

BOLETÍN TÉCNICO

MAYO 2019

CEDICAFÉ

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CAFÉ

LA FERTILIZACIÓN AL SUELO Y FOLIAR
UN COMPONENTE BÁSICO PARA MANTENER LA
PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS CAFETALERAS

La Fertilización al Suelo y Foliar

Un componente básico para mantener la productividad en las empresas cafetaleras

Pedro Morales
Luis Cordón
Josué Girón
Equipo de Investigadores

Sergio Morales
Coordinador Nacional

Centro de Investigaciones en Café de Anacafé –Cedicafé–
Edición y diagramación, Unidad de Comunicación -Anacafé-
Mayo, 2019

Introducción

Uno de los pilares importantes para obtener y mantener las producciones estables, así como para mejorar el vigor y desarrollo de las plantas es la fertilización, la cual se divide en dos actividades, una es la fertilización Edáfica (al suelo) que depende del sistema al que esté sometida la unidad productiva: convencional, orgánica o integral. La fertilización Edáfica se complementa con la fertilización foliar.

La planta de café en su etapa productiva requiere de diversos elementos para poder mantener producciones estables y sobre todo para el desarrollo adecuado de sus etapas fenológicas; durante un ciclo de cosecha, la planta debe pasar por un estado de floración, crecimiento de bandolas (ramas laterales), tallo principal, hojas y raíces, crecimiento y maduración del fruto.

En cada etapa fenológica, las plantas demandan diferentes nutrientes y cantidades de cada uno según las necesidades del cultivo, la edad de la plantación y la productividad estimada; todo esto es posible conocerlo utilizando las curvas de variación estacional de los nutrientes (CVEN) del suelo y foliar, investigación que se ha desarrollado en el Centro de investigaciones en café –Cedicafé– de la Asociación Nacional del Café –Anacafé– desde el año 2014.

Las investigaciones de las CVEN han dado como resultado las épocas adecuadas de muestreo de suelo y foliar y las épocas de fertilización con la distribución que se debe de realizar de cada uno de los nutrientes dependiendo del número de fertilizaciones que se realicen en el año, de acuerdo al clima de cada región cafetalera.

Basado en los resultados de la curva de variación estacional de los nutrientes (CVEN) foliares, se estimaron los nutrientes a suplementar en las etapas fenológicas, para complementar la fertilización edáfica con aplicaciones foliares y los nutrientes estimados a reponer, los cuales normalmente se encuentran debajo del nivel mínimo en ese momento y que son necesarios para que las etapas fenológicas se desarrollen adecuadamente.

Época de muestreo Edáfico (de suelos) y Foliar

De los resultados de análisis de suelos y foliar mensual, generados en el laboratorio de suelos Analab, y en base a las curvas de variación estacional de cada nutriente elaboradas durante un año, se determinaron las épocas de muestreo, que indican la disponibilidad de los nutrientes a través del año, encontrando los picos más altos y bajos de cada uno de los elementos, tanto al suelo como foliar.

Los picos altos en el suelo se utilizan para encontrar las épocas de muestreo y ver si hay necesidad de suplementarlos en las épocas adecuadas ya definidas y los picos altos de foliar para determinar la época de muestreo y los bajos como etapas críticas, para suplementarlos vía foliar.

Determinación de las épocas de muestreo por región, basados en los resultados de la CVEN (Suelo y Foliar).

Cuadro 1

Épocas de muestreo Edáfico (de suelo) para cada región, según CVEN (Suelo)

Región	Departamentos	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
I	Quetzaltenango, San Marcos	diciembre-enero	mayo-junio
II	Suchitupéquez, Retalhuleu, Sololá	diciembre-enero	mayo-junio
III	Escuintla, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Progreso	enero-febrero	agosto-septiembre
IV	Santa Rosa, Jalapa, Jutiapa	diciembre-enero	junio-julio
V	Huehuetenango, Quiché	diciembre-enero	junio-julio
VI	Alta Verapaz, Baja Verapaz	diciembre-enero	mayo-junio
VII	Zacapa, Chiquimula, Izabal, Petén	enero-febrero	junio-julio

Cuadro 2

Épocas de muestreo foliar para cada región, según CVEN (Foliar)

Región	Departamentos	Primer Muestreo	Segundo Muestreo
I	Quetzaltenango, San Marcos	enero-febrero	junio-julio
II	Suchitepéquez, Retalhuleu, Sololá	enero-febrero	junio-julio
III	Escuintla, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Progreso	marzo-abril	agosto-septiembre
IV	Santa Rosa, Jalapa, Jutiapa	marzo-abril	julio-agosto
V	Huehuetenango, Quiché	mayo-julio	agosto-septiembre
VI	Alta Verapaz, Baja Verapaz	abril-mayo	julio-agosto
VII	Zacapa, Chiquimula, Izabal, Petén	abril-mayo	julio-agosto

Cuadro 3

Funciones de los nutrientes en las plantas y etapa de aplicación a nivel foliar

Etapa de aplicación	Elemento	Función
Prefloración / Posfloración	Fósforo	Promotor de floración y desarrollo del fruto.
		Mecanismos de formación, crecimiento y multiplicación.
	Azufre	Formación de clorofila.
		Participa en los procesos de respiración y fotosíntesis.
		Formación, viabilidad y fertilización del polen.
		Lignificante celular.
	Cobre	Productor de proteínas, aminoácidos y enzimas.
		Promotor de la clorofila.
	Boro	Esencial en el metabolismo del nitrógeno.
		Tiene influencia directa en los procesos de multiplicación y crecimiento celular.
		Importante en la viabilidad del polen y desarrollo de flores y frutos.
		Contribuye a mantener el calcio en forma soluble dentro de la planta.
	Molibdeno	Requerido para la asimilación del nitrógeno.
		Importante en la formación del polen.
		Requerido en cantidades muy pequeñas.

Crecimiento del fruto	Magnesio	Forma parte de la clorofila.
		Participa en la fotosíntesis.
		Interviene en la formación de semillas.
		Necesario para el movimiento del fósforo dentro de la planta.
	Zinc	Favorece el crecimiento de los frutos y plantas.
		Responsable de reguladores de crecimiento de la planta tales como auxinas.
		Favorece la absorción del fósforo.
Aumenta la tolerancia a enfermedades.		
Formación y llenado de fruto	Calcio	Importante como regulador de crecimiento de las plantas.
		Componente de la pared celular.
		Aumenta la capacidad de adaptación de la planta a condiciones adversas.
		Importante la vida de la hoja y fruto.
		Evita la purga del fruto.
	Aumenta la absorción del potasio.	
	Nitrógeno	Forma parte de a clorofila.
		Mejora la biomasa de la planta.
	Fósforo	Participa en la producción, y transporte de azúcares, grasas y proteínas.
	Maduración del Fruto	Potasio
Presente en todos los tejidos vegetativos de la planta.		
Bioestimulador del nitrógeno, contribuyendo a la fijación del nitrógeno atmosférico.		
Regula el equilibrio de agua en las células, manteniéndolas turgentes o hidratadas (sin flacidez o marchitez).		
Acelera la producción de azúcares y su transporte.		
Mejora la tolerancia de las plantas a heladas y sequías.		
Mejora el color y calidad del grano.		
Boro		Evita la acumulación de los ácidos clorogénicos.
		Aumenta la movilidad de los azúcares.
Molibdeno		Activador enzimático.

Resultados

De los resultados de análisis de suelos y foliar y en base a las curvas de variación de cada nutriente durante un año, se determinaron las épocas de aplicaciones de nutrientes de manera edáfica (suelo) y foliar estableciéndolos de la manera siguiente:

Épocas, número de aplicaciones y distribución de los nutrientes.

Es indispensable en todo plan de fertilización, la consideración de las épocas efectivas para las aplicaciones de fertilizante de manera edáfica (al suelo), basado en esto, se establecen dos o más opciones para distribuir las fracciones en porcentaje de cada elemento por época, en función de aplicar dos o más veces los fertilizantes en el año, este comportamiento responde a la disponibilidad y eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas, obtenida por la curva de variación estacional de los nutrientes y las evaluaciones llevadas a cabo por Anacafé e INPOFOS, en diferentes regiones del país, como se muestra en los siguientes cuadros:

Cuadro 4

Épocas de fertilización para productividades inferiores a 120 quintales cereza por manzana.

Región	Primera fertilización	Segunda fertilización
I	mayo-junio	agosto-septiembre
II	mayo-junio	agosto-septiembre
III	mayo-junio	agosto-septiembre
IV	mayo-junio	agosto-septiembre
V	mayo-junio	agosto-septiembre
VI	mayo-junio	agosto-septiembre
VII	mayo-junio	agosto-septiembre

Cuadro 5

Opciones de fertilización para productividades inferiores a 120 quintales cereza por manzana.

Opción	Primera fertilización	Segunda Fertilización
# 1	60% del nitrógeno	40% del nitrógeno
	60% del fósforo	40% del fosforo
	40% del potasio	60% del potasio
# 2	60% del nitrógeno	40% del nitrógeno
	100% del fósforo	-----
	-----	100% del potasio
# 3	60% del nitrógeno	40% del nitrógeno
	-----	100% del fósforo
	-----	100% del potasio

Cuadro 6

Épocas de fertilización para productividades superiores a 120 quintales cereza por manzana.

Región	Primera fertilización	Segunda Fertilización	Tercera fertilización
I	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre
II	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre
III	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre
IV	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre
V	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre
VI	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre
VII	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre

Cuadro 7

Opciones de fertilización para productividades superiores a 120 quintales cereza por manzana.

Opción	Primera fertilización	Segunda fertilización	Tercera Fertilización
1	40% del nitrógeno	30% del nitrógeno	30% del nitrógeno
	60% del fósforo	40% del fósforo	-----
	20% del potasio	40% del potasio	40% del potasio
2	40% del nitrógeno	30% del nitrógeno	30% del nitrógeno
	60% del fósforo	40% del fósforo	-----
	40% del potasio	40% del potasio	20% del potasio
3	40% del nitrógeno	30% del nitrógeno	30% del nitrógeno
	60% del fósforo	40% del fósforo	-----
		50% del potasio	50% del potasio
4	60% del nitrógeno		40% del nitrógeno
	100% del fósforo		
		100% del potasio	
5	60% del nitrógeno	40% del nitrógeno	-----
	100% del fósforo	-----	-----
	-----	50% del potasio	50% del potasio

Cuadro 8

Épocas de fertilización para productividades altas en microclimas de las regiones VI y VII (Alta Verapaz, Chiquimula y Zacapa)

Región	Primera fertilización	Segunda fertilización	Tercera fertilización	Cuarta fertilización
VI	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre	diciembre-enero
VII	mayo-junio	agosto-septiembre	octubre-noviembre	diciembre

Cuadro 9

Opciones de fertilización para productividades altas en microclimas de las regiones VI y VII (Alta Verapaz, Chiquimula y Zacapa)

Opción	Primera Fertilización	Segunda Fertilización	Tercera Fertilización	Cuarta Fertilización
RVI	30 % Nitrógeno	30 % Nitrógeno	20 % Nitrógeno	20 % Nitrógeno
	50% Fósforo	50% Fósforo		
	20 % Potasio	20% Potasio	30 % Potasio	30 % Potasio
RVII	30 % Nitrógeno	30 % Nitrógeno	20% Nitrógeno	20% Nitrógeno
	50% Fósforo	50 % Fósforo		
	30 % Potasio	35% Potasio	35% Potasio	
Cedicafé - Asistencia técnica				

Si resultan elementos menores deficientes en el suelo, según su contenido, agregarlos en una o en dos épocas en la fórmula de fertilizante al suelo de la siguiente forma:

Cuadro 10

Recomendación de % de suplemento de elementos menores en las fórmulas de fertilización al suelo.

Nutriente Puro	% de fuente en la fórmula
Boro	0.1
Zinc	0.2
Hierro	0.3
Manganeso	0.1
Cobre	0.05

Es importante tomar en consideración, que, a través de la determinación de las curvas de variación estacional de los nutrientes, se determinan épocas de muestreo y de aplicación de nutrientes.

Con la Ley de Rendimientos Decrecientes, Estudios Complementarios Realizados por ANACAFE e INPOFOS y los resultados de las investigaciones de los diferentes Centros de Investigación de los países productores de todo el mundo, Girón (2106), ha establecido una recomendación promedio de las demandas nutricionales que presenta el cultivo para Guatemala, partiendo de una base de productividad de 100 qq cereza (45.28 Kg), los cuales se presentan a continuación:

Cuadro 11

Requerimientos nutricionales en libras por manzana según producción de 100 quintales de café cereza / manzana.

Elemento	Libras por manzana
Nitrógeno (N)	175 – 250
Fósforo (P)	17
Potasio (K)	105
Calcio (Ca)	60
Magnesio (Mg)	30
Azufre (S)	20
Boro (B)	0.31
Zinc (Zn)	0.77
Cobre (Cu)	0.55
Hierro (Fe)	3.08
Manganeso (Mn)	1.15

Cuadrantes de requerimientos de NPK según los rangos de producción

Cuadro 12: Requerimientos en libras/ manzana de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O), según rango de producción de café cereza por manzana								
Menor 75 qq / manzana			de 75 a 100 qq / manzana			de 100 a 150 qq / manzana		
Requerimiento libras/manzana			Requerimiento libras/manzana			Requerimiento libras/manzana		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
100	25	71	175	40	125	250	60	178
de 150 a 200 qq / manzana			de 200 a 250 qq / manzana			de 250 a 300qq / manzana		
Requerimiento libras/manzana			Requerimiento libras/manzana			Requerimiento libras/manzana		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
325	80	232	400	100	286	475	120	339
> 300 qq / manzana			La Relación N : K ₂ O, utilizada en los cálculos, es de 1.40 : 1					
Requerimiento libras/manzana								
N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
550	140	393						

Nota: Forma adecuada del uso de los requerimientos para Nitrógeno, con intersección de qq /manzana
Ejemplo: 100 qq cereza/manzana: intersección de cuadrante 2 y 3. Cuadrante 2: de 75 a 100 qq/manzana se recomiendan 175 lb de N para regiones de época seca definida (baja precipitación pluvial) y Cuadrante 3: de 100 a 150 qq/manzana se recomiendan 250 lb de N para regiones sin época seca definida (con mayor precipitación pluvial). Se utiliza el criterio técnico de clima y suelo, para seleccionar la cantidad a utilizar.

Los suplementos foliares se realizan si se cumple uno de los siguientes requisitos:

- Que el análisis de suelo reporte deficiencia en los dos muestreos anuales.
- Que el análisis foliar confirme su deficiencia, con síntomas visibles en las hojas.
- Por antagonismos entre nutrientes.
- En épocas críticas determinadas por las curvas de variación estacional de los nutrientes foliares -CVENF.

Después de una enmienda con materiales alcalinizantes, aparecerán deficiencias de hierro y manganeso. Se recomienda la corrección con quelato de hierro y/o manganeso, si los síntomas de deficiencia son muy marcados (clorosis en las hojas de las plantas) debido a que interfieren con el proceso fotosintético de las plantas. Estas deficiencias generalmente son transitorias.

Etapas fenológicas, elementos foliares y dosis a utilizar

Como parte del trabajo realizado por Cedicafé, al momento de realizar los planes de fertilización edáfica, de forma complementaria, se debe trabajar en los planes de fertilización foliar. Las aplicaciones foliares contribuyen a enmendar deficiencias en momentos precisos o críticos para las plantas y, en muchos casos, a aumentar la calidad a nivel de taza.

Existen dos tipos de planes de fertilización foliar (Girón J. López E. y Jiménez H). Del año 2000 al 2009, se elaboró un plan de aplicaciones dividido en cuatro etapas relacionadas al momento de floración principal, este se distribuye de la siguiente forma:

Cuadro 13: Plan básico de fertilización foliar para el cultivo del café

Etapas	Elemento	Dosis/Mz
Prefloración / Posfloración	Boro/Sulfato de cobre	1 litro/350 gramos
45 días después de la floración	Zinc	1 litro
90 días después de la floración	Calcio	1 litro
150-210 días después de la floración	Potasio	1 litro

Con la elaboración de las curvas de variación estacional de los nutrientes foliares (CVENF) y a las validaciones llevadas a cabo en campo, se determinaron otros elementos esenciales en las etapas de floración, crecimiento, llenado y maduración del fruto, denominado Plan de Fertilización Foliar, según CVENF, para productividades medias y altas (ver cuadro 14).

Cuadro 14

Programa de fertilización foliar elaborado a partir de las CVENF

Etapa de aplicación	Elemento	Dosis / Mz
Prefloración/Posfloración (Pegue de la Flor)	Fósforo	1 lt
	Azufre	350 gr sulfato de cobre (suplementa azufre y cobre).
	Cobre	
	Boro	1 lt, boro-molibdeno (suplementa boro y molibdeno).
	Molibdeno	
45 días después de la floración (Crecimiento del Fruto)	Magnesio	1 lt, zn-mg (suplementa zinc y magnesio).
	Zinc	
90 días después de la floración (Llenado del Fruto)	Calcio	1 lt
	Nitrógeno	1 lt
	Fósforo	1 lt
150-210 días después de la floración (Maduración del Fruto)	Potasio	1 lt
	Molibdeno	1 lt

Dosis en producto líquido (lt=litro) y sólido (gr=gramo).

Tabla con ejemplos de datos aproximados para formular 1 litro de nutriente para uso foliar

Nutriente	Fase	Concentración Nutriente Puro	Fuentes Solubles (ejemplos)	% equivalentes en óxidos
			Kg para formular 1 litro de solución foliar	
Fósforo	Líquido	10% de Fósforo	0.376 Fosfato Monoamónico Soluble 26.64% P	22.9% P ₂ O ₅
Cobre y Azufre	Sólido	8.9% de Cobre + 4.49% Azufre	0.350 Sulfato de Cobre Pentahidratado 25.46% Cu + 12.8% S	22.34% CuSO ₄
Boro	Líquido	4.5% de Boro	0.215 Octoborato de Sodio Tetrahidratado 20.96% B	14.49% B ₂ O ₃
Molibdeno	Líquido	3.7% de Molibdeno	0.093 Molibdato de Sodio Dihidratado 39.67% Mo	6% MoO ₄
Magnesio	Líquido	5% de Magnesio	0.521 Nitrato de Magnesio Hexahidratado 9.6% Mg	31% Mg(NO ₃) ₂
Zinc	Líquido	6% de Zinc	0.254 Sulfato de Zinc heptahidratado 23.57% Zn	14.82% ZnSO ₄
Calcio	Líquido	5% de Calcio	0.279 Nitrato de Calcio TetraHidratado 18% Ca	28% Ca(NO ₃) ₂
Nitrógeno	Líquido	8.8% de Nitrógeno	0.750 Nitrato de Amonio 11.73 N	25% NO ₃ NH ₄
Potasio	Líquido	25% de Potasio	0.359 Hidróxido de Potasio 69.64	35.9 % KOH

En cuanto a la aplicación foliar de los elementos; según la curva de variación estacional de los nutrientes, se elaboró el programa agrupando los demandados por la planta en un momento crítico; dicho **Programa de fertilización foliar elaborado a partir de las CVENF (cuadro 14)**; en una evaluación realizada en la RIV, dio mejores resultados en productividad, en comparación con el testigo absoluto.

Según las fuentes de elementos que se utilice, es necesario tomar estas consideraciones:

1. Medir el pH para evitar que se dé una precipitación de la mezcla.
2. Usar elementos quelatados o acomplejados a base de glicina buscando mejorar la absorción.
3. Si las fuentes son sales, se puede agregar un aminoácido que, en su fuente, posea mayor concentración de lisina y glicina para aumentar su eficiencia.
4. Es necesario considerar que la ausencia de estos elementos daría como efecto el cumplimiento de la ley del mínimo, donde se explica que la producción estará dada en base al elemento en menor concentración dentro de la planta.
5. Al momento de la aplicación de prefloración, es recomendable utilizar sulfato de cobre y no quelato natural de cobre, ya que, en validaciones realizadas, este se mantiene a bajo en producción con respecto al sulfato de cobre
6. Es importante que cada empresa cafetalera (unidad productiva), pueda contar con su análisis foliar para poder evaluar su plan de aplicación de fertilizantes foliares.
7. En base a sus resultados de análisis foliares, consulte al técnico de Anacafé para su debida interpretación.

Las plantas de café para su desarrollo y producción requieren de una serie de necesidades nutricionales que sean suplidas, esto implica que los elementos nutricionales deben de estar disponibles oportunamente a cantidades adecuadas y balanceadas.

Bibliografía

Anacafé (2018). Guía Técnica de Caficultura. Guatemala: Asociación Nacional del Café Guatemala. 312p.

Girón J. (2017). Determinación de la Curva de la Ley de rendimientos decrecientes en Finca Rabanales, Fraijanes, Guatemala, C.A. Asociación nacional del café. Centro de Investigaciones en Café. Guatemala.

Girón, J. (2016). Manual Química de suelos Aplicada al Cultivo del Café. Asociación Nacional del Café. Centro de Investigaciones en Café. Guatemala.

Girón, J., Morales, P. y Morales S. (2016). Curva de Variación Estacional de pH, Acidez Intercambiable, Materia Orgánica y Nutrientes en el Suelo y Foliar, en seis localidades de Santa Rosa, Jalapa y Jutiapa. Asociación Nacional del Café. Centro de Investigaciones en Café. Guatemala.

Desarrollos Químicos, S.A., DEQUISA., insumos foliares plan básico.

Laboratorios PENTA, S.A., insumos foliares plan CVENF.

Moving With Agriculture, MANVERT., insumos foliares plan CVENF.