías y brotes de recepa y para el crecimiento radicular. En cafetos en producción, este nutrimento ocupa el quinto lugar en el requerimiento para el cultivo. La necesidad del Fósforo se determina mediante un muestreo de suelos y su respectivo análisis químico foliar (3<sup>er</sup> par de hojas) como complemento. La movilidad del Fósforo en el suelo es bien mínima debido a las interacciones que existen con el Hierro, Aluminio y Magnesio en suelos ácidos; con el Calcio en suelos neutros y alcalinos (Adler *et al.* 2018).

Se sabe que el Fósforo contribuye enormemente a la formación de raíces en los primeros estados de crecimiento del cafeto (etapa de vivero y en los dos primeros años de establecido en el campo). Forma parte de las moléculas que transportan energía en la planta; interviene en la formación de los órganos reproductores de la estructura floral y en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; juega un papel importante en la asimilación del Nitrógeno (Colina *et al.* 2017).

Colina *et al.* (2017) manifiestan que algunos hechos han demostrado que en ocasiones el Nitrógeno súper abundante, hasta cierto punto bloquea la utilización del Fósforo y viceversa. Es por esto que en algunos procesos de floración forzada de las plantas, el Fósforo actúa siempre y cuando se haya agotado prácticamente el Nitrógeno, como ocurre en el caso de las piñas. Si la planta de piña tiene una disponibilidad alta de Nitrógeno, el proceso de diferenciación de las yemas florales tiende lugar muy difícilmente, a pesar de la presencia del Fósforo.

Las plantas se estancan en su desarrollo y toman un color verde oscuro anormal que les da apariencia de sufrir intoxicación, el ciclo enzimático se disloca. Cuando el Fósforo se encuentra deficiente en la planta los síntomas se presentan en las hojas adultas, observándose manchas amarillas de diferentes tamaños; simultáneamente aparecen en las hojas manchas de color rojizo a pardo rojizo, que puede cubrir

toda la hoja (Colina *et al.* 2017).

El Potasio es absorbido en forma  $K^+$ . El Potasio lo contienen los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes lo que confirma su alto requerimiento por las plantas, al igual que el Nitrógeno. Se ha mostrado en muchos ejemplos que el contenido de Potasio en las plantas generalmente es más alto de lo necesario para el desarrollo saludable y se considera que por lo general el Potasio a menudo es absorbido más de lo necesario por las plantas. A diferencia de la mayoría de los nutrientes, el Potasio no forma parte constitutiva de compuestos orgánicos. No obstante, está presente en todos los tejidos vegetales y experimenta gran movilidad (Tovar y Cogua 2017).

La mayor demanda de Potasio se presenta en el proceso de crecimiento y maduración de frutos; además influye en los rendimientos; calidad del grano y resistencia a plagas y sequías. El nivel de Potasio en el suelo debe ser de un 5 % en relación con el 65 % de Calcio y 18 % de Magnesio, dentro de la capacidad de intercambio catiónico total (capacidad productiva del suelo). Otras funciones que se atribuyen al Potasio, de éstas se pueden mencionar las siguientes: participa en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos, en los procesos fotosintéticos, en la síntesis de almidones y aminoácidos, apertura de estomas y traslocación de carbohidratos. El Potasio participa en el tamaño, forma, color, fragancia y sabor del café. Contribuye al endurecimiento de los tejidos de sostén y resistencia a enfermedades (Munguía *et al.* 2018).

El Potasio ha sido reportado que favorece la conversión de energía lumínica en energía química, además incrementa el efecto del Nitrógeno y contribuye a la fijación de Nitrógeno atmosférico (Mogollón *et al.* 2017).

La deficiencia de este elemento se manifiesta en hojas adultas produciendo áreas necróticas hacia el interior de las hojas en forma de "V". Cuando la deficiencia es aguda, los puntos de desarrollo son

severamente afectados y mueren y en general el colapso de la planta puede ocurrir. Defoliación debido a una aguda deficiencia de potasio. La deficiencia de potasio se inicia en las hojas bajas, pero luego se extiende hacia toda la planta (Parra 2018).

El Mg tiene varias funciones clave en las plantas, entre ellos, Fotofosforilación (Formación de ATP en los cloroplastos, adenosín Trifosfato, principal reserva de energía en las plantas), Fijación de Bióxido de Carbono CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis, Síntesis de proteínas, Formación de clorofila, Transporte del floema (savia elaborada), Particionamiento y utilización de foto asimilados y Foto-oxidación en las hojas. Consecuentemente, muchos procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas se ven seriamente afectados con la deficiencia del nutriente ocasionando un pobre crecimiento y rendimiento (Toro *et al.* 2017).

Los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen como manchas de color amarillo entre las nervaduras (Carvajal 2018).

Nitrógeno y potasio son necesarios en la misma cantidad. La absorción de ambos está entre 150 y 250 kg/ha en plantas maduras. El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetal y la alta producción de café. La absorción ocurre en la fase precoz durante el desarrollo foliar y la floración (Bedoya y Salazar 2014).

Monge (2015) menciona que los requerimientos nutricionales del cultivo se establecen a partir de lo que las plantas en su óptimo estado de desarrollo y vigor retiran del suelo y que está contenido en el tejido vegetal de toda la planta. Se relaciona con cantidades suficientes de los elementos que están disponibles en el suelo y que la planta puede absorber para lograr un crecimiento y grado de productividad deseada.

Según Braham y Bressani (2013) indican los requerimientos nutricionales en café:

Elemento	Cantidad (kg)
N	43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,4
K <sub>2</sub> O	48
CaO	11,3
MgO	4,7
S	2,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,31
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,097

Al momento de definir los planes de nutrición de cualquier especie vegetal es necesario conocer el estado de la fertilidad del suelo, dado que ésta es heterogénea, aún en cortas distancias, debido al efecto de la acción e interacción de los factores y procesos de formación; hecho que se destaca en los suelos de la zona cafetera colombiana, por la diversidad de materiales de origen, relieve, clima, uso y manejo que se da a los cultivos (Salazar y Montesino 2017).

Para evaluar la fertilidad del suelo se deben realizar análisis químicos y físicos, cuyos resultados interpretados de manera correcta, sirven de guía para determinar la cantidad de cada nutrimento en particular, y en ocasiones la aplicación de enmiendas (cales o materia orgánica), con el fin de corregir la acidez o remediar otro tipo de problemas (alta densidad aparente y retención de humedad, etc.) (Dorronsoro 2013).

Otros indicadores como la composición elemental de los tejidos, en especial las hojas, las pruebas biológicas, la caracterización microbiológica del suelo, la sintomatología de deficiencia y el estado de desarrollo del cultivo, entre otros, también son útiles y pueden complementar los planes del diagnóstico y pronóstico. Para el cultivo de café, el análisis del suelo, como herramienta en la toma de decisiones para la fertilización de los cafetales, trae beneficios económicos y

ambientales que justifican su uso. El éxito del análisis de suelo está relacionado estrechamente con los siguientes tres factores: a). La obtención de la muestra; b). La calidad del análisis y c). La interpretación correcta de los resultados analíticos (Arcila 2015).

En investigaciones realizadas han demostrado que la adición de Nitrógeno produjo un aumento en la producción del 24%, en estudios sobre el fraccionamiento del elemento en el fertilizante al suelo con la presencia de otros elementos (P, K, Mg y B) se considera que la producción aumenta conforme se realizan mayor número de aplicaciones debido a que el Nitrógeno es absorbido por la planta como  $\text{NO}_3$  el cual es altamente lixiviable (Arana 2018).

En un ensayo realizado en macetas de 25 litros de capacidad, evaluaron el efecto de la aplicación de diferentes portadores de nitrógeno durante tres años sobre la fertilidad de suelos procedentes de 4 localidades. Se encontró disminución de los valores del pH y el desplazamiento de las bases intercambiables por los fertilizantes nitrogenados, siendo mayor el ocasionado por el sulfato de amonio, seguido por el nitrato de amonio y 12-12-17-2. Los valores más bajos de pH, Ca y Mg, y mayores de P y K en el plato del árbol (zonade fertilización), que en las calles del cultivo (Ube 2021).

En experimentos de fuentes de nitrógeno, no se han encontrado diferencias, sin embargo, los contenidos de materia orgánica en el suelo pueden ayudar a establecer diferencias de importancia, ya que en muchos suelos existen cantidades considerables de nitrógeno, principalmente en formas orgánicas. Un valor medio de nitrógeno atmosférico incorporado al suelo anualmente, para los suelos del mundo, es estimado en 12,8 kg/ha, siendo 9,2 kg/ha proveniente de la fijación biológica (Santana 2014).

La respuesta del café al nitrógeno ha sido señalado en todos los países donde se cultiva el café, por lo que su suministro debe ser común

denominador en la fertilización de rutina. Se recomiendan 300 Kg N/Ha/Año con lo que se ha conseguido un aumento en la cosecha de 39 por ciento con respecto a las parcelas testigo, menciona que en Brasil la aplicación de nitrógeno varía entre 64 y 200 gramos/año (Meneses y Urrutia 2021).

Investigaciones realizadas desde la década de los 50 con el elemento fósforo conducen a recomendar la dosis de 50 kg/ha por año de  $P_2O_5$  es el nivel que permite garantizar buenas producciones y a la vez mantener la fertilidad del suelo. La respuesta a este elemento se manifiesta por lo general lineal negativa; puede aseverarse que en este país la respuesta de este elemento constituye la excepción y no la regla al igual que las interacciones N x P y P x K (Chávez 2021).

En dos diferentes suelos cafetaleros tipos ultisol y andisol; Se evaluó el efecto de dos dosis, dos fuentes y dos formas de aplicación de fósforo, en el establecimiento y producción de café. Luego de varios años de aplicación y 6 y 4 registros de cosecha se determinó que hay una acumulación significativa de fósforo en el suelo; presentando diferencias significativas a favor de la aplicación de 50 kg/ha de Triple Super Fosfato aplicado en hoyos. En cuanto a los parámetros productivos no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para el análisis general de varianza como para la separación de efectos de las diferentes variables (Chávez 2021).

## **1.6. Hipótesis**

Ho= no es necesario aplicar nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.), en Ecuador.

Ha= es necesario aplicar nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.), en Ecuador.

## **1.7. Metodología de la investigación**

Para la elaboración del documento se recopiló información de textos actualizados, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos que contribuirán al desarrollo del presente documento que sirvió como componente práctico del trabajo de titulación.

La información obtenida fue parafraseada, resumida y analizada a fin de obtener información relevante sobre la eficiencia de los nutrientes esenciales (Nitrógeno, Potasio, Calcio y Magnesio) en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.).

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

En la presente revisión bibliográfica es necesario aplicar nutrientes esenciales en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.), en Ecuador.

El cultivo de café es exigente en potasio, la producción y calidad del fruto está relacionada con este nutriente, siendo necesario complementar con otra fuente y así tener nitrógeno, fósforo y potasio en equilibrio.

#### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)**

Con una carencia constante las hojas viejas de plantas deficientes de N se ponen totalmente pálidas de color amarillo-blanco y se marchitan. En plantas carentes de nutrientes, la necrosis se ve en el follaje joven. Por tal razón, el crecimiento se ve fuertemente atrofiado.

Cuando el nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio se encuentra deficiente en la planta los síntomas se presentan en las hojas adultas, observándose manchas amarillas de diferentes tamaños; simultáneamente aparecen en las hojas manchas de color rojizo a pardo rojizo, que puede cubrir toda la hoja.

#### **2.3. Soluciones planteadas**

Aplicar nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio en el cultivo de café para incrementar sus rendimientos.

Concientizar a los agricultores sobre la importancia de nutrientes aplicados al cultivo de café.

## **2.4. Conclusiones**

El nitrógeno es el elemento de mayor importancia en el desarrollo de la planta y el fruto, dándole una condición de vigor y "frescura" a los cafetos; es el elemento que más rápidamente da una mayor y más constante respuesta en la producción de café, a la vez que el nitrógeno es requerido por la planta en una alta cantidad por lo que es necesario devolvérselo al suelo por medio del fertilizante

El Fósforo contribuye enormemente a la formación de raíces en los primeros estados de crecimiento del cafeto (etapa de vivero y en los dos primeros años de establecido en el campo). Forma parte de las moléculas que transportan energía en la planta; interviene en la formación de los órganos reproductores de la estructura floral y en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; juega un papel importante en la asimilación del Nitrógeno.

El Potasio se presenta en el proceso de crecimiento y maduración de frutos; además influye en los rendimientos; calidad del grano y resistencia a plagas y sequías.

Es importante aplicar magnesio en cafetos, ya que si existe deficiencia provoca manchas de color amarillo entre las nervaduras.

## **2.5. Recomendaciones**

Aplicar nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio en el cultivo de Café (*Coffea arábica* L.), para incrementar los rendimientos.

Capacitar los agricultores sobre los beneficios del nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio en el cultivo de café.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adler, I., Carmona, G., & Bojalil, J. A. 2018. Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. *México DF, México.: International Renewable Resources Institute Mexico.*
- Arana Meza, V. H. 2018. Dinámica del nitrógeno en un sistema de manejo orgánico de café (*Coffea arabica* L.) asociado con poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) OF Cook).
- Arcila P. 2015. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé - FNC. p. 21-60
- Bedoya Cardoso, M., & Salazar Moreno, R. (2014). Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(SPE8), 1433-1439.
- Braham, J. E., & Bressani, R. (1978). *Pulpa de café: composición, tecnología y utilización*. CIID, Ottawa, ON, CA.
- Carvajal, J. F. 2018. Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en plantas de café (*Coffea arabica* var. *typica*). *Revista de Biología Tropical*, 8(2), 165-179.
- Chávez, D. L. 2021. Efecto del nitrógeno y fósforo en plantas de café (*Coffea arabica* L.) en bolsa con dos medios de crecimiento.
- Chinchay, L. 2016. Buenas prácticas agrícolas: uso de los fertilizantes nitrogenados en la minimización de la emisión de gases de efecto. *Revista Científica Ingetecno*, 4(1).
- Chinchay, L. S. L. 2017. Buenas prácticas agrícolas: uso de los fertilizantes nitrogenados en la minimización de la emisión de gases de efecto. *Revista Científica Ingetecno*, 4(1).
- Colina-Navarrete, E., Santana-Aragone, D., Castro-Arteaga, C., Cadena-Piedrahita, D., Sotomayor-Morán, A., Galarza-Centeno, E., & López-Villacrés, M. 2017. Microorganismos Fijadores De Nitrógeno Y Su Acción Complementaria A La Fertilización Química En El Cultivos De *Coffea arabica* L. *European Scientific Journal [en línea]*, 13(3).
- De la Cruz Jácome, X. E. 2015. *Aplicación de bioestimulantes en plantas de café (Coffea arabica L.) En vivero, en la zona del Cantón*

- Mocache* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Díaz Arca, O. A. 2017. Aplicación de aditivos minerales para la reducción de pérdidas de nitrógeno por volatilización durante el compostaje de pulpa de café.
- Dorronsoró, C. 2013. Introducción a la edafología. Departamento de edafología y química agrícola Universidad de Granada. Granada, España. Disponible en: <http://www.edafologia.ugr.es/>.
- Guerrero, G. 2019. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa.
- Khalajabadi, S. S. 2017. Manejo integrado de nutrientes para una caficultura sostenible. *Suelos Ecuatoriales*, 44(2), 74-89.
- Leal, L. A., Salamanca, A., & Sadeghian, S. 2016. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva.
- Linares Ruiz, B. C. 2017. Determinación y evaluación del porcentaje de sombrero de especies forestales que se encuentran como sombrero del café (*Coffea arábica*) variedad castillo, en la vereda Murca del municipio de Gachalá-Cundinamarca.
- Meneses Vidal, J. A., Urrutia Quirá, S. A. 2021. *Desarrollo de una red de sensores para monitoreo de macronutrientes primarios para cultivo de café aplicado a un caso de estudio en Tecnicafé* (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Electrónica).
- Mogollón, J. P., Garcia-Miragaya, J., & Sánchez, L. F. 2017. Nitrógeno potencialmente disponible en suelos cafetales bajo diferentes árboles de sombra. *Agronomía Trop*, 47, 87-102.
- Monge, L. (1999). Manejo de la Nutrición y Fertilización del cultivo de café orgánico en Costa Rica. In *XI Congreso Nacional Agronomico/III Congreso Nacional de Suelos* (pp. 175-191).
- Montenegro, J. 2020. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en la emisión de óxido nitroso en plantaciones de café en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 111-130.
- Munguía-Hernández, R., Hagggar, J., & Silvio-Ponce, A. 2018. Cambios en la fertilidad del suelo, producción de biomasa y balance de nitrógeno en sistemas agroforestales con café en Nicaragua. *La Calera*, 10(14), 5-12.

- Naranjo Polania, D. F. 2017. Efectos de los elementos menores sobre la productividad del café (*coffea arabica* L.) en la zona cafetera colombiana.
- Ortiz Quijije, K. B. 2022. *Estudio morfológico de tres genotipos de café arábica (Coffea arábica) a la aplicación de diferentes láminas de riego* (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).
- Parra, H. 2018. Correlaciones entre los contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo y la composición del tejido vegetal en café y pasto. *Cenicafé (Colombia) v. 22 (1) p. 18-26*.
- Ramírez, V. H., Moreno, A. M., & López, J. C. 2017. *Evaluación temprana de la deficiencia del nitrógeno en café y aplicaciones*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Rojo Jiménez, E., Pérez-Urria Carril, E. 2016. Café I (G. Coffea). *Reduca Biología, 7(2)*, 113-132.
- Sadeghian, S. 2017. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica.
- Sadeghian, S., & González, H. 2014. Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción.
- Sadeghian, S., González, H. 2015. *Respuesta de almácigos de café a diferentes fuentes y dosis de nitrógeno*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Sadeghian, S., Mejía, B., & González, H. 2017. *Acumulación de nitrógeno fósforo y potasio en los frutos de café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Sadeghian, S., Mejía, B., González, H. 2013. *Acumulación de calcio magnesio y azufre en los frutos de café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. 2017. Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica.
- Salazar A., J., Montesino S., 2017. Uso del estiércol de ganado como sustrato en almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé 207:1-4*.
- Salazar, L. A. L., & Khalajabadi, S. S. 2016. Producción de café (*Coffea arabica* L.) en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 7(1)*,

71-82.

- Santana Aragone, D. X. 2014. *Efectos de la aplicación de microorganismos fijadores de nitrógeno, complementarios a la fertilización química en una plantación de Café variedad Caturra Rojo en la zona de Babahoyo* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2014).
- Santistevan Méndez, M., Julca Otiniano, A., Borjas Ventura, R., Tuesta Hidalgo, O. 2017. Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada*, 13(2), 187-192.
- Solórzano Rincón, N. K. 2019. Nutrición Mineral en el Cultivo de Café. Villa Corzo, Chiapas. Pag 8.
- Toro, H., Suárez Vásquez, S., Guerrero Riascos, R., & Zapata, H. 2017. Evaluación de la disponibilidad del magnesio en dos suelos de la zona cafetera mediante índices relacionados con los factores cantidad e intensidad. *Suelos Ecuatoriales (Colombia) v. 25 p. 47-50* ISSN 0562-5351.
- Tovar, O. C., Cogua, J. E. 2017. Síntomas de deficiencia de nutrimentos en aliso (*Alnus acuminata* HBK). *Agronomía Colombiana*, 7(1-2), 89-94.
- Ube Anchundia, J. L. 2021. Importancia del nitrógeno para el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de café (*Coffea spp.*) en Ecuador (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021).
- Zamora Pico, G. L. 2020. *Comportamiento de tres híbridos de café (Coffea arábica L.) en tres distanciamientos de siembra* (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).