



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ELEMENTOS NUTRITIVOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN
MINERAL EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA) EN
ECUADOR

JIMENEZ SANCHEZ ERICK WILSON
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

ELEMENTOS NUTRITIVOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN
MINERAL EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA) EN
ECUADOR

JIMENEZ SANCHEZ ERICK WILSON
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

ELEMENTOS NUTRITIVOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL EN EL
CULTIVO DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA) EN ECUADOR

JIMENEZ SANCHEZ ERICK WILSON
INGENIERO AGRÓNOMO

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 29 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
29 de agosto de 2022

ELEMENTOS NUTRITIVOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA) EN ECUADOR

por Erick Wilson Jiménez Sánchez

Fecha de entrega: 17-ago-2022 09:58p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1883780748

Nombre del archivo: ERICK_PARA_TURNITIN.docx (1.79M)

Total de palabras: 5704

Total de caracteres: 28924

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, JIMENEZ SANCHEZ ERICK WILSON, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ELEMENTOS NUTRITIVOS Y MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (COFFEA ARABICA) EN ECUADOR, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 29 de agosto de 2022



JIMENEZ SANCHEZ ERICK WILSON
0706340536

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| Objetivo General. | 8 |
| Objetivos específicos..... | 8 |
| DESARROLLO | 9 |
| 1. El café | 9 |
| 2. Historia del café..... | 9 |
| 3. Producción del café en Ecuador | 11 |
| 4. Morfología de la planta de café..... | 12 |
| 4.1. Raíces | 14 |
| 4.2. Tallo..... | 14 |
| 4.3. Ramas..... | 15 |
| 4.4. Hojas..... | 15 |
| 4.5. Flores..... | 16 |
| 4.6. Fruto..... | 16 |
| 5. Taxonomía de la planta de café..... | 17 |
| 6. Manejo agronómico del café..... | 17 |
| 6.1. Control de malezas..... | 17 |
| 6.2. Poda de los cafetales | 18 |
| 6.3. Sistemas de cafetal..... | 18 |
| 7. Nutrición..... | 19 |
| 8. Función de los nutrientes durante la prefloración y posfloración | 19 |
| 8.1. Fósforo | 19 |
| 8.2. Azufre | 19 |
| 8.3. Cobre..... | 20 |
| 8.4. Boro..... | 20 |
| 8.5. Molibdeno..... | 20 |
| 9. Función de los nutrientes durante el crecimiento del fruto | 20 |
| 9.1. Magnesio..... | 20 |
| 9.2. Zinc..... | 20 |
| 10. Función de los nutrientes durante la formación y llenado de fruto | 21 |
| 10.1. Calcio..... | 21 |

| | | |
|--------------------------|--|-----------|
| 10.2. | Nitrógeno | 21 |
| 10.3. | Fósforo | 21 |
| 11. | Función de los nutrientes durante la maduración del Fruto..... | 21 |
| 11.1. | Potasio..... | 21 |
| 11.2. | Boro..... | 21 |
| 11.3. | Molibdeno | 21 |
| 12. | Fertilización | 22 |
| 13. | Fertilidad del suelo | 22 |
| 13.1. | Fertilización inorgánica..... | 24 |
| 13.2. | Manejo de la fertilización durante la fase de germinación..... | 25 |
| 13.3. | Manejo de la fertilización durante la fase de semillero..... | 25 |
| 13.4. | Manejo de la fertilización en la propagación asexual - trasplante..... | 26 |
| 13.5. | Sitio de aplicación..... | 27 |
| CONCLUSIONES..... | | 28 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 29 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Teoría del pastor sobre el origen del café | 10 |
| Figura 2. Pintura del Caffé Florian en la Plaza San Marcos de Venecia | 10 |
| Figura 3. Mapa de la expansión del café a nivel mundial | 11 |
| Figura 4. Planta de cafeto de la variedad robusta | 13 |
| Figura 5. Raíces de las plantas de café | 14 |
| Figura 6. Formación del tallo de las plantas de café. Dentro de las circunferencias se indican los entre nudos del que se forman en el tallo. | 15 |
| Figura 7. Ramas de las plantas de café. Nudos y yemas terminales. En la sección a se muestran las yemas laterales y apicales de la planta de café, en la figura b la yema apical más de cerca y en la figura c yemas laterales. | 15 |
| Figura 8. Hojas de la planta de café | 16 |
| Figura 9. Flores de las plantas de café..... | 16 |
| Figura 10. Fruto maduro del café..... | 17 |
| Figura 11. Sistemas de cultivo de café | 19 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Volumen de exportación de café en el Ecuador del periodo 2015 al 2020..... | 11 |
| Tabla 2. Clasificación taxonómica de la planta del café | 17 |
| Tabla 3 Absorción y extracción total de nutrientes del café..... | 24 |

RESUMEN

El cultivo de café es importante para la economía de diversos países, entre ellos Ecuador, donde se obtiene en las zonas de mayor altitud una excelente calidad, con respecto a la nutrición el cultivo de café requiere de diversos elementos nutritivos fundamentales, uno de los requerimientos más importantes es el nitrógeno y potasio, a diferencia del fosforo que es bastante bajo; pero no es menos esencial que los anteriores, de manera general en plantaciones de café de tres años se han reportado necesidad de aplicar 125 kg de N/ha, 13 kg de P₂O₅/ha y 126 kg de K₂O/ha; estos valores tienen una relación 10:1:10, aunque las recomendaciones son generales toda fertilización se debe realizar previo a un análisis del suelo. Con relación a los demás elementos nutritivos los requerimientos del café son menores, reportándose por algunos investigadores la aplicación entre 40 y 80 kg/ha de magnesio, 30 a 60 kg/ha de Azufre, 3 a 6 kg/ha de Boro y 5 a 10 kg/ha de Zinc. Las aplicaciones de estas cantidades de fertilizantes dependen de diferentes factores como: fertilidad del suelo, manejo agronómico del cultivo (control fitosanitario, control de malezas, rendimiento operado y riego de agua o precipitación pluviométrica del lugar donde se encuentra la plantación).

Palabras Clave: cultivo de café, fertilización mineral, nutrición.

ABSTRACT

Coffee cultivation is important for the economy of several countries, among them Ecuador, where excellent quality is obtained in the higher altitude zones. With respect to nutrition, coffee cultivation requires several fundamental nutritional elements, one of the most important requirements is nitrogen and potassium, unlike phosphorus, which is quite low; However, it is no less essential than the previous ones. In general, in three-year coffee plantations, it has been reported that 125 kg of N/ha, 13 kg of P₂O₅/ha and 126 kg of K₂O/ha need to be applied: 1:10, although the recommendations are general, all fertilization should be carried out prior to a soil analysis. With regard to the other nutrients, the requirements of coffee are lower, with some researchers reporting the application of between 40 and 80 kg/ha of magnesium, 30 to 60 kg/ha of Sulphur, 3 to 6 kg/ha of boron and 5 to 10 kg/ha of zinc. The application of these quantities of fertilizers depends on different factors such as: soil fertility, agronomic management of the crop (phytosanitary control, weed control, yield and water irrigation or rainfall where the plantation is located).

Keywords: coffee cultivation, mineral fertilization, nutrition.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del café tiene una importancia fundamental y trascendente, no sólo por su importancia para el desempeño económico, sino también por su participación en las estructuras sociales, culturales, institucionales y políticas de muchos países latinoamericanos. Históricamente, es un cultivo tradicional altamente rentable y considerado la columna vertebral de las cadenas de valor (Olschewski et al., 2006).

El café ecuatoriano es un cultivo de importancia económica que se desarrolla en 199.215 hectáreas, de las cuales el 68% corresponde a variedades arábicas y el 32% a variedades canephora, distribuidas en 23 de las 24 provincias del país. El café ecuatoriano está, pues, vinculado a diversas estructuras socioeconómicas, estas últimas basadas en la producción, comercialización, industrialización, transporte y distribución del café a 105 000 hogares de productores. Se crean 700 000 puestos de trabajo para los hogares vinculados a los procesos de comercialización, industrialización, transporte y exportación (Ponce Vaca et al., 2018).

La producción se concentra en la provincia de Manabí (principalmente en la región de Hypiapa), la provincia de Loja y las estribaciones de los Andes occidentales. En los últimos 15 años, esta producción se ha desarrollado de forma diferente: De 2002 a 2011 hubo una tendencia al alza, pero en 2012 se produjo un cambio drástico al registrarse un importante descenso del 69% respecto a 2011. Este comportamiento se debió a una reducción del 8 % de la superficie cultivada y una disminución del 62 % de la producción durante este período (Rivera-Parra & Peña-Loyola, 2020).

La grave obsolescencia y la renovación de las plantaciones son las principales razones del descenso de la producción. Ecuador es uno de los pocos países que cultiva tanto café Arábica como Robusta, pero la producción de café ha disminuido drásticamente desde la década de 1990 y aún no se ha recuperado (Acosta & De La Cruz, 2021).

Una de las bases más importantes para obtener y mantener rendimientos estables y mejorar la vitalidad y el desarrollo de las plantas es la fertilización, que puede dividirse en dos actividades: En primer lugar, la fertilización del suelo, dependiendo se realiza en dependencia de las cantidades o unidades de producción sean estas con un manejo de tipo convencional, alternativo como ecológico o a su vez un manejo integrado). Como complemento a la aplicación de fertilizantes en el suelo está la aplicación foliar. Para mantener una producción estable y, sobre todo, para garantizar un buen desarrollo

fenológico del café en la fase de producción, es necesario cumplir una serie de factores. Durante el ciclo de cosecha, el café debe pasar por las siguientes fases: Floración, festoneado (ramas laterales), crecimiento del brote especialmente órganos vegetales como las hojas y raíces del cultivo las cuales en dependencia de la etapa fenológica tiene diferentes requerimientos nutritivos y cantidades de fertilizantes en función de las necesidades de la planta, la edad de plantación y la productividad objetivo (Ponce Vaca et al., 2018).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es revisar y detallar aspectos de la aplicación de fertilizantes en el cultivo del café. El estudio es factible, medible y realizable y constituirá la base de futuras investigaciones sobre la gestión de los fertilizantes en el cultivo del café.

Objetivo General.

- Establecer los elementos nutritivos fundamentales en el cultivo del café, mediante una revisión de literatura actualizada para mejorar el manejo de la fertilización.

Objetivos específicos.

- Establecer los elementos nutritivos importantes para la fertilización del cultivo de café.
- Realizar una revisión de literatura sobre el manejo de la fertilización del café.

DESARROLLO

1. El café

El café, son denominados así tanto la planta como la bebida tradicional, la planta de café produce una baya que es utilizada a nivel mundial por las características organolépticas que posee, de la cual se obtiene principalmente una bebida aromática muy popular. Las semillas del café son cosechadas una vez maduras, se las tuestan y se las tritura hasta obtener un polvo, puede ser instantáneo o de colar. Este producto agrícola se lo produce principalmente en los países en vías de desarrollo, quienes lo exportan como materia prima hacia los países desarrollados, y en estos últimos lo procesan y le dan un valor agregado (González, 2018).

2. Historia del café

Existen diversas teorías sobre el origen del café, varios autores coinciden en que la historia del café inicia en África, exclusivamente en Etiopía, hoy conocida como República democrática Federal de Etiopía (Bermúdez, 2021; González, 2018; Romero, 2017) y según la historia se dice que el café era un árbol de origen natural en los bosques, el que fue domesticado por la población etíope (Díaz & Calero, 2013).

También se dice que el café proviene de Arabia como de el origen de su nombre Porque proviene de un término de la antigüedad árabe “qahwah”, este término significa fuerza, y se lo empleada para denominar toda clase de bebida que se lo obtenga a partir de la extracción de una planta (González, 2018; Romero, 2017).

Se conoce que 800 años después de Cristo en África, mezclaban el jugo extraído y fermentado de las cerezas con la pulpa de la baya madura del café, de lo cual obtuvieron un agradable vino con mejores características aromáticas, también emplearon los frutos del café en el campo de la medicina donde hervían estos granos secos en agua (González, 2018).

Existen una teoría de cómo se empezó a utilizar el café en el consumo humano, data del siglo VII, donde un pastor que estaba cuidando a su rebaño de ovejas, observó que las ovejas empezaban a consumir las bayas de esa planta (Figura 1) y las tomo para preparar una infusión, la misma que tuvo un sabor desagradable y lanzó las semillas del café hacia el fuego, lo que hizo que los granos empezaron a emanar agradables aromas, así que

empezó a quemar las bayas y luego preparo la infusión con esos granos (Bermúdez, 2021).



Figura 1. Teoría del pastor sobre el origen del café

Fuente: (Rodríguez, 2020)

Dentro de la historia del café también se relata también que fue prohibido en La Meca en el siglo 16, fue caracterizada como una bebida pecaminosa e incluso especulaban que provocaba intoxicación por 13 años (Rodríguez, 2020).

El café se empezó a expandir por todo el mundo para ser cultivado, a partir de los años 70, llegando a Europa en el año de 1615 por medio de los comerciantes, y en el año de 1863 se abrió el primer establecimiento de comercialización de café en este continente, específicamente en Venecia el cual se llamó Caffè Florian (Figura 2); luego se sitúa en Asia en 1699 en batavia como que se lo conoce como Indonesia, país que se ha convertido en la actualidad uno de los mayores productores y exportadores de café del mundo (González, 2018) .



Figura 2. Pintura del Caffè Florian en la Plaza San Marcos de Venecia

Fuente: Carlo Grubacs

En el año de 1968 el café llega a Norteamérica para el consumo, partir de 1720 se inició el cultivo de esta vaya y en 1718 se empezó a repartir para Sudamérica y América Central llegando primero Surinam, Guayana Francesa y Brasil, del mismo modo llego a Jamaica introducido por los británicos (Figura 3), y en este país hasta la actualidad se cultiva estaba allá y es el café más caro y más famoso a nivel mundial (González, 2018).



Figura 3. Mapa de la expansión del café a nivel mundial

Fuente: (Tostaduría Buen café, 2021)

3. Producción del café en Ecuador

En la actualidad y por medio de la tecnología se ha aumentado la productividad del café en el país, produciéndose 3 toneladas por hectárea de la variedad Coffea arábica y 5 toneladas por hectárea de la variedad Coffea canephora (Ponce et al., 2018). “Entre Sucumbíos, Orellana y Napo se estima cultivos de aproximadamente 51.000 hectáreas de este tipo de café, los cuales están distribuidos en un total de 17350 unidades productivas. También existe producción de este tipo de café en Pastaza, Esmeralda, Guayas, Los Ríos, Pichincha, Cotopaxi, Zamora y Bolívar” (Robles, 2015) (Tabla 1).

Tabla 1. Volumen de exportación de café en el Ecuador del periodo 2015 al 2020

| AÑOS | VOLUMEN | | | | | |
|------|---------|---------|----------|---------|-----------|----------------|
| | Arabica | Robusta | Su-Total | Indust. | Total SCS | Total USD (\$) |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|--------|--------|---------|---------|---------|-------------------|
| 2015 | 58.973 | 46.728 | 105.701 | 764.267 | 869.968 | \$ 145.300.013 |
| 2016 | 64.122 | 20.247 | 84.369 | 836.804 | 921.173 | \$ 146.047.531 |
| 2017 | 52.943 | 26.931 | 79.874 | 615.268 | 695.142 | \$ 116.688.943 |
| 2018 | 18.046 | 55.186 | 73.232 | 409.466 | 482.698 | \$ 81.011.677 |
| 2019 | 12.554 | 11.749 | 24.303 | 481.962 | 506.265 | \$ 77.781.062 |
| 2020 | 13.576 | 16.580 | 30.156 | 413.044 | 443.200 | \$ 68.559.480 |

Fuente: ANECAFE, (2020)

En el Ecuador se evidencia que en los últimos años ha decrecido la producción de café como por ejemplo en 1983 habían cultivadas aproximadamente 346 mil hectáreas y para el 2019 solo 60 mil, es por ello que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP) con la Asociación Nacional Ecuatoriana de Café (ANECAFE), impulsaron el proyecto taza dorada para incentivar y reactivar la caficultura en el país (Arreaga et al., 2021).

4. Morfología de la planta de café

Las plantas de cafetales poseen morfológicamente raíces, tallo, ramas, hojas, flores y frutos, que permiten su desarrollo y reproducción. El café Robusta es un arbusto más grande que el café Arábica, es fácil de cultivar y muy estable, de ahí el nombre de Robusta, y las hojas son grandes, altas y de color verde claro. La variedad Robusta tiene las siguientes características (Figura 4):

- Las flores del café son de color blancas y emiten fragancias agradables.
- Las plantas forman racimos de café más grandes que los del Arábica.
- Adicionalmente en cuanto a la biología floral del cultivo esta se abren aproximadamente entre al séptimo u octavo día después de la época más lluviosa.

- A diferencia del arábica, el robusta es auto estéril, lo que significa que el óvulo no puede ser fecundado con su propio polen y requiere en la mayoría de los casos que se realice una polinización cruzada en el cultivo.
- Las cerezas son pequeñas, pero hay más por nodo que en el Arábica, por lo que son más productivas que éste.
- Por término medio, las cerezas tardan entre 10 y 11 meses en estar listas para la cosecha, en un tiempo que varía hacia los dos meses luego que una planta de Arábica.
- Esta variedad es mucho más resistente a los insectos plaga y las enfermedades, a los cambios climáticos, entre otras características agronómicas de importancia.
- El café Robusta tiene algunas características favorables, como la alta tolerancia a la roya de la hoja, la roya blanca y la infestación por nematodos.
- El café robusta bajo un manejo agronómico correcto puede dar una cosecha muy consistente.

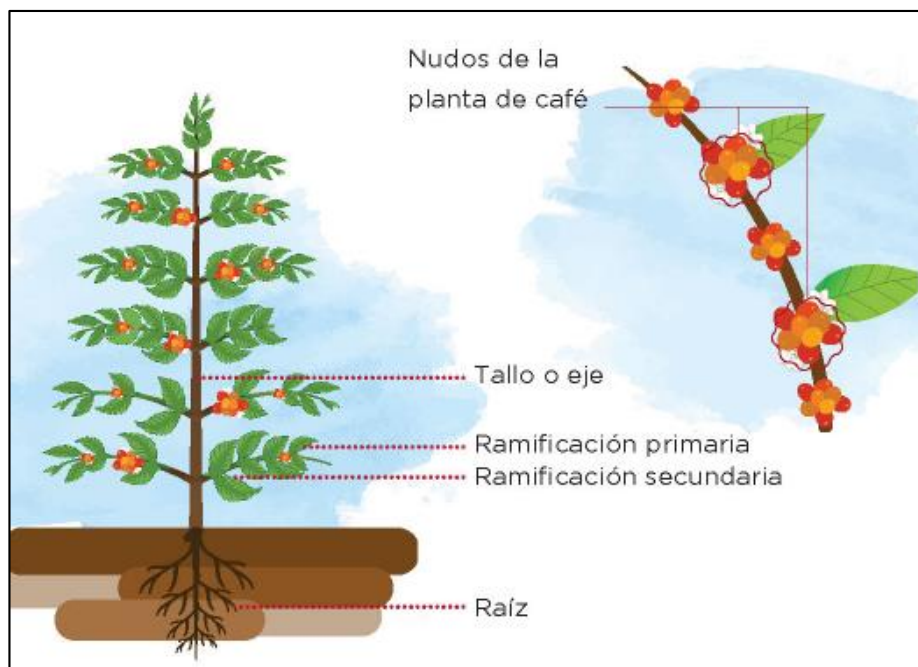


Figura 4. Planta de cafeto de la variedad robusta

Fuente: (Anecafé, 2019)

4.1. Raíces

El sistema radical está conformado por un eje central con desarrollo cónico y raíces axilares o de sostén, las mismas que pueden tener de profundidad hasta un metro, todo dependerá de las condiciones topográficas del suelo en el que se encuentre sembrado (Díaz & Calero, 2013; Jarquín, 2021) (Figura 5).

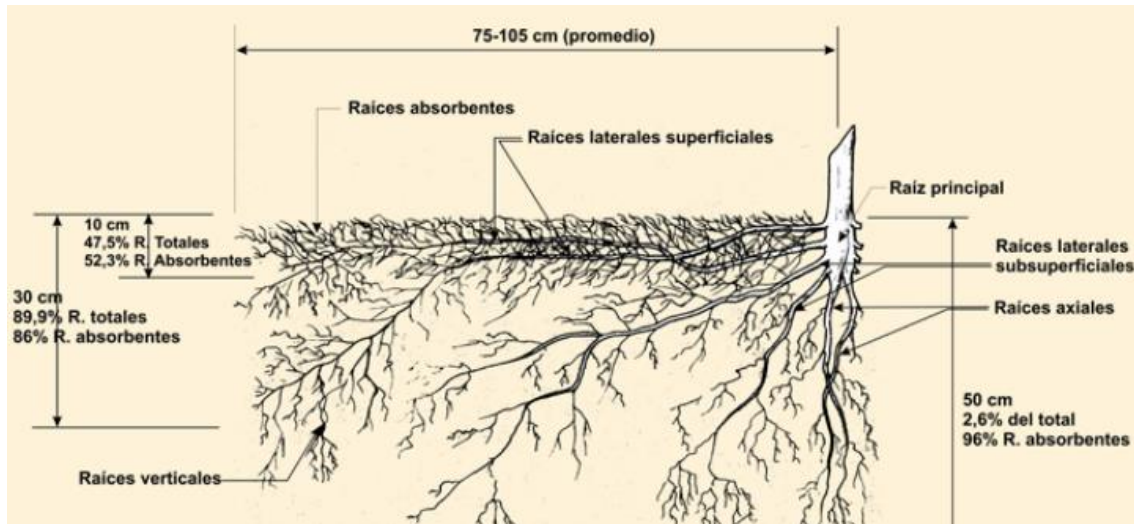


Figura 5. Raíces de las plantas de café

Fuente: Arcila, (2007)

4.2. Tallo

El tallo es leñoso y su longitud depende de la variedad de café de 2 a 5 metros (Díaz & Calero, 2013). El tallo tiene nudos y yemas terminales, los nudos son los que permiten el crecimiento de nuevas ramas para el crecimiento ortrópico de la planta, y también le otorgan rigidez y sostén; mientras que las yemas terminales, son la terminación del tallo (Quezada, 2021) (Figura 6).



Figura 6. Formación del tallo de las plantas de café. Dentro de las circunferencias se indican los entre nudos del que se forman en el tallo.

Fuente: Cenicafé, (2020)

4.3.Ramas

En las ramas se forman las axilas, que permiten o dan paso al crecimiento de hojas y de flores para el proceso de polinización y por ende el crecimiento de los frutos, en los terminales crecen las hojas en pares de formas opuestas, y se forman axilas con varias yemas que serán el inicio de la inflorescencia para el crecimiento de los frutos (Quezada, 2021) (Figura 7).

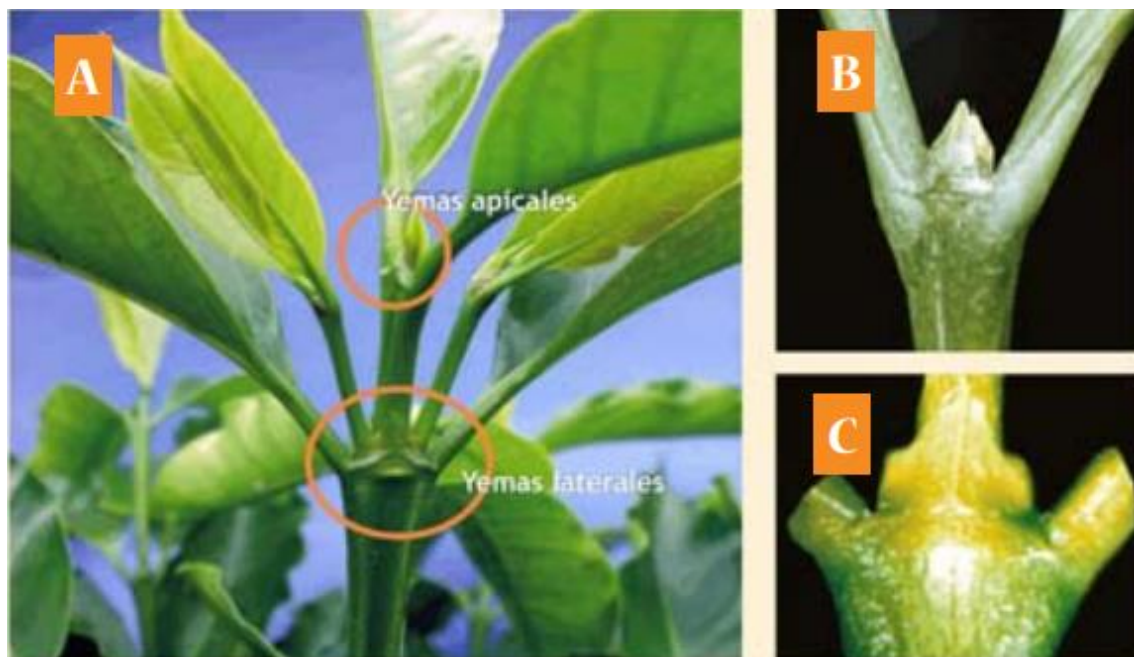


Figura 7. Ramas de las plantas de café. Nudos y yemas terminales. En la sección a se muestran las yemas laterales y apicales de la planta de café, en la figura b la yema apical más de cerca y en la figura c yemas laterales.

Fuente: Arcila, (2007)

4.4.Hojas

En las ramas aparecen las hojas de par en par, y de forma opuesta, son de textura fina, y presentan ondas, con formas entre oval y lanceolada, su tonalidad va de verde agua cuando recién empieza a crecer a café cuando empieza a morir en un lapso de 10 a 15 meses de vida si la planta de café está bajo sombra, pero si se encuentra en exposición directa al sol, dura de 9 a 14 días (Diaz & Calero, 2013; Jarquín, 2021) (Figura 8).



Figura 8. Hojas de la planta de café

Fuente: Anecafé, (2019)

4.5.Flores

Las flores de la planta de café son de color blanca y tienen de 5 a 9 pétalos según la variedad, con un aroma fragante, tiene cáliz, corola, estambres y pistilo, el desarrollo de las flores o de la inflorescencia en las plantas de café dependerá directamente de las condiciones climatológicas, principalmente, para su aparición debe existir humedad suficiente en el terreno (Díaz & Calero, 2013; Jarquín, 2021) (Figura 9).



Figura 9. Flores de las plantas de café

Fuente: Arcila, (2007)

4.6.Fruto

El fruto del café es un fruto rojo brillante, parecido a una cereza, del tamaño de una uva, que protege la semilla o el grano de café en su interior. Al igual que las cerezas ordinarias, el fruto del cafeto pertenece a las llamadas drupas (Díaz & Calero, 2013; Jarquín, 2021).



Figura 10. Fruto maduro del café

Fuente: Anecafé, (2019)

5. Taxonomía de la planta de café

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la planta del café

| | |
|------------------------|---|
| REINO | Plantae |
| TIPO | Espermatofitas |
| SUB-TIPO | Angiospermae |
| CLASE | Dicotiledónae |
| SUB-CLASE | Gamopétalas inferovariadas o metaclamídeas |
| ORDEN | Rubiales |
| FAMILIA | Rubiales |
| TRIBÚ | Coffeae |
| GÉNERO | Coffeae |
| SUB- GENERO | Eucoffea |
| ESPECIES | Arábica, canephora, Libèrica, entre otras. |

6. Manejo agronómico del café

6.1. Control de malezas

La maleza puede ocasionar severos daños en las plantaciones del café, dado que se pone en competencia la disponibilidad de agua y de los nutrientes que existen en el suelo, esto

puede ocasionar la debilitación de la planta y hacerla susceptible al ataque de plagas y enfermedades (Fernández, 2017).

6.2.Poda de los cafetales

Las plantaciones necesitan un sistema de poda, que permite el cambio del crecimiento de la planta y la eliminación de ramas o tallos que no tengan un óptimo crecimiento, lo que permite una buena relación en la producción-área foliar que de paso al desarrollo vegetativo y por ende una mejor productividad de la plantación (Fernández, 2017; Instituto Interamericano de IICA, (2018).

6.3.Sistemas de cafetal

Se consideran 5 tipos de sistemas de cultivo de café, los cuales son el tradicional, policultivo tradicional, policultivo comercial, bajo sombra y monocultivo, los que se detallan a continuación: Venegas et al. (2018),

Sistema tradicional o rústico: en este tipo de sistema las plantaciones de café son plantadas en medio de bosques naturales, estos se presentan principalmente en los bosques de la Amazonía.

Sistema de policultivo tradicional: estos cultivos se mantienen en condición ambiental bajo sombra de plantas principalmente medicinales y madera.

Sistema de policultivo comercial: en este tipo de sistema de cultivo de café, las plantaciones se encuentran protegidas por la sombra de plantaciones bananeras y frutales.

Sistema bajo sombra especializada y fuertemente controlada: este sistema consiste en el cultivo de cafés bajo sombra de plantas forestales, principalmente leguminosas.

Monocultivo: el monocultivo de café son las plantaciones de café que se encuentran totalmente expuestas a la luz solar (Figura 11).

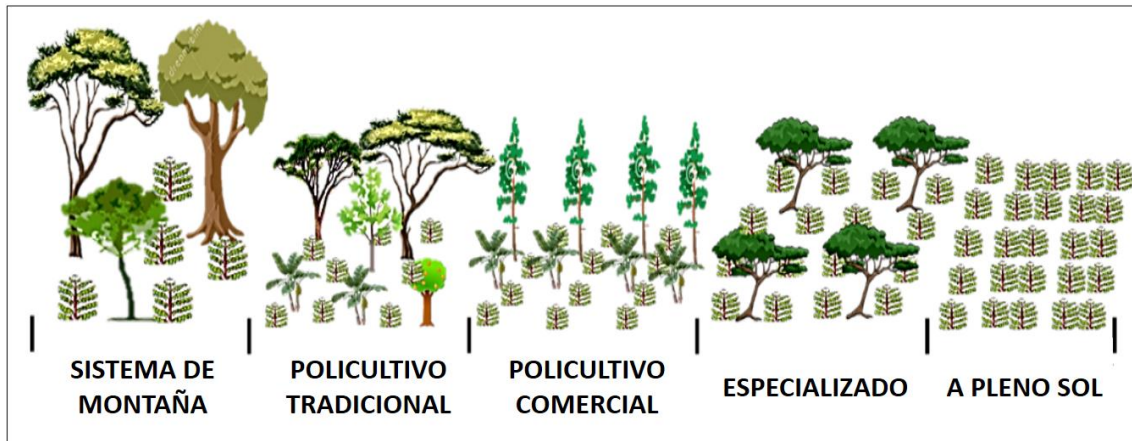


Figura 11. Sistemas de cultivo de café

Fuente: Escamilla et al., (2021)

7. Nutrición

Las plantaciones de café requieren de nutrientes primordiales para el óptimo desarrollo de las plantas y a su vez, para tener una alta rentabilidad en las cosechas, entre los principales nutrientes que requieren estas plantaciones son el nitrógeno, potasio, carbono, cloro, hierro, molibdeno, magnesio, zinc, fósforo, hidrógeno, oxígeno, otros.

El carbono, el hidrógeno y el oxígeno se obtienen de la atmósfera y también del agua. Los demás elementos pueden dividirse en tres grupos: macronutrientes primarios que son los que mayor demandada por los cultivos (N, P y K), macronutrientes secundarios los cuales son indispensable para cumplir funciones específicas del cultivo (S, Mg y Ca) y finalmente los oligoelementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl y Ni) los cuales son necesario para el cultivo pero en menores cantidades (Grasso & Díaz, 2020).

8. Función de los nutrientes durante la prefloración y posfloración

8.1.Fósforo

El fósforo permite la floración y por ende el crecimiento del fruto, su función se basa en la formación, el crecimiento y la multiplicación en la planta (Morales et al., 2019).

8.2.Azufre

El azufre es primordial para la formación de la clorofila, la que se encuentra directamente relacionada con los procesos de respiración y de fotosíntesis de la planta; el azufre

también cumple un rol importante en la fertilización del polen y es un lignificante celular (Morales et al., 2019).

8.3.Cobre

El cobre al igual que el azufre son promotores de la clorofila, pero este nutriente además aporta cómo productor de aminoácidos que forman las proteínas y también enzimas (Morales et al., 2019).

8.4.Boro

Otro de los microelementos que requiere el cultivo es el boro el cual esencial especialmente en el metabolismo del nitrógeno, debido a que tiene un efecto directo sobre los procesos reproductivos y el crecimiento celular, su importancia se da principalmente por el vigor que ejerce sobre el polen y el desarrollo de las flores y los frutos. Adicionalmente ayuda a mantener la forma de calcio soluble en las plantas. (Morales et al., 2019)

8.5.Molibdeno

El molibdeno Aunque es requerido en pequeñas cantidades su función es importante para el proceso de “la asimilación del nitrógeno y formación del polen” (Morales et al., 2019).

9. Función de los nutrientes durante el crecimiento del fruto

9.1.Magnesio

El magnesio al igual que otros nutrientes como el cobre y el azufre son primordiales en el proceso de la fotosíntesis y la formación de la clorofila en las plantas, promovedor del desarrollo de semillas adicionalmente facilita el movimiento del fósforo dentro del cultivo (Morales et al., 2019).

9.2.Zinc

El zinc es el único nutriente metálico que se encuentra presente en las enzimas y su asimilación es esencial, acumulándose en los órganos de la planta y también en el fruto, este elemento ayuda a la absorción del fósforo y le da a la planta mayor tolerancia ante el ataque de enfermedades (Morales et al., 2019).

10. Función de los nutrientes durante la formación y llenado de fruto

10.1. Calcio

El calcio es uno de los componentes principales de la pared celular y ayuda a que las plantas se adapten a diversas condiciones climatológicas, también cumple un rol importante en la vida de las hojas y de los frutos, además ayuda a la absorción del potasio (Morales et al., 2019).

10.2. Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento que forma parte en la formación de la clorofila una sustancia de importancia en la actividad fotosintética de los cultivos adicionalmente promueve el desarrollo de la biomasa de la planta” (Morales et al., 2019).

10.3. Fósforo

El fósforo es un elemento primordial que participa dentro de actividades de desarrollo energético dentro del cultivo adicionalmente coadyuva en el transporte de azúcares, grasas y proteínas (Morales et al., 2019).

11. Función de los nutrientes durante la maduración del Fruto

11.1. Potasio

Durante la maduración del fruto el potasio actúa como un activador enzimático y como ayudante en la fijación del nitrógeno, también promueve el desarrollo de los azúcares y su movilidad o transporte dentro de la planta, otra de las funciones es que ayuda en el color y la calidad del fruto (Morales et al., 2019).

11.2. Boro

El boro impide debido a la naturales de su partícula la acumulación de los ácidos clorogénicos y con ello adicionalmente aumenta la movilidad de los azúcares (Morales et al., 2019).

11.3. Molibdeno

El molibdeno en la maduración del fruto actúa como un activador enzimático (Morales et al., 2019).

12. Fertilización

Para lograr la seguridad alimentaria, la agricultura de producción de alimentos sostenible requiere un uso equilibrado y preciso de los nutrientes. La nutrición específica del suelo y de los cultivos ayuda a las plantas a maximizar la absorción de nutrientes, a reducir las pérdidas de nutrientes en el medio ambiente y a aumentar la productividad agrícola (Grasso & Díaz, 2020).

Cuando los granos de café reciben los nutrientes que necesitan para crecer de forma óptima, las variedades e híbridos tienen más probabilidades de alcanzar el máximo rendimiento. Por lo tanto, es importante diseñar un programa de fertilización basado en las predicciones de rendimiento, los resultados de los análisis del suelo y la fase de desarrollo del cultivo. Los fertilizantes incluyen abonos orgánicos, químicos y mixtos. El éxito depende de la idoneidad de estos métodos en combinación con otros factores que influyen en el crecimiento de los cultivos, como la fase del cultivo, el manejo de los tejidos, el tipo de suelo, la edad del cultivo, la humedad del suelo y la distribución de las precipitaciones (Morales et al., 2019).

La calidad de las plantas depende de la nutrición y el desarrollo de los tejidos en la fase de semillero y vivero. Por este motivo, se han encontrado formulaciones que contienen oligoelementos, especialmente zinc, boro, hierro y calcio, en aminoácidos. La cantidad utilizada varía de un producto a otro, por lo que es aconsejable leer la etiqueta antes de la aplicación. El abono puede aplicarse una vez cada 30 días. No utilice demasiada cantidad, ya que de lo contrario se alterará el equilibrio entre las partes de las hojas y las raíces de la planta. Cuando el volumen de las hojas de la planta aumenta en comparación con el número de raíces, la planta se vuelve sésil. El objetivo principal en la fase de vivero es desarrollar las raíces (IICA, 2020).

13. Fertilidad del suelo

Las definiciones de la fertilidad del suelo varían y a veces son controvertidas, pero en general se acuerda que se refieren a la capacidad del entorno del suelo para proporcionar los elementos esenciales que las plantas necesitan para su metabolismo. Un suelo fértil se caracteriza, pues, por un suministro adecuado y equilibrado de nutrientes, disponibles en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de las especies vegetales (Wadt & Dias, 2012).

La fertilidad puede ser natural o adquirida. El primero se refiere a las condiciones intactas del suelo en las que hay un equilibrio entre el suelo y la vegetación. El segundo se refiere a lo contrario, en el sentido de que es un suelo que ha sido tratado o manipulado con fertilizantes, acondicionadores del suelo y otras prácticas de gestión (Theodoro et al., 2003).

El conocimiento de las necesidades de nutrientes de los cultivos en términos de absorción o eliminación es muy útil para adaptar los programas de fertilización, pero esta información por sí sola no es suficiente y debe complementarse con los resultados de la investigación sobre las respuestas a mayores cantidades de cada elemento clave. Estos experimentos determinan los nutrientes necesarios para alcanzar la máxima producción (óptimo biológico) en condiciones climáticas, de suelo y de gestión específicas. El análisis económico correspondiente determina la cantidad de abono que debe utilizarse para obtener el máximo beneficio económico, que depende de la variabilidad del precio del abono y del rendimiento (Cisneros-Rojas et al., 2016).

En los suelos de alta fertilidad, la respuesta de las plantas a los fertilizantes es limitada, por lo que se requieren dosis bajas para maximizar el rendimiento; en los suelos de baja fertilidad, la probabilidad de respuesta es alta, por lo que se requieren dosis más altas de nutrientes; en los suelos de fertilidad media, se produce un comportamiento intermedio (Theodoro et al., 2003).

13.1. Fertilización inorgánica

Todas las plantas superiores, incluido el café, necesitan al menos 16 elementos considerados esenciales para su crecimiento. Según su origen, se dividen en minerales (presentes principalmente en el suelo y absorbidos por las raíces de las plantas en forma inorgánica) y no minerales (procedentes principalmente de la atmósfera y del agua). Los minerales se dividen en nutrientes básicos (N, P, K, Ca, Mg, S) y oligoelementos (Fe, Cu, Mn, B, Mo, Zn, Cl) según sus necesidades (Bedoya Cardoso & Salazar Moreno, 2014).

La cantidad de nutrientes que necesitan las plantas depende de las características del cultivo (por ejemplo, la especie, la variedad, la fase de desarrollo y el nivel de producción), de los factores climáticos (principalmente las precipitaciones, la temperatura y la luz), de las características del suelo (físicas, químicas y biológicas) y de la gestión de la plantación (densidad de plantación, riego, sombreado, control de las malas hierbas y aplicación de fertilizantes) (Hena-Toro & Hernández-Guzmán, 2002).

Una parte de los elementos extraídos del suelo por el cultivo se retira del campo en el momento de la cosecha (por ejemplo, los granos de maíz, los tubérculos de patata o los granos de café), pero el resto vuelve al suelo a través de la transformación en órganos como las raíces, los tallos y las hojas (Fernández, 2017).

La actual agricultura basada en productos químicos es una de las principales causas de los problemas medioambientales actuales. Estos paquetes tecnológicos han dado lugar a mayores rendimientos, pero también a efectos secundarios como la pérdida de miles de hectáreas de suelo fértil, la degradación del suelo y el aumento de patógenos más virulentos. Estas tecnologías también han provocado la eutrofización de los cursos de agua, el aumento de los niveles de nitrato en las aguas subterráneas y superficiales y el incremento de los residuos de pesticidas en el agua, el suelo y los alimentos (Hernández et al., 2017). En cuanto a la absorción y extracción de nutriente del café estos se los presentan en (Tabla 3).

Tabla 3 Absorción y extracción total de nutrientes del café.

| Cultivo | Nombre científico | Órgano cosechable | Absorción Total (Kg/ton) | | | | | | Extracción total (kg/ton) | | | | | |
|---------|-------------------|-------------------|--------------------------|---|----|----|----|---|---------------------------|-----|---|----|----|---|
| | | | N | P | K | Ca | Mg | S | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Café | Coffea arabica L. | fruto | 24 | 2 | 19 | 2 | 1 | 1 | 5 | 0,5 | 6 | - | - | |

Fuente: (Hernández et al., 2017)

A su vez los requerimientos de fertilización del cultivo para el café son variantes en dependencia de la variedad, pero en cuanto al arábico (Molina, 2001) menciona que en kilogramos por hectárea por elemento se requiere la dosis (kg/ha)

125 kg de Nitrógeno

13 kg de Fosforo

126 kg de Potasio

40 y 80 kg/ha de Magnesio

30 a 60 kg/ha de Azufre

3 a 6 kg/ha de Boro

5 a 10 kg/ha de Zinc

13.2. Manejo de la fertilización durante la fase de germinación

En cuanto al manejo de la fertilización durante la fase de germinación se ha determinado que la fertilización se puede realizar de preferencia en el llenado de la funda o en la preparación del sustrato, cuando se utiliza fertilización orgánica de preferencia se debe utilizar en el sustrato de relación 5:1 pero estos pueden variar dependiendo del contenido nutritivo del abono a utilizar, en cambio en fertilización inorgánica o mineral se debe utilizar por cada kilogramo un gramo de fertilizante completo o enriquecido con N y K (Theodoro et al., 2003).

13.3. Manejo de la fertilización durante la fase de semillero.

En este mismo sentido en cuanto al manejo de la fertilización durante la fase de semillero la cual se presenta entre los seis primeros meses, aunque depende mucho del tamaño de funda, de las condiciones climáticas del sitio o la zona donde se dé la gestión del vivero, las plantas responden bien a los abonos orgánicos y a los aportes de fósforo, si no se dispone de un suelo adecuado y de un compost de calidad, deben aplicarse aproximadamente 2 g P₂O₅ por funda desde el inicio del trasplante. El DAP también puede utilizarse para reducir los efectos nocivos de la celulosa parcialmente descompuesta y las secreciones de los insectos (MORILLO CORONADO et al., 2017).

En esta fase, la respuesta a los fertilizantes nitrogenados es negativa; la adición de potasio no tiene ningún efecto sobre la materia seca o la altura de la planta, ni tampoco el uso de

fertilizantes foliares o de sílice. La relación entre el volumen de tierra en macetas y la harina de café bien descompuesta es suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales de las plántulas. Esta proporción puede ajustarse a 3:1 (v/v) si se dispone de otras fuentes, como posos de café, vermiculita, estiércol de aves de corral, estiércol de ganado o estiércol de cangrejo. Además, en el caso de la vermiculita, se ha demostrado que esta proporción de mezcla es independiente del contenido de materia orgánica del suelo (Gotteland & de Pablo V, 2007).

El uso de bolsas de tamaño adecuado (17 cm x 23 cm) y la mezcla apropiada con compost no sólo fortalecerá las plantas en el campo, sino que también aumentará el suministro de nutrientes exógenos, preferiblemente en forma de DAP (46 % de P O), de modo que los nutrientes de las semillas enriquezcan el suelo y su ciclado dentro de los dos a cuatro meses siguientes a la excavación física y biológica del hoyo mejorará las condiciones para su establecimiento. El efecto de este método se refleja en el rendimiento inicial de las plantas (León et al., 2020).

13.4. Manejo de la fertilización en la propagación asexual - trasplante

En cambio en la reproducción asexual comienza con la germinación de las semillas y continúa hasta alcanzar la primera floración, pero en la práctica esta fase dura hasta 18-24 meses después de la plantación en el campo, dependiendo de las condiciones agroclimáticas locales (Salazar & Khalajabadi, 2016a). Así, la fertilización está en función de la información disponible sobre las propiedades del suelo (Silva & Lima, 2012).

La mayor necesidad es de nitrógeno, seguida de fósforo, mientras que las necesidades de potasio y magnesio aumentan en las primeras etapas de la propagación. La aplicación de fertilizantes debe comenzar en el primer o segundo mes después de la siembra y repetirse cada cuatro meses en función de los elementos, teniendo siempre en cuenta las reservas de agua del suelo, en función de las precipitaciones, las propiedades del suelo y la cubierta vegetal. La gestión debe centrarse en las plantas individuales más que en las colonias, ya que en esta época del año las plantas rara vez compiten (Machado Vargas et al., 2015).

13.5. Sitio de aplicación

Tanto los abonos como las enmiendas deben aplicarse entre el tronco y los brotes así en los primeros 20 cm del suelo contienen la mayor concentración de raíces vegetales absorbentes, se ha encontrado que la aplicación de fertilizantes bajo coronas, medias lunas y franjas no produjo ningún beneficio en comparación con la aplicación de fertilizantes. Se observó el mismo efecto cuando el abono se aplicó con o sin mantillo. Por lo tanto, se recomienda aplicar el abono sin quitar las hojas, que es el método más económico, a menos que haya un exceso de hojas en el sustrato que dificulte la penetración del abono en el suelo (Salazar & Khalajabadi, 2016b).

Cuando se utilizan abonos de diferentes tamaños, hay que tener en cuenta la separación de la mezcla debido a las diferencias de densidad y tamaño de las partículas. Debido a su pequeño tamaño y a su alta densidad, el óxido de magnesio tiende a precipitarse cuando se mezcla con fertilizantes como la urea, el cloruro de potasio y el fosfato de dihidrógeno, y la cantidad utilizada depende del cultivo. Por lo tanto, el abono finamente dividido debe utilizarse por separado. Si es necesario, se pueden añadir productos como el óxido de magnesio o la tiza (Salamanca-Jimenez et al., 2021).

En el caso de la cal, debido a su baja solubilidad, la losa debe limpiarse antes de la aplicación y el producto debe distribuirse uniformemente para asegurar un buen contacto con el suelo. La compatibilidad de los fertilizantes y la cal es también un factor importante. Los fertilizantes que contienen nitrógeno no deben mezclarse con la cal. Esto se debe a que se pueden perder grandes cantidades de nitrógeno a través de la evaporación y la formación de amoníaco, que es perjudicial para las plántulas y semillas jóvenes. Además, la mezcla de abonos fosfatados hidrosolubles (fosfato diamónico, MAP y SFT) con cal puede dar lugar a la formación de fosfato cálcico insoluble, lo que reduce la eficacia de los abonos fosfatados hidrosolubles (Angnes et al., 2021).

CONCLUSIONES

El cultivo de café requiere de diversos elementos nutritivos fundamentales en el cultivo, pero uno de los requerimientos más importantes es de nitrógeno y potasio, diferente con el de fósforo que es bastante bajo con comparación a N y K, pero no es menos esencial que los demás, de manera general en plantaciones de café de tres años se han reportado actualmente necesidades nutritivas de 125 kg de N, 13 Kg de P_2O_5 y 126 Kg de K_2O por hectárea; estos valores tienen una relación 10:1:10.

En cuanto a las necesidades de fertilización hay que tomar en cuenta que cuando los suelos no suplen las necesidades de cultivo se da la necesidad de recurrir a la fertilización, aunque las recomendaciones son generales, toda fertilización se debe realizar previo un análisis del suelo del cultivo. Los requerimientos de fertilización en dependencia de los nutrientes extraídos por el cultivo son Magnesio 40-80 kg/ha, Azufre 30-60 kg/ha, Boro 3-6 kg/ha y Zinc 5-10 kg/ha

La fertilización varía en dependencia del momento, en el vivero se debe realizar en el llenado de las fundas, al realizar el trasplante en el momento de la siembra directamente sobre los hoyos para las plántulas, la fertilización de las más importante se da en la primera etapa de crecimiento entre los 2 a 3 meses después de 2 a 3 meses especialmente con suelos a capacidad de campo adicionando 25 gramos a unos 15 cm de cada planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, O. B., & De La Cruz, L. V. (2021). Gestión con enfoque de sostenibilidad para empresas familiares agrícolas cafetaleras de la provincia de Manabí Management with a sustainability approach for agricultural coffee-growing family businesses in the province of Manabí. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 21(31), 26–38.
- ANECAFE. (2020). *Exportación de café del Ecuador*.
- Angnes, G., Martello, M., Faulin, G. D. C., Molin, J. P., & Romanelli, T. L. (2021). Energy Efficiency of Variable Rate Fertilizer Application in Coffee Production in Brazil. *AgriEngineering*, 3(4), 815–826.
<https://doi.org/10.3390/agriengineering3040051>
- Arcila, J. (n.d.). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*.
- Arreaga, E., Quezada-Campoverde, J., Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., & Prado-Carpio, E. (2021). Impacto económico generado por la producción cafetalera en Ecuador en el periodo 2016- 2019. *593 Digital Publisher CEIT*, 6(6).
<https://doi.org/10.33386/593dp.2021.6.732>
- Asociación Nacional del café (Anecafé). (2019). *Guía de variedades de café - Guatemala*.
- Bedoya Cardoso, M., & Salazar Moreno, R. (2014). Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(8), 1433–1439.
- Bermúdez, M. (2021). *Incidencia de tres enfermedades foliares en 5 cultivares de café arábigo evaluado en Finca Andil de la UNESUM*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Ciesielczuk, T., Rosik-Dulewska, C., Poluszyńska, J., & Ślęzak, E. (2019). Assessment of Effectiveness of Organo-Mineral Fertilizer Made of Coffee Spent Grounds and Biomass Ash. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2), 73–78.
<https://doi.org/10.12911/22998993/96269>
- Cisneros-Rojas, C. A., Sánchez-de Prager, M., & Menjivar-Flores, J. C. (2016). Efecto de bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el desarrollo de plántulas de café. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 149. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22021>

- Díaz, B., & Calero, Y. (2013). *Monitoreo de fitonematodos y nematodos de vida libre asociados al cultivo de café (Coffea arabica) en comunidades de Waslala, Región Autónoma del Atlántico Norte, RAAN. Ciclo agrícola 2012.*
- Escamilla, E., Tinoco, J. Á., Pérez, H. A., Aguilar, Á. de J., Sánchez, R., & Ayala, D. (2021). TRANSFORMACIÓN SOCIOECOLÓGICA EN EL AGROECOSISTEMA CAFÉ AFECTADO POR ROYA EN CHIAPAS, MÉXICO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 643. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.643>
- Fernández, F. (2017). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo del cultivo de café robusta (Coffea canephora P.). Guía de aprendizaje No. 008. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). *Iniap*, 134.
- González, T. (2018). *LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN CHIAPAS Y EL DESARROLLO DE CAPACIDADES LOCALES A PARTIR DEL PROCESO DE INTEGRACIÓN AL COMERCIO JUSTO.* El Colegio de la Frontera Norte.
- Gotteland, M., & de Pablo V, S. (2007). ALGUNAS VERDADES SOBRE EL CAFÉ. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(2). <https://doi.org/10.4067/S0717-75182007000200002>
- Grasso, A., & Díaz, M. (2020). *Manual de buenas prácticas de manejo de fertilización.*
- Henao-Toro, M. C., & Hernández-Guzmán, E. (2002). Disponibilidad de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. *Cenicafé*, 53(4), 293–305.
- Hernández, O., Rivera, C., & Díaz, E. (2017). Plant and livestock waste compost compared with inorganic fertilizer: nutrient contribution to soil. *Terra Latinoamericana*.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2018). *Podas en cafetales.*
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2020). *Guía Práctica de Caficultura.*
- Jarquín, E. (2021). *Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de 25 sistemas de producción de café (Coffea arábica L.) en tres municipios de Matagalpa, 2020.*

Universidad Nacional Agraria.

- León, L. A., Matailo, A. M., Romero, A. A., & Portalanza, C. A. (2020). Ecuador: producción de banano, café y cacao por zonas y su impacto económico 2013-2016. *Revista Científica UISRAEL*, 7(3), 97–114.
<https://doi.org/10.35290/rcui.v7n3.2020.324>
- Machado Vargas, M. M., Nicholls, C. I., Márquez, S. M., & Turbay, S. (2015). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *Idesia (Arica)*, 33(1), 69–83.
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000100008>
- Morales, P., Cordón, L., & Girón, J. (2019). *La fertilización al suelo y foliar*.
- MORILLO CORONADO, A. C., TOVAR LEÓN, Y. P., & MORILLO CORONADO, Y. (2017). CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus* Haw) EN LA PROVINCIA DE LENGUPÁ, BOYACA-COLOMBIA. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 11. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)11-18](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)11-18)
- Noponen, M. R. A., Healey, J. R., Soto, G., & Hagggar, J. P. (2013). Sink or source—The potential of coffee agroforestry systems to sequester atmospheric CO₂ into soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 175, 60–68.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.012>
- Olschewski, R., Tsharntke, T., Benítez, P. C., Schwarze, S., & Klein, A.-M. (2006). Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecology and Society*, 11(1).
- Ponce, L. A., Orellana, K. D., Acuña, I. R., Alfonso Alemán, J. L., & Fuentes Figueroa, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. *Revista Estudios Del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 6(1), 307–325.
- Ponce Vaca, L. A., Acuña Velázquez, I. R., Proaño Ponce, W., & Orellana Suárez, K. D. (2018). El sistema agroforestal cafetalero. Su importancia para la seguridad agroalimentaria y nutricional en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1), 116–129.
- Quezada, L. (2021). *LOS TIPOS DE PODA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN*

DE CAFÉ EN EL ECUADOR. Universidad Técnica de Machala.

- Rivera-Parra, J. L., & Peña-Loyola, P. J. (2020). Potential high-quality growing tea regions in Ecuador: an alternative cash crop for Ecuadorian small landholders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4), 1827–1831. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10225>
- Robles, L. (2015). Análisis Teórico De La Industria Del Café En Ecuador Y Su Relación Con El Cambio En La Matriz Productiva. *UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO, Ecuador, June, 21*.
- Rodríguez, A. (2020). *HISTORIA DEL CAFÉ, CAFETERÍAS, Y ALGO MÁS*.
- Romero, L. (2017). *MANEJO PARA LA PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica L) EN EL SECTOR SAN PEDRO, CENTRO POBLADO MENOR DE CESARA, DISTRITO DE NAMBALLE DEL PERU*. Universidad Nacional de Loja.
- Salamanca-Jimenez, A., Salazar-Gutiérrez, L. F., & Sadeghian-Khalajabadi, S. (2021). Respuesta del café a la fertilización con zinc en suelos de la zona cafetera colombiana. *Entramado*, 17(2), 268–279. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.7879>
- Salazar, L. A. L., & Khalajabadi, S. S. (2016a). 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.
- Salazar, L. A. L., & Khalajabadi, S. S. (2016b). Producción de café (*Coffea arabica* L.) en respuesta al manejo específico por sitio de la fertilidad del suelo. *RIAA*, 7(2), 25–37.
- Silva, S. de A., & Lima, J. S. de S. (2012). Avaliação da variabilidade do estado nutricional e produtividade de café por meio da análise de componentes principais e geoestatística. *Revista Ceres*, 59(2), 271–277. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000200017>
- Theodoro, V. C. de A., Carvalho, J. G. de, Corrêa, J. B., & Guimarães, R. J. (2003). Avaliação do estado nutricional de agroecossistemas de café orgânico no estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(6), 1222–1230.

<https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000600003>

Tostaduría Buen café. (2021). *Historia del café*.

Venegas, S., Orellana, D., & Pérez, P. (2018). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. *RECIMUNDO*. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.72-91](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.72-91)

Wadt, P. G. S., & Dias, J. R. M. (2012). Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(6), 822–830. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600013>