



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

2023
TODOS
JUNTOS
*Vamos
adelante!*



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible



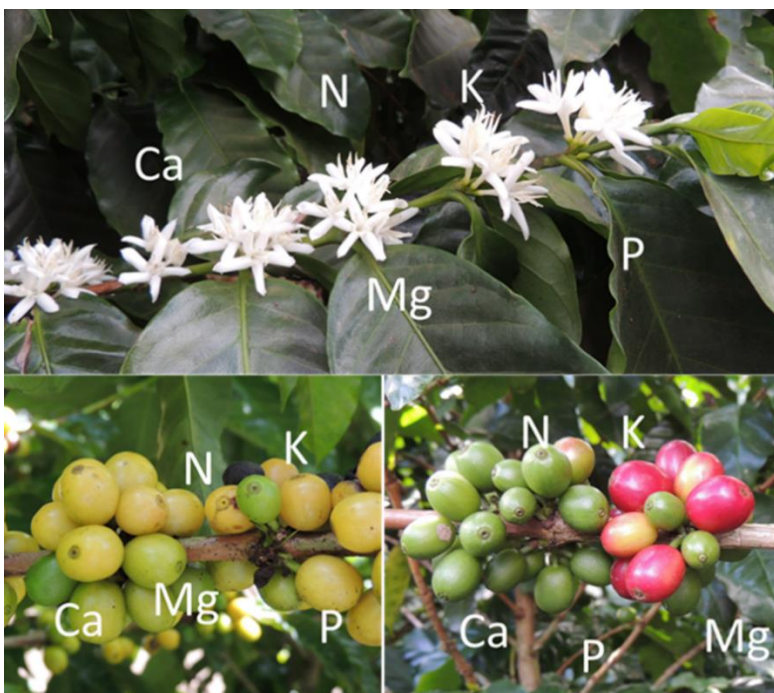
CNU
Consejo Nacional de Universidades



UALN
Universidad Abierta en Línea de Nicaragua
¡Únete a Nosotros!

Universidad Nacional Agraria

Diplomado Tecnologías para mejorar la producción y productividad agropecuaria en tecnologías de producción agropecuarias



**Tecnología manejo agronómico de café
nutrición**

Facilitador: MSc. Rodolfo Munguía Hernández

Julio 2023

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	DIAGNÓSTICO DE LA NUTRICIÓN DE LOS CAFETALES	3
2.1.	Sintomatología de deficiencias de nutrientes en el café	3
2.2.	Estado de la fertilidad del suelo donde se estable un cafetal	7
2.3.	El estado de la nutrición de su cafetal.....	10
III	LA FERTILIZACIÓN EN CAFÉ	11
3.1.	La fertilización sintética o química	12
3.2.	La fertilización Foliar en el cafetal.....	14
3.3.	La fertilización Orgánica.....	14
3.4.	Medidas para conservación de nutrientes en el suelo y su mejoramiento	15
IV	ALTERNATIVAS EN EL MANEJO DE LA NUTRICIÓN	16
4.1.	Establecimiento, manejo de especies leguminosas y las podas de árboles de sombra.....	16
4.2.	El uso de hongos micorrizas en café	18
V.	ENCALADO EN SUELOS ACIDOS	19
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es un proceso en la que de manera ordenada se aplican diferentes técnicas agronómicas para la producción de vegetales y animales u otros recursos no alimentarios. Esta actividad se ha desarrollado desde hace más de 10,000 años a través de la experiencia empírica y la experimentación técnica y científica que ha conllevado al conocimiento amplio del proceso productivo y hacerlo más eficiente.

Actualmente, el incremento de la población mundial obliga a lograr mayores niveles productivos que satisfagan las necesidades alimenticias, procurando utilizar los recursos disponibles de la mejor manera. Sin embargo, la agricultura llamada convencional e intensiva ha provocado daños ecológicos en el mundo. Su principal objetivo es la optimización de los rendimientos económicos, lo que ha implicado un olvido a todos aquellos procesos ecológicos que se dan en un agroecosistema. Uno de esos daños que se da en este proceso es la pérdida de la biodiversidad animal o vegetal, ejemplos, se tienen en Nicaragua como fue la producción de Algodón en el occidente del país, actualmente la palma africana en la región atlántica, en donde se eliminan amplias áreas de bosques para cultivar estas especies.

El café es un rubro muy importante ya que más de 85 mil productores dependen en su economía de la producción y más de 300 mil empleos se generan en el año. En el Plan Nacional de producción, consumo y comercio publicado por el (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN], 2022) cita que en el “ciclo 2021/22 se registró una producción de 3.7 millones de quintales de café oro (+ 8.7 % superior al ciclo anterior); con exportaciones de 3.3 millones de quintales, por US \$507.9 millones de dólares”.

La nutrición de las plantas cultivadas es un punto crítico clave para generar con el esfuerzo del trabajo de los agricultores una buena productividad que garantiza constantemente impactos ambientales positivos, sociales importante, así como económicos en donde la economía del país mantiene una dinámica que garanticen una mejora en el bienestar de las familias rurales.

“La fertilidad del suelo es una necesidad básica para que las plantas crezcan de forma productiva. A pesar de que la fertilidad es vital para la productividad, no todos los suelos fértiles son suelos productivos” (International Plant Nutrition Institute, 2012).

II. DIAGNÓSTICO DE LA NUTRICIÓN DE LOS CAFETALES

2.1. Sintomatología de deficiencias de nutrientes en el cafeto

“Las plantas dependen del suelo como soporte mecánico y como fuente de agua, aire y nutrientes. También dependen de factores externos como la luz y la temperatura. Todos estos

factores están relacionados entre sí e influyen en el crecimiento de las plantas y en la absorción de nutrientes de numerosas maneras” (International Plant Nutrition Institute, 2012)

(Coste, 1975), indica que el N y el K son los elementos más importantes en la nutrición de cafetos; así también se ha observado una progresiva evolución de las necesidades de elementos minerales a medida que la planta crece. Otros de los elementos importantes en el café son: el P, Mg, Mn, Bo y Zn (Fischersworing & Robkamp, 2001).

Para entender la sintomatología de las deficiencias o no de nutrientes en las plantas se hace necesario conocer el grado de movilidad de cada elemento mineral, “una vez los elementos esenciales ingresan a las raíces, éstos se mueven con relativa facilidad hasta las hojas a través del xilema. Del mismo modo, algunos nutrientes también pueden moverse rápidamente vía floema desde las hojas más viejas hacia las más nuevas cuando ocurre una deficiencia; razón por la cual se conocen como elementos móviles. Por el contrario, ante la eventualidad de una carencia, los nutrientes inmóviles permanecen en las hojas más viejas” (Sadeghian, 2020) (Figura 1)

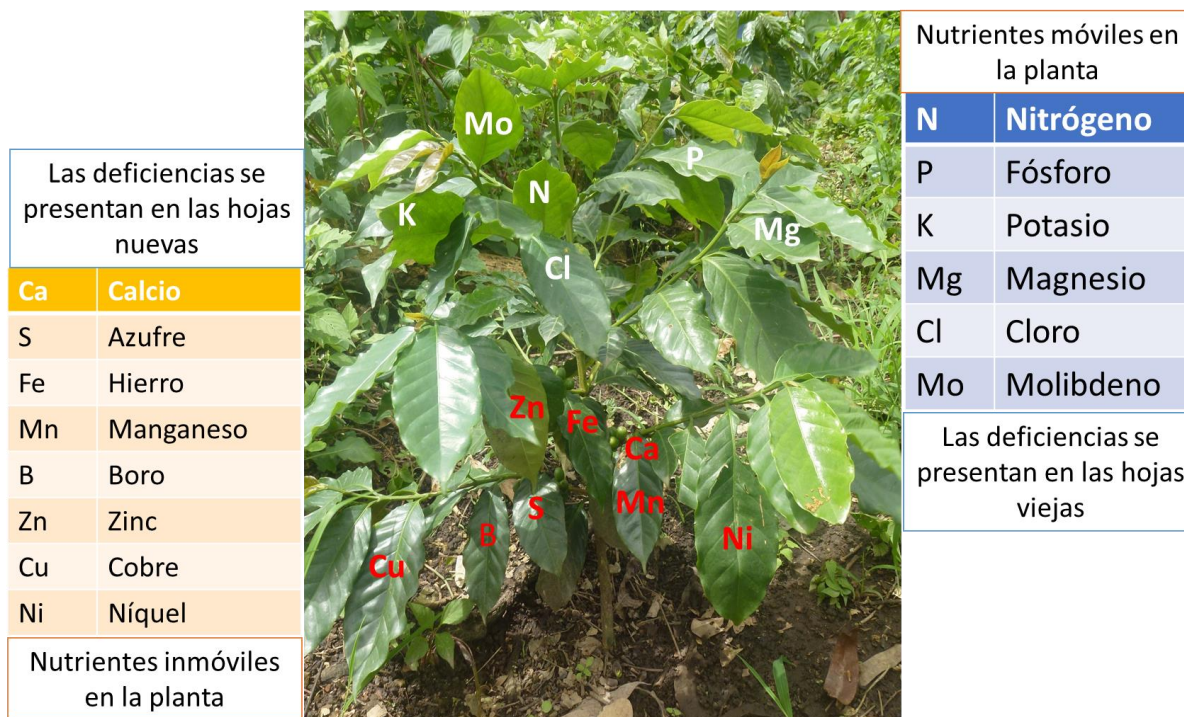


Figura 1. Movilidad de los nutrientes en la planta y deficiencias a observar. Elaboración propia con información de (Sadeghian, 2020).

A continuación, se describen los síntomas de insuficiencia de los elementos minerales en una planta de café:

Nitrógeno

Participa activamente en la formación de madera (ramas jóvenes), hojas, frutos y en la actividad fotosintética de la planta (Coste, 1975).

La deficiencia de este elemento mineral se manifiesta por amarillamiento uniforme del follaje que inicia en las hojas viejas y se extiende hacia el ápice (Sadeghian Khalajabadi, 2017; Unión Nicaragüense de Cafetaleros [UNICAFE], 2009); las hojas nuevas son por lo general más pequeñas.

En estado severo se da una “senescencia prematura de las hojas y posterior defoliación en las ramas productivas” (Sadeghian Khalajabadi, 2017). Las plantas con deficiencias de N son más susceptibles a plagas y enfermedades; este fenómeno es más marcado en la época seca (Fischersworing & Robkamp, 2001).



Figura 2. Deficiencia de nitrógeno, tomado de (Céspedes, 2011)



Figura 3. Deficiencias de Fósforo, tomado de (Céspedes, 2011)

Fósforo

A pesar de que los requerimientos de fósforo son mucho menores en comparación con el N y K, este elemento mineral es muy demandado por la planta para el desarrollo de la flor, la floración, así como en la formación y maduración del fruto.

El fósforo también está asociado al crecimiento de las raíces, por lo cual es recomendable hacer una buena aplicación al momento del establecimiento de la plantación.

La deficiencia de fósforo se presenta generalmente en las hojas viejas donde se observan manchas amarillas con coloraciones rojas y vinotinto, mientras que las hojas nuevas toman un color verde más oscuro de lo normal y muestran menor crecimiento (Figura 3). En casos severos de deficiencia se produce una caída total de las hojas en las ramas portadoras de los frutos en maduración (Fischersworing & Robkamp, 2001).

Potasio

Es altamente demandado para el crecimiento de la planta de café y aún más importante en los frutos y en las semillas ((Coste, 1975).



Figura 4- Deficiencias de Potasio, tomado de (Coste, 1975)

Síntomas de deficiencia: se presentan inicialmente en las hojas viejas presentando manchas amarillas, necrosis en las puntas y bordes de hojas como se observa en la Figura 4 (Sadeghian Khalajabadi, 2017)

En casos severos las ramas comienzan a secarse por las puntas y las hojas se desprenden con facilidad hasta ocasionar la muerte de las ramas (Fischersworing & Robkamp, 2001). Los frutos afectados se tornan marrones y ligera reducción en el tamaño del fruto y por ende su peso.



Figura 5. Deficiencias de Calcio (Céspedes, 2011)

Calcio

Las plantas con deficiencias de Ca exhiben clorosis en los bordes de las hojas más nuevas. Ocasionalmente las hojas pierden su turgencia, se curvan hacia abajo y los bordes se tornan ondulados. En casos severos se produce la muerte de los puntos de crecimiento.

Magnesio

Este elemento es altamente móvil en la planta de café, y los primeros síntomas se observan en las hojas viejas, presentándose un amarillamiento entre las nervaduras (las nervaduras principales permanecen verdes) comenzando con la base de la rama y extendiéndose hacia la punta.

Las hojas más viejas se desprenden de las ramas, principalmente de las que tienen frutos en maduración. La deficiencia de magnesio se presenta durante la época de formación y maduración del fruto y se asocia con altos niveles de potasio en el suelo.

Boro

Tiene su influencia en la fructificación, floración y formación de tejidos nuevos. La deficiencia de boro produce un fenómeno bastante generalizado en los cafetos, se limita el crecimiento de los brotes y las puntas de las raíces. En las ramas se atrofian las hojas y los entrenudos (internodios) son comparativamente cortos. La deficiencia de boro disminuye el número de flores y produce granos vanos o llamado caracolillo.

Zinc

Se presentan por lo general en suelos erosionados y compactados que impiden un normal desarrollo de las raíces. También se presentan en suelos con bajo contenido de materia orgánica y con pH inferiores a 4.7 causando fijación del zinc.

El síntoma de deficiencia aparece como una clorosis (amarillamiento) intervenal en las hojas de la punta de las ramas, mientras que las venas mantienen su color verde oscuro. Si la deficiencia es severa, se presentan ramas con entrenudos cortos y las hojas son pequeñas y alargadas.



Figura 6.- Deficiencia de Zinc, tomado de ((Fischersworing & Robkamp, 2001)

2.2. Estado de la fertilidad del suelo donde se estable un cafetal

Para la aplicación de las enmiendas orgánicas y químicas en la caficultura moderna y ecológica es necesario partir de los resultados del análisis de suelo proporcionados por un laboratorio de

suelos y de su interpretación por parte de un técnico de campo. Para llegar a esto se requiere de realizar un muestreo de suelos, de preparar la muestra y de su traslado al laboratorio.

¿Para que un análisis químico de suelo?

De acuerdo con (Schweizer Lassaga, 2011) un buen análisis de los contenidos de elementos minerales en el suelo sirve para:

- “medir los niveles nutricionales en el suelo”
- “es una herramienta de diagnóstico y de guía”
- “lograr un uso eficiente de los fertilizantes y obtener su máxima rentabilidad económica”

¿Cuáles son los pasos para hacer un buen muestreo de suelo?

Paso 1. Elabore un croquis o mapa de su finca o del área de interés (café) e identifique áreas homogéneas según color, pendiente, textura, drenaje, pedregosidad, prácticas de manejo (variedad, densidad de siembra, fertilización, edad, sombra, sistemas de poda, etc.) en lotes no mayores de 10 hectáreas (UNICAFE 1996).

Paso 2. Selección del método de muestreo a seguir, los más comunes son el diagonal (b) y Zigzag (a) mostrados en Figura 7.

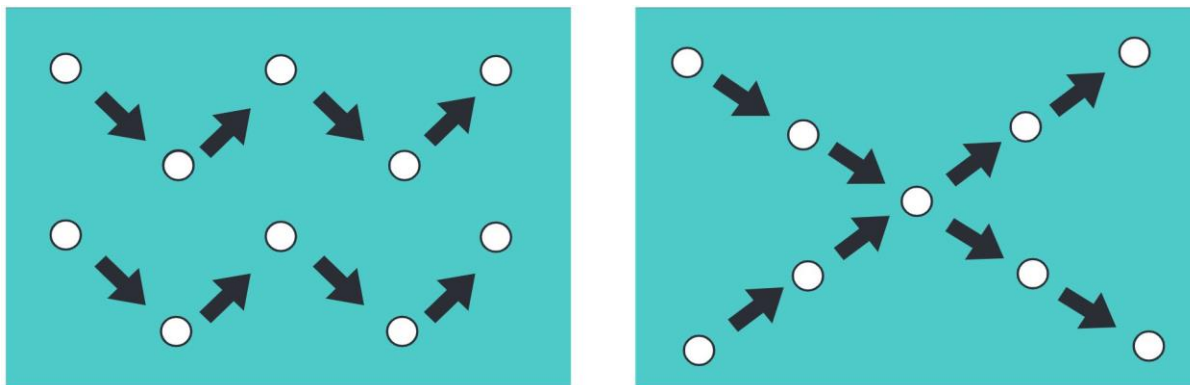


Figura 7. Diseños de muestreo. a) zig zag y b) en diagonal aplicados en campo para obtener una muestra de suelo, tomado de (Schweizer Lassaga, 2011)

Paso 3. Herramientas para hacer el muestreo de suelo. Puede utilizar un barreno, pala, palín o un tubo de pvc de 2 pulgadas de diámetro. Para la recolección de las muestras de suelo un recipiente plástico (balda, bidón) o un saco de nylon y para guardar la muestra compuesta bolsa plástica.

Paso 4. Establecer la profundidad de muestreo. Se recomienda realizar la extracción hasta una profundidad de 30 cm dado que a esta profundidad se encontrarán la mayor cantidad de raíces absorbentes. En los casos específicos las submuestras sean tomadas para cultivos anuales de 0-20 cm; para forrajes de 0-15 cm y en caso de frutales o forestales se proponen dos profundidades de muestreo, por la profundidad de sus raíces: de 0-20 cm y de 20-40 cm.



Figura 8. Extracción de la muestra de suelo, a) tubo pvc, b) palín y c) muestra de suelo. Fuente propia

Paso 5. Extracción de las submuestras de suelo en área de la parcela. Las submuestras se extraen en la banda de fertilización de los cafetos a una profundidad conveniente 0 a 30 cm ya sea con pala, palín, barreno o tubo de pvc. Cada submuestra se coloca en el recipiente plástico hasta finalizar el recorrido de campo.

Paso 6. Homogenizar submuestras, limpieza y obtención de muestra compuesta. Todas las submuestras extraídas se homogenizan (con las manos mezclar), eliminar piedras, tejido vegetal muerto. Después de ese procedimiento se obtendrá una muestra compuesta etiquetada (datos claros que la identifiquen) de 0.5 a 1 kg (1 a 2 libras) de suelo en bolsas plásticas, la que será enviada a un laboratorio de suelos.

Paso 7. Etiquetado de la muestra de suelo. La muestra de suelo a entregar al laboratorio debe ser identificada con la siguiente información: Fecha de muestreo, profundidad (cm), Nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación exacta de la finca, cultivo sembrado (café) y análisis requerido. Esto último dependerá de la disponibilidad económica. Por lo general se puede solicitar la realización de un análisis de rutina, significa la determinación de Acidez del suelo (pH en agua), textura, materia orgánica, fósforo (P) disponible, Potasio (K) disponible, Calcio (Ca) disponible, Magnesio (Mg) disponible, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Paso 8. Sugerencias para decisiones. Considerar en sus decisiones los siguientes elementos:

- El muestreo realizarlo 2 a 3 meses después de la cosecha.

- Solicitar a un técnico de campo agrónomo le interprete los resultados del análisis químico de suelo.
- apoyarse con un técnico para elaborar el plan de fertilización.
- Realizar el análisis cada 2 a 5 años.

2.3. El estado de la nutrición de su cafetal

El análisis de tejidos vegetales es una herramienta para el diagnóstico de las concentraciones de los nutrientes en las plantas y de acuerdo con (FERTILAB, 2018) el análisis foliar en el cultivo de café tiene como objetivo la de “asegurar su óptima nutrición durante su ciclo de crecimiento, ya que mediante estos análisis se corrobora que la concentración nutrimental en el tejido foliar se encuentra en los rangos óptimos (Cuadro 1), evitando con ello cualquier deficiencia que motive una reducción del rendimiento final”.

Cuadro 1.- Niveles óptimos de nutrientes en hojas de café

Nutriente	(Winston et al., 2005)	(Sadeghian, 2020)
N (%)	2.5 – 3	2.36 – 2.78
P (%)	0.15 – 0.2	0.14 – 0.20
K (%)	2.1 – 2.6	1.58 – 2.15
S (%)	0.12 – 0.30	0.15 - 0.19
Ca (%)	0.75 – 1.5	0.75 – 1.29
Mg (%)	0.25 – 0.40	0.18 - 0.45
Cu (ppm)	16 – 20	8 - 17
Zn (ppm)	15 – 30	6 - 12
Mn (ppm)	50 – 100	106 - 278
Fe (ppm)	70 – 200	54 - 121
Bo (ppm)	40 – 100	29 - 55

‰: Cantidad del nutriente (g) por cada 100 g de materia seca; ppm: contenido del nutriente en miligramos (mg) por cada kg de materia

¿Como hacer el muestreo de hojas de café en campo?

Paso 1. La muestra para el análisis foliar estará conformada por la cantidad de 100 hojas, las que se obtendrán de 25 o de 100 plantas, las hojas se guardan en bolsas de papel o de tela sí es un sitio cercano al laboratorio; en el caso de estar alejado se deben de almacenar en bolsas plásticas y en termos con hielo sin que haga contacto con la bolsa. (Sadeghian, 2020), sugiere que “en el caso de una demora, debe secarse la muestra al aire y sobre un papel limpio, o guardarla en la nevera, sin congelarla”

Paso 2. Diseño de muestreo. En el lote de café a muestrear se define el muestreo en forma diagonal (Figura 6b). Se selecciona durante el recorrido las plantas a muestrear y de cada una se corta una hoja.

Paso 3. La hoja por cortar. En cada planta se considerarán bandolas en el estrato medio, una hoja del cuarto par de la bandola contadas del ápice (Figura 9).



Figura 9. Localización del muestreo de hojas para el análisis foliar

Paso 4. Etiquetado de las bolsas. La bolsa con la muestra de hojas debe ser identificada con la siguiente información: Fecha de muestreo, Lote, Nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación exacta de la finca, cultivo sembrado (café); Variedad y análisis requerido.

Paso 5: Sugerencia para tomar decisiones.

- Hay que asegurar que la muestra de hojas corresponda a una variedad.
- Hacer el muestreo por la mañana
- El muestreo hacerlo al inicio de la floración y durante el crecimiento del fruto.
- Solicitar a un técnico de campo agrónomo le interprete los resultados del análisis químico de suelo.
- Apoyarse con un técnico para elaborar el plan de fertilización.

III LA FERTILIZACIÓN EN CAFÉ

La nutrición en las plantas es de vital importancia en la producción de alimentos y en particular en café. El rendimiento de los cultivos se ve seriamente afectado por los niveles de nutrientes en cantidades insuficientes para cubrir los requerimientos adecuados que satisfagan las necesidades de macronutrientes y micronutrientes. Esto es más prioritario durante la fase

reproductiva, donde la floración y fructificación incrementan la demanda para constituir un fruto de calidad tanto física como organoléptica.

3.1. La fertilización sintética o química

La nutrición de las plantas de café varía en función de la etapa fenológica como almacigo, vivero, crecimiento y producción. Se identificará en cada una de ellas las necesidades de fertilizantes que se pueden aplicar. Para estas etapas fenológicas se deben considerar las herramientas de diagnóstico que se han señalado anteriormente.

Etapa de almacigo

En esta etapa la semilla germina y por lo general se recomienda el sustrato arena, por lo que se requiere de hacer alguna aplicación de nutrientes. La nueva planta tendrá suficientes reservas contenidas en las mismas las que cubrirán sus propios requerimientos.

Etapa de vivero

En esta etapa la plántula en estado de chapola se transplanta a la bolsa con un sustrato mezcla de suelo + abono orgánico bien descompuesto (tierra + pulpa de café) en una relación de 1:1 en volumen (v/v) y aplicaciones de fósforo, puede ser suficiente para cubrir las necesidades de nutrientes, este periodo de tiempo debe durar aproximadamente seis meses ((Sadeghian Khalajabadi, 2008).

Cuadro 2. Fertilización de café en la etapa de vivero

Estado de la planta	Dosis	Fuentes	Recomendaciones
Almacigo, semillero		Arena	Germinación de la semilla
Vivero	Volumen 1:1	Tierra + Abono orgánico descompuesto + fósforo	De pulpa de café, estiércol, gallinaza, compost
	2 g de P ₂ O ₅ por planta	DAP (4.34 g por planta)	Cuando el sustrato es solo tierra

Cuando no se utiliza una buena mezcla de suelo + abono orgánico descompuesto el mismo autor anterior sugiere aplicar 2 g de fósforo en forma P₂O₅, utilizando fuente fosfato monoamónico (DAP, (46 % de P₂O₅) a los 2 y 4 meses de crecimiento después del transplante.

Etapa de crecimiento

Esta etapa transcurre desde el transplante al sitio definitivo hasta los 18 a 24 meses o hasta el inicio de la floración, la cual dependerá de las condiciones agroclimáticas (Sadeghian Khalajabadi, 2008) y del manejo agronómico.

Las aplicaciones de fertilizantes deben de iniciar a partir del segundo mes de la siembra y repetir cada cuatro meses. Las dosis se deben de incrementar de acuerdo con su edad, sin embargo, es importante considerar los resultados del análisis de suelo.

Cuadro 3.- Fertilización de plantas de café al transplante y su etapa de crecimiento inicial

Estado de la planta	Dosis	Fuentes	Recomendaciones
Etapa de crecimiento. Repetirse cada 3 a 4 meses	4 – 5 g por planta	18 – 46 – 0	1 a 2 meses después del transplante. Evitar el contacto del fertilizante con las hojas y tallos.
	50 cc por planta	18-46-0	Solución diluida al 1.5 % (15 g por litro de agua)

Para cafetales de uno a tres años, UNICAFE (1996) recomienda aplicaciones de nitrógeno y fósforo para satisfacer los requerimientos del cultivo y de las existencias en el suelo. En el Cuadro 4 se indica un programa general recomendado en Nicaragua.

Cuadro 4.- Programa general de fertilización para café en desarrollo (UNICAFE 1996).

Período del cultivo	Nutrimentos por año en lb por manzanas		
	Nitrógeno	P ₂ O ₅	K ₂ O
Primer año	140 a 178	93 a 155	0 a 54
Segundo año	217 a 248	93 a 155	93
Tercer año	271 a 318	78 a 124	116 a 147

Las aplicaciones de Nitrógeno en el suelo deben de responder a los contenidos de materia orgánica ya que esta es la principal fuente orgánica de este elemento. (Sadeghian Khalajabadi, 2008) recomienda realizar aplicaciones según edad de la plantación y del contenido de materia orgánica del suelo. En el cuadro se expresan las recomendaciones de fertilización nitrogenada.

Cuadro 5. Recomendaciones para fertilización nitrogenada en la etapa de crecimiento vegetativo del café con base en el contenido de la materia orgánica del suelo (MO), tomado de (Sadeghian Khalajabadi, 2008)

Contenido de MO	Nutriente fertilizante	Dosis (g/planta)				
		Mes 1 ó 2*	Mes 6	Mes 10	Mes 14	Mes 18
< 8 %	Nitrógeno	7	9	12	14	16
	Urea	15	20	26	30	35
>8 %	Nitrógeno	5	7	9	12	14
	Urea	10	15	20	25	30
	Fósforo (P ₂ O ₅)	4		5		6
	DAP (46 % P ₂ O ₅ y 18 % N)	9		11		13
	Potasio (K ₂ O)					10

Contenido de MO	Nutriente fertilizante	Dosis (g/planta)				
		Mes 1 ó 2*	Mes 6	Mes 10	Mes 14	Mes 18
	KCl (60 % de K ₂ O)					17

*Mes después de la siembra

Para el caso del fósforo las dosis deben de responder a los contenidos que se encuentren en el suelo, su nivel crítico en esta etapa es menor o igual a 30 mg/kg de suelo. La dosis se aplica a los 2, 10 y 18 meses después del transplante. Mientras que el Potasio lo recomiendan aplicar a partir del mes 18, con un nivel crítico menor o igual a 0.4 cmol/kg de suelo.

La práctica de la fertilización en Costa Rica está orientada en función del nivel productivo de la plantación. Recomendamos que para plantaciones de bajo rendimiento (20 fanegas por ha), aplican cuatro quintales de Nutran en el mes de mayo a inicios de las lluvias. Para rendimientos que oscilan entre 20 a 30 fanegas por ha, recomendamos aplicar 8 quintales de la fórmula completa 15-3-22-6-0.6 por ha por año, fraccionado en mayo y agosto. Adicionalmente 4 quintales de Nitran en el mes de noviembre.

Para plantaciones de producción superior a los 20 quintales por ha, aplicar la fórmula completa en los momentos señalados anteriormente. Recomendamos no fertilizar las plantas podadas y reducir la fertilización a la mitad de la dosis en plantas que serán podadas el año siguiente.

3.2. La fertilización Foliar en el cafetal

La fertilización foliar es un complemento de la fertilización química y para el café es particularmente importante la aplicación de Zinc y Boro, por esta vía. Para el caso de elementos como Potasio, Magnesio, Calcio la aplicación foliar no es eficiente, dado que se requieren en grandes cantidades por la planta.

3.3. La fertilización Orgánica

La adición de abonos orgánicos en el manejo de la nutrición del café es una opción para los productores con pequeñas áreas productivas debido principalmente los altos precios actuales de los fertilizantes sintéticos, sin embargo, no quiere decir que cafetaleros medianos a grandes no lo puedan desarrollar.

Los cafetaleros disponen de fuentes propias para la fertilización orgánica y entre ellas está la pulpa de café. Un segundo recurso que disponen algunos productores que disponen de ganadería es el estiércol bovino. Dichos materiales orgánicos para su aplicación previamente deben ser descompuestos a través de compostajes o utilizando lombriz de tierra para obtener humus de lombriz o en el caso específico del estiércol a través de la biodigestión para producir el efluente biológico.

Las aplicaciones de abono orgánico utilizando pulpa de café se ha tenido la experiencia en Nicaragua de aplicar de 2 a 6 libras por planta (Figura 10), dicha dosis depende de la disponibilidad suficiente del abono. Se recomienda aplicarlos antes del inicio de las lluvias.

(Sadeghian Khalajabadi, 2008) menciona que “se ha demostrado Se ha demostrado que es posible obtener incrementos en la producción si se incorporan 6 kg de pulpa de café descompuesta en el hoyo de la siembra, en suelos con bajos niveles de materia orgánica”. Este mismo autor señala que “el uso de la pulpa descompuesta en dosis de 6 kg/planta/año en el período de crecimiento vegetativo, ha demostrado tener efectos benéficos en la primera cosecha. Así mismo, se pueden aplicar 1 ó 2 kg de lombrinaza/planta/año”.

En Costa Rica las investigaciones sobre la fertilización orgánica del café se ha determinado que las aplicaciones de pulpa en dosis de 2 a 10 kg por planta logran mejorar el suelo, la condición de las plantas, reducir el uso de fertilizantes químicos y lograr buenas producciones.



Figura 10. Aplicación de pulpa de café

Cuadro 6. Contenido de nutrientes de materiales orgánicos, tomado de (González & Pomares, 2008).

Material Orgánico	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (% P ₂ O ₅)	Potasio (% K ₂ O)	Calcio (% CaO)	Magnesio (% MgO)
Estiércol bovino	45	1.40	0.20	1.00	0.58	0.18
Compost vegetal	47	1.50	0.80	1.00	1.00	0.90
Humus de lombriz	50	2.00	1.50	1.00	2.00	1.00
Gallinaza	64.71	1.74	4.18	3.79	8.90	2.90

3.4. Medidas para conservación de nutrientes en el suelo y su mejoramiento

Medidas de conservación de la fertilidad

- Siembra de la plantación de café en curvas a nivel

- En suelos en laderas establecer prácticas que reduzcan la erosión del suelo (barreras vivas o muertas, acequias de laderas, otras)
- Regular el establecimiento de árboles de sombra en el cafetal principalmente leguminosas.
- Distribución adecuada de los restos de poda de árboles de sombra, café para mantener la cobertura superficial y mejorar el ciclaje de nutrientes.

Acciones para el mejoramiento de la fertilidad del suelo

- Diseñar el plan de fertilización a partir de los datos de análisis de suelo.
- Realizar correcciones de la acidez del suelo menores a 6 de pH.
- Realizar aportes de nutrientes de fuentes sintéticas u orgánicas.
- Controlar las plagas (insectos dañinos, nemátodos y patógenos).

Uso de alternativas biológicas que favorecen el ciclaje de nutrientes

- Uso de micorrizas en la etapa de vivero al momento del trasplante.
- Uso de Trichoderma en la etapa de vivero al momento del trasplante.

IV ALTERNATIVAS EN EL MANEJO DE LA NUTRICIÓN

4.1. Establecimiento, manejo de especies leguminosas y las podas de árboles de sombra

La actual producción de café en Nicaragua esta bajo sistema agroforestal, lo que implica asociar al cultivo con árboles forestales los que contribuyen a proporcionar sombra y establecer un microclima especial, así como el de brindar un conjunto de “bondades y servicios que estos sistemas le prestan a los productores” (Romero López, 2006). Los beneficios de los árboles forestales (maderables, servicios, energéticos, frutales, etc.) modifican y forman un microclima especial mediante “sus raíces, ramas y hojas que a la vez forma una capa de hojarasca” (Romero López, 2006) beneficiando al sistema agroforestal en donde el desarrollan procesos ambientales como el reciclaje de nutrientes, la conservación de la diversidad de especies, la optimización de procesos fotosintéticos de los componentes, belleza escénica, liberación de oxígeno y captura de carbono, entre otros.

La presencia de árboles le confiera una ventaja al sistema por el reciclaje que se da de manera permanente y que puede garantizar un estado de la fertilidad favorable a la nutrición del café como cultivo de importancia económica para los productores.

“Los residuos vegetales generados en los agroecosistemas, son objeto de procesos de descomposición y mineralización, que liberan una serie de compuestos importantes para la nutrición de las plantas y posibilitan la disponibilidad de cantidades considerables de N, P, K, Ca, Mg y otros microelementos” (Romero López, 2006)

Para lograr una mayor eficiencia de los sistemas agroforestales y su aporte a la nutrición del café es necesario un buen manejo de los árboles de sombra y de seleccionar las especies forestales y establecerlas en una relación 1:1 (leguminosas, no leguminosas) donde se garantice producción abundante de biomasa y alta calidad nutricional.

Un estudio realizado por (Montenegro Gracia, 2005) en un sistema agroforestal con café con presencia de árboles de Poró (*Erythrina* spp) cuantificó la cantidad de 11,790 kg ha⁻¹ de materia seca, lo que aportó 144 kg ha⁻¹ de N, 101 kg ha⁻¹ de K.

(Farfán Valencia, 2014) reporta que la especie forestal Guaba (*Inga edulis*) como sombra al café obtuvo una producción de hojarasca anual de 3,243 kg ha⁻¹ en 2004, de 5,221 kg ha⁻¹ en 2005 y 6,399 kg ha⁻¹ en 2006.

En un Sistema agroforestal conformado por Guaba (*Inga edulis*) asociado con café y establecido a “12 m x 12 m, pueden aportar cerca de 11,000 kg ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca”, se da un aporte de “199 kg de N, 7.7 kg de P, 48.9 kg de K, 158 kg de Ca y 27.3 kg de Mg, todos por hectárea y año” Farfán et al, (2010).

Mediciones realizadas en la zona cafetalera del pacífico de Nicaragua y realizadas por (Munguía Hernández, 2007) en un cafetal con sombra de *Gliricidia sepium* (madero negro) se obtuvo una producción de hojarasca de 9,867 kg ha⁻¹ año⁻¹, de esto corresponde solo 22.7 % a la especie forestal y el resto es de café. Como se podrá ver dicha especie tiene un bajo aporte de biomasa. Los aportes de nutrientes que se reportaron fueron de 142.8 kg de N, 18 kg de P y 110 kg de K, todos por ha por año.

(Chavarría Mairena & Hernández Pérez, 2007) realizaron a los cuatro años mediciones de residuos vegetales (hojarasca + tallos menores a 2 pulgadas) por efecto de poda en los sistemas de café con árboles de aceituno (*Simaruba glauca*) y Guaba (*Inga laurina*) obteniendo 5,695.40 kg ha⁻¹; representando aportes de 48.7 kg de N, 5.5 kg de P, 21.7 kg de K, 72.57 kg de Ca y 1.06 kg de Mg, todos por hectárea.

4.2. El uso de hongos micorrizas en café

El café de manera natural desarrolla la simbiosis con Hongos Micorrizas Arbusculares (HMA) y presenta un alto grado de micotrofia (Trejo et al., 1996). La simbiosis se inicia con la colonización de hifas infectivas producidas por los propágulos fúngicos, que penetran y avanzan a través de espacios intercelulares o intracelulares de la epidermis y exodermis de la raíz, hasta llegar a las células de la corteza, en donde se diferencian dando lugar a los arbusculos, que son las estructuras donde tiene lugar el intercambio bidireccional de nutrientes hongo – planta (Bago et al., 2000). Mientras (Schalamuk, 2005) explica que el “micelio externo puede tener un crecimiento extenso, a distancias mayores de 8 cm”.

Beneficios a la planta (Álvarez-Solís y Ferrera 2006; Moncayo 2006)

- a) Se mejora la capacidad de la planta para absorber nutrientes (especialmente el fósforo y el nitrógeno) y agua a través de la red de micelio extra radical, para un mayor y más rápido crecimiento de las plantas.
- b) La planta obtiene una mayor resistencia al ataque de nematodos. Ej. *Meloidogyne incognita* y *M. exigua*.
- c) Las micorrizas arbusculares le confieren a la planta una mayor tolerancia al estrés después del trasplante.
- d) La formación de una mayor masa de raíces, un mejor enraizamiento en el sustrato o material de cubierta

Una de las estrategias que se ha empleado con el uso de HMA en plantas de interés agrícola como el café es la inoculación durante los estadios iniciales del cultivo, el cual la inoculación y el manejo presentan un alto potencial (González-Chávez et al., 1998). Sin embargo, el establecimiento y la actividad de la simbiosis micorrízica es influenciada por la cepa y el suelo o sustrato de crecimiento (Antunes et al., 1988).

El efectuar la inoculación al momento del trasplante (estado mariposita), se le propició el contacto directo de la raíz con los propágulos micorrizógenos, lo que favoreció el establecimiento y la expresión del beneficio de la simbiosis (Álvarez-Solís y Ferrera 2006).

(Hernández-Acosta et al., 2018) efectuaron un trabajo de investigación en plantas de café en vivero durante once meses y compararon una cepa de micorriza (Zac-19) con el testigo (sin micorriza, donde encontraron mejores valores en las variables agronómicas favorables a la cepa de micorriza (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de las plantas de cuatro variedades de café, tomado de (Hernández-Acosta et al., 2018)

Inoculo micorrízico	Variable			
	Altura de planta (cm)	Área foliar (cm ²)	Volumen radical (cm ³)	Peso seco (g)
<i>Rhizophagus aggregatus</i>	8.43 b	82.95 b	4.32 b	1.25 b
Zac-19	17.36 a	225.96 a	13.20 a	4.04 a
Testigo	8.77 b	33.39 c	1.45 c	0.38 c

Medias con letras distintas en cada columna muestran diferencias estadísticas significativas. (Tukey =0.05)

V. ENCALADO EN SUELOS ACIDOS

La aplicación de cal en los suelos se realiza en aquellos donde la acidez del suelo ronda en valores menores de 6 de pH, porque se busca corregir este problema para incrementar el pH y neutralizar el aluminio intercambiable, adicionalmente se aportan nutrientes como Ca y Mg. Las fuentes que se recomiendan aplicar se encuentran la “Cal agrícola (CaCO₃), cal viva (CaO), cal apagada (Ca(OH)₂), caliza dolomítica (CaCO₃.MgCO₃)” (Sadeghian Khalajabadi, 2008).

A continuación, se describen los materiales encalantes que se recomiendan su uso en suelos ácidos.

Cuadro 8. Composición de materiales encalantes para suelos ácidos, tomado de (Sadeghian Khalajabadi, 2008).

Fuente	CaCO ₃ %	MgCO ₃ %	CaO %	MgO %	Poder neutralizante
Cal agrícola	70		40		100
Cal viva	Mín. 70		Mín 40		179
Cal apagada	Min. 80		Min. 40		136
Dolomita	55	30 – 40	30	15 – 20.	109
Oxido de Mg				88	248

Se recomienda incrementar la cantidad de cal a medida que aumenta la acidez del suelo y disminuye el contenido de Ca intercambiable.

Cuadro 9. Recomendaciones para el enclamiento de los cafetales en la siembra y 12 meses después, con base en el pH y el contenido de Calcio, tomado de (Sadeghian Khalajabadi, 2008).

pH	Dosis de material encalante por hoyo o plato del árbol (g)		
	Ca \leq 1.5	1.5 <Ca \leq 3	Ca>3
	(cmol/kg)		
pH \leq 4.0	120	100	80
4.0<pH \leq 5.0	100	80	60
5<pH \leq 5.5	40	0	0

Efectivamente con la aplicación de cal en suelos ácidos se busca elevar el pH y de acuerdo con (Sadeghian Khalajabadi, 2008) dice que “en promedio, por cada gramo de cal / 1000 cc (10 cm x 10 cm x 10 cm) de suelo el pH se incrementa en aproximadamente 0.2 unidades y el Ca en 1.0 cmol/kg de suelo.

Se recomienda realizar aplicaciones al momento de la siembra y a los 12 meses después, con la misma dosis. Al transplante la cal debe incorporarse al suelo y en la segunda aplicación distribuirse en la superficie del suelo (Figura 11)



Figura 11. Aplicación de la cal. a. adición de la cal al suelo antes de la siembra; b. incorporación de la cal al suelo; c. siembra del colino con la cal incorporada al suelo; d. cafetal de 1 año con los platos limpios; e. aplicación superficial de la cal al cafetal de 1 año; f. aplicación de la cal en los platos de una plantación adulta. Tomado de (Sadeghian Khalajabadi, 2008)

(López-Báez et al., 2018) investigaron el efecto de la aplicación de cal dolomita al momento del transplante en un suelo con pH de 5.3 y a los 17 meses realizaron las mediciones de variables de crecimiento de las plantas y obtuvieron una respuesta positiva como se puede observar en la Figura 12 y Cuadro 10.



Figura 12. Efecto de los tratamientos en el crecimiento de las plantas de café, tomado de (López-Báez et al., 2018).

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos en las variables largo de raíz u peso total de la planta de café, tomado de (López-Báez et al., 2018).

Tratamiento	Largo de raíz (cm)	Peso total por planta (g)
Testigo	58	309
Cal	140	1028
Fertilización	164	822
Cal + fertilización	115	562

CONSIDERACIONES FINALES

La buena aplicación de la tecnología permite obtener resultados altamente positivos, aplicar el paso a paso en cada técnica empleada para fortalecer y mejorar la productividad del cafetal le dará la ventaja agronómica, productiva y económica.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ¿Son los materiales para utilizar, fáciles de conseguir?
- ¿Les parecía fáciles las técnicas de aplicación de los insumos fertilizantes sintéticos u orgánicos?
- ¿Les resultó fácil comprender la importancia de nutrir a la planta y de hacerlo en función del diagnóstico de la fertilidad del suelo?
- ¿Les permite la tecnología mejorar la productividad a obtener?

GLOSARIO

Sistema Agroforestal: La agroforestería es el uso de los árboles en las granjas y parcelas agrícolas; es un sistema de manejo de los recursos naturales dinámica y ecológicamente basado en que, a través de la integración de los árboles en las granjas y en el paisaje agrícola, se diversifique y sostenga la producción con el fin de incrementar los beneficios sociales, económicos y ambientales para los usuarios del terreno a todos los niveles.

Hongos Micorriza Arbusculares: Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre plantas y hongos que colonizan el tejido cortical de las raíces durante periodos de activo crecimiento de las primeras. Etimológicamente proviene del griego mykes: hongo y rhiza: raíz. Las simbiosis micorrízicas varían ampliamente en forma y función, sin embargo, en todos los tipos de micorrizas se produce un movimiento bidireccional de nutrientes donde el carbono fluye hacia el hongo y los nutrientes inorgánicos se mueven hacia la planta.

Encalado: El **encalado de suelo** consiste en agregar compuestos químicos de uso agrícola que contengan calcio, con el objetivo de que sean capaces de **corregir la acidez de suelos ácidos (pH <5.5) elevándolos y neutralizar el Aluminio intercambiable**. Los **materiales que se utilizan como alcalinizantes o correctores de la acidez del suelo**, son principalmente, carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio (Ca) y/o magnesio (Mg). Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una variable capacidad de neutralización.

Deficiencia nutricional: Es muy importante tener presente que realmente existe deficiencia cuando este síntoma se presenta en varias plantas de ese lote. Si es solo una planta la que presenta la característica, lo más seguro es que esa planta tiene algún problema en raíz o algún otro factor (plagas, hongos, etc.) que le afecte la asimilación de los nutrientes. Por lo tanto, para que realmente exista en el lote deficiencia es necesario que esta se presente en un porcentaje significativo. Los síntomas de la insuficiencia de uno o más nutrientes puede traducirse en cambios en el color de las hojas, necrosis y deformaciones, entre otros.

Cmol/kg: Es una medida expresada en centimol por kg de suelo, es igual a meq/100 g de suelo. Donde meq = miequivalente = Peso masa del mineral (mg)/número de valencia.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Céspedes, M. (2011). *Deficiencias nutricionales en el cultivo de café* (p. 145). CEASA. <https://library.sweetmarias.com/wp-content/uploads/2020/08/deficiencias-nutricionales-cafe.pdf>
- Chavarría Mairena, E. R., & Hernández Pérez, J. C. (2007). *Biomasa y nutrientes de árboles de sombra temporal y permanente en sistemas agroforestales con Coffea arabica L. de 5 años en el pacífico de Nicaragua* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/2041/1/tnf61ch512.pdf>
- Coste, R. (1975). *El Café*. Editorial Blumer.
- Farfán Valencia, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. CENICAFÉ. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4213>
- FERTILAB. (2018, August). *Manejo nutrimental del cultivo de café*. Fertilab.Com.Mx. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-D01-Manejo-nutrimental-del-cultivo-de-cafe.pdf#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20foliar%20permite%20conocer%20el%20estado%20nutrimental,suficiencia%20nutrimental%20obtenidos%20en%20diversos%20estudios%20de%20investigaci%C3%B3n.>
- Fischersworing, B., & Robkamp, R. (2001). *Guía para la caficultura ecológica* (3rd ed.).
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN]. (2022). *Plan Nacional de la producción, Consumo y Comercio 2022-2023*. https://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos/AreaPrensa/Plan%20Nacional%20de%20Produccion%20Consumo%20y%20Comercio%202022-2023_png.pdf
- González, V., & Pomares, F. (2008). *La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos*. <https://agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>
- Hernández-Acosta, E., Trejo-Aguilar, D., Ferrera-Cerrato, R., Rivera-Fernández, A., & González-Chávez, M. C. (2018). Hongos micorrizicos arbusculares en el crecimiento de café (*Coffea arabica L.*) variedades Granica, Catimor, Caturra y Catuaí. *Agroproductividad*, 11(4), 61–67. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/352/276>
- International Plant Nutrition Institute, I. (2012). *4R de la nutrición de plantas: Un manual para mejorar el manejo de la nutrición de plantas*.

- López-Báez, W., Urbina-Hernández, L. H., Reynoso-Santos, R., & Martínez-Sánchez, J. (2018). Efectos del encalado en suelo ácido cultivado con café (*Coffea arabica* L.) en la reserva de la biósfera El Triunfo, Chiapas, México. *Agroproductividad*, 11(4), 55–60. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/270/199>
- Montenegro Gracia, E. J. (2005). *Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional* [Tesis de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical, CATIE]. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1474/Efecto_del_aporte_de_nutrientes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Munguía Hernández, R. (2007). Aportes de biomasa y nutrientes de un sistema agroforestal con café en el pacífico de Nicaragua. *La Calera*, 7(8), 6–9. <https://repositorio.una.edu.ni/2282/1/ppp06m966.pdf>
- Romero López, S. A. (2006). *Aporte de biomasa y reciclaje de nutrientes en seis sistemas agroforestales de café (Coffea arabica var. Caturra), con tres niveles de manejo* [Tesis magister Scientiae en Agroforestería Tropical]. CATIE.
- Sadeghian Khalajabadi, S. (2008). *Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Guía práctica. Boletín técnico no. 32*. CENICAFÉ. <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot032.pdf>
- Sadeghian Khalajabadi, S. (2017). Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en café. Diagnóstico y manejo. *Avances Técnicos* 478, 12. <https://doi.org/10.38141/10779/0478>
- Sadeghian, S. (2020). Análisis foliar: Una guía para evaluar el estado nutricional del café. *Avances Técnicos Cenicafe*, 515, 1–4. <https://doi.org/10.38141/10779/0515>
- Schalamuk, S. (2005). *Dinámica y biodiversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares [HFMA]: efecto de sistemas de labranza y fertilización en cultivos extensivos* [Tesis de Doctor en Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata]. http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/tesis/tesis_866.pdf
- Schweizer Lassaga, S. (2011). *Muestreo y análisis de suelo para el diagnóstico de la fertilidad*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- Unión Nicaragüense de Cafetaleros [UNICAFE]. (2009). *Manual de caficultura de Nicaragua*. UNICAFE.
- Winston, E., Op De Laak, J., Marsh, T., Lempke, H., Aung, O., Nyunt, T., & Chapman, K. (2005). *Arabica coffee manual for Myanmar*. FAO. www.fao.org/world/regional/rap/highlights.asp
- Álvarez-Solís, J. D. y Ferrera C., R. 2006. Micorriza arbuscular y crecimiento del café en vivero. In: El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. Pohlen, J; Soto, L y Barrera J. (Ed.) pag: 19 -22.
- Antunes, V.; Silveira, A. P.; Cardoso, E. J. 1988. Interação entre diferentes tipos de solo e fungos micorrizicos vesículo-arbusculares na produção de mudas de café (*Coffea arabica* L.) Turrialba 38: 117 – 122.
- Bago, B.; Azcón-Aguilar, C.; Shachar-Hill, Y.; Pfeffer, P. E. 2000. El micelio externo de la micorriza arbuscular como puente simbiótico entre la raíz y su entorno. Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi – Prensa, México, 78 – 92.



- González-Chávez, M. C.; Ferrera-Cerrato R.; Pérez-Moreno J. 1998. Biotecnología de la micorriza arbuscular en fruticultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Colegio de Postgraduados. México, 131 p.
- Moncayo R., I. 2006. Micorrizas. Solución para la reforestación y recuperación de suelos contaminados. BIO TRITON S.A.
- UNICAFE (Unión Nicaragüense de Cafetaleros). 1996. Manual de caficultura de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 242 p.
- Trejo A. D.; Ferrera-Cerrato R.; Escalona A., M. A.; Rivera F. A. 1996. Ecología de la endomicorriza arbuscular en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). La ciencia y el hombre 8: 7 – 19.