

GUÍA



Fertilización del cacao



Fertilización del cacao

Rolando Cerda
Allan Mata-Quirós
Jorge Ramírez

Este material fue elaborado en el marco del proyecto 106286 “*Conservación Efectiva de Bienes y Servicios Ecosistémicos en Paisajes Productivos de Montaña Amenazados*” y realizado por el Gobierno de la República Dominicana, representado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés) y financiamiento otorgado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, por sus siglas en inglés).

Las opiniones expresadas en esta publicación son de las de sus respectivos autores y autoras, y no representan necesariamente las posiciones de las Naciones Unidas, incluyendo el PNUD, y las de los Estados Miembros de la ONU.

Para citar documento:

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales,
“FERTILIZACIÓN DEL CACAO”, Proyecto Biodiversidad
en Paisajes Productivos, Santo Domingo RD*

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de esta publicación siempre y cuando sea citada la fuente.

© Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, (PNUD o UNDP, por sus siglas en inglés)

Créditos

Instituciones:

Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Orlando Jorge Mera, Ministro

Federico Franco, Viceministro
de Áreas Protegidas y Biodiversidad

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD

Coordinación del proyecto Biodiversidad en Paisajes Productivos:

Evaydee Pérez Sarraff,
Coordinadora Nacional

Coordinación de la consultoría
Oscar Valenzuela, especialista
en medios de vida

Entidad consultora:

**Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza (CATIE)**

Equipo de trabajo

Coordinador: Rolando Cerda

Autores: Rolando Cerda,
Allan Mata-Quirós, Jorge Ramírez

Coordinadora operativa:
Chelsia Moraes

Textos: Rolando Cerda,
Allan Mata-Quirós, Jorge Ramírez

Fotografías: Allan Mata-Quirós

Revisión técnica:

Oscar Valenzuela, proyecto
Biodiversidad en Paisajes Productivos

Emilio De La Cruz, proyecto
Biodiversidad en Paisajes Productivos

Enelvi Brito, Departamento del
Cacao, Ministerio de Agricultura

Osterman Ramirez, Departamento
del Cacao, Ministerio de Agricultura

Producción gráfica:

Diagramación: Tecnología de
información y Comunicación

Avenida Cayetano Germosén esq. Avenida Gregorio Luperón
Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana
Tel.: (809) 567-4300 ext. 7388
Correo electrónico: contacto.bpp@gmail.com

Contenido

Introducción	6
Interpretación de análisis de suelos	7
Necesidades de encalado	8
Balance de nutrientes	8
Cálculos para fertilización	10
Programas de fertilización	11
Dosis y épocas de fertilización	11
Dosis de fertilización	11
Épocas de fertilización	11
Elaboración de abonos orgánicos	12
Compost	12
Materiales para hacer compost	13
Procedimiento para hacer compost	13
Bocashi	13
Materiales para hacer Bocashi	13
Procedimiento para hacer Bocashi	13
Bibliografía	14

Introducción

Dentro de las prácticas de manejo del cultivo de cacao en sistemas intensivos de producción, la fertilización para el aporte de los nutrientes que se encuentran en cantidades insuficientes en el suelo constituye un aspecto fundamental para la obtención de altos rendimientos de manera sostenida.

Además, para asegurarse que el aspecto nutricional del suelo está siendo mejorado óptimamente, se requiere considerar también la necesidad de aplicar enmiendas calcáreas para corregir problemas causados por la acidez.

Un complemento importante a la aplicación de fertilizantes es el aprovechamiento eficiente de materiales de origen orgánico que puedan estar disponibles para que, mediante procedimientos sencillos de compostaje, puedan contribuir al mejoramiento integral de la nutrición del cultivo.



Interpretación de análisis de suelos

Con el objetivo de conocer las condiciones de fertilidad del suelo, es necesario realizar muestreos de suelos y trasladar las muestras a un laboratorio de suelos para el respectivo análisis químico. Es importante disponer de información básica respecto a las características físicas de los suelos donde se desarrolla la actividad cacaotera.

Existen tablas de niveles críticos entre las cuales se puede destacar una versión resumida (cuadro 1) que resulta bastante práctica para la interpretación de los datos del análisis de suelos para cacao.

Cuadro 1. Referencia para la evaluación de la fertilidad del suelo.

Características	Categoría		
	Bajo	Medio	Alto
pH agua	< 5,0	5,1 – 6,0	> 6,0
Acidez (cmol (+)/L)	< 0,5	0,51 – 1,5	> 1,5
CICE (cmol (+)/L)	< 5	5,1 – 25	> 25
Ca (cmol (+)/L)	< 3	3,01 – 8,0	> 8,0
Mg (cmol (+)/L)	< 0,8	0,81 – 2,0	> 2,0
K (cmol (+)/L)	< 0,2	0,21 – 0,4	> 0,4
P (mg/L)	< 10	10,01 – 20	> 20
Zn (mg/L)	< 2,0	2,1 – 10	> 10
Mn (mg/L)	< 5	5,1 – 50,0	> 50
Fe (mg/L)	< 10	10,1 – 100	> 100
Cu (mg/L)	< 2,0	2,1 – 20,0	> 20

Adaptado de Chaves (2008)

Prioritariamente, se puede utilizar la información analítica más determinante y representativa de las características químicas del suelo, entre las que se encuentran: pH, acidez y contenido de bases (calcio, magnesio y potasio). En el cuadro 2 se presentan los datos para un ejemplo de resultados de un análisis de suelo.

Cuadro 2. Datos del análisis de suelo.

Sitio	Prof.	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Mn	Fe	N	C.O.
	m	H ₂ O	-----cmol(+)/kg-----			mg/kg (ppm)		-----mg/kg-----			%	%	
Lote 2	0,3	4,7	2,10	0,97	0,42	0,14	9	21	2,2	22	209	0,19	2,00

La secuencia lógica para la interpretación del análisis de suelos a partir de los datos del cuadro 2 es la siguiente:

1. Valor de acidez alto indica suelo con problemas de acidez que debe ser corregida por medio de encalado.
2. Valoración individual de los contenidos de las bases: Ca está bajo, al igual que Mg y K. Los requerimientos de Ca se pueden suplir cuando se aplica la enmienda calcárea. Para Mg y K se requiere incorporar estos nutrientes en una fórmula balanceada que no cause desequilibrio entre las bases.
3. Elaborar una síntesis o conclusión en la que se ordene según su importancia de atención, los problemas diagnosticados en el suelo.

Necesidades de encalado

De acuerdo con los datos del análisis de suelos del cuadro 2 el nivel de acidez es alto. Para la neutralización de la acidez en ese suelo, se determinó con anterioridad mediante el cálculo correspondiente que se necesita realizar un encalado con 3,11 t/ha de carbonato de calcio (se puede utilizar cal dolomítica).

La fórmula para calcular el encalado es la siguiente:

$$\text{ton cal/ha} = \frac{2 (\%SA - \%RAS) \times CICE}{100}$$

Donde:

ton cal/ha = toneladas de material encalante a aplicar por hectárea

% SA = saturación de acidez = (Acidez÷CICE)×100

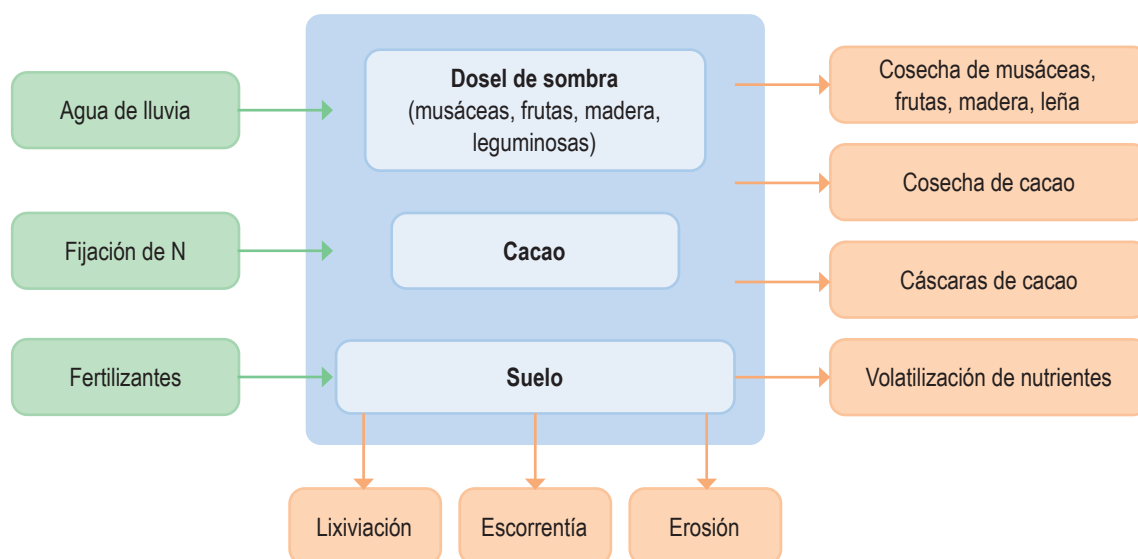
CICE = Capacidad de intercambio catiónico = Ca+Mg+K+acidez

% RAS = saturación de acidez deseada = 15%

Balance de nutrientes

El balance de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Los balances pueden resultar deficitarios o acumulativos generando situaciones de pérdida (salidas mayores que entradas) o de ganancia (entradas mayores que salidas).

Para la fertilización del cacao se pueden estimar los balances nutricionales de un lote a partir de las entradas que se generan por los fertilizantes inorgánicos, abonos orgánicos, nitrógeno por fijación de árboles leguminosos y el aporte de las lluvias. Por su parte las salidas se dan por la cosecha de cacao, la salida de las cáscaras, la cosecha de musáceas, frutales, madera, leña, asimismo la pérdida de nutrientes por volatilización y otros factores como el deterioro de los suelos por erosión y los procesos asociados de lixiviación y escorrentía.



Balance de nutrientes en un sistema de producción de cacao, entradas y salidas.

A partir de la información de entradas y salidas y de los requerimientos nutricionales del cultivo, se calcula primero la diferencia entre las entradas de cada nutriente y las salidas o pérdidas para determinar el balance de nutrientes. Con base en esa información se calcula la dosis de fertilizante que se deben emplear para balancear los nutrientes en el sistema.

La cantidad de nutrientes que se consideran para el balance de nutrientes va a depender de las cantidades que se apliquen o que se extraigan del cacaotal. Para esto se utilizan los datos de la composición de nutrientes por cada insumo, los cuales se indican en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de nutrientes (kg) contenido en cada insumo considerado en el balance de nutrientes.

Insumo	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)
Fertilizante 15-15-15 (1 saco de 50 kg)	7,50	3,27	6,23
Fertilizante 18-5-15 (1 saco de 50 kg)	9,00	1,09	6,23
Sulfato de potasio (0-0-50) (1 saco de 50 kg)	0,00	0,00	20,75
Lluvia (>2000 mm/año)	10,0	0,0	0,0
Leguminosas (40 árboles/ha)	12,0	0,0	0,0
Cacao seco (1 kg)	0,038	0,005	0,051
Cáscaras de cacao (1 kg de cacao seco)	0,015	0,002	0,06
Banano (1 racimo)	0,031	0,004	0,106
Leña (1 carga)	5,00	0,25	3,00
Fruta (1 kg)	0,0011	0,002	0,0016

En el cuadro 4 se presenta la información a partir del ejemplo de un sistema de cacao y los datos obtenidos de la determinación de las entradas y salidas.

Cuadro 4. Resultados del balance de nutrientes.

Entradas	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
Fertilizante	15,0	6,5	12,5
Lluvia	10,0	0,0	0,0
Leguminosas	12,0	0,0	0,0
Total entradas	37,0	6,5	12,5
Salidas	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
Cacao seco	38,0	5,0	51,0
Cáscaras de cacao	15,0	2,0	60,0
Banano	6,2	0,8	21,2
Leña	5,0	0,3	3,0
Fruta	0,3	0,6	0,5
Total salidas	64,5	8,7	135,7
Balance de nutrientes	-27,5	-2,1	-123,2

Las entradas por fertilizantes inorgánicos o por abonos orgánicos, dependerán de la composición del insumo y la cantidad que se aplique. Se estarán utilizando sacos de 50 kg de la fórmula 15(N) -15(P₂O₅) - 15(K₂O). Se ha determinado que cada saco de esa fórmula contiene 7,50 kg de N, 3,27 de P y 6,23 de K y se indica para el caso del ejemplo que ya se estaban utilizando 2 sacos de fertilizante.

Cálculos para fertilización

¿Cuánto de 15-15-15 para balancear nitrógeno?

Sacos de fertilizante = $27,5 / 7,5 = 3,7$ sacos/ha. Recuerde que en el ejemplo ya se usaban 2 sacos de fertilizante, es decir, se debe complementar con 3,7 sacos, y por tanto necesitaría 5,7 sacos/ha/año.

Para potasio: ¿Cuánto K tienen los 3,7 sacos de 15-15-15?

$3,7 \text{ sacos} \times 6,23 = 23,0 \text{ kg de K}$. Pero necesito 123,2 kg de K, entonces me falta $123,2 - 23,0 = 100,2 \text{ kg de K}$ que puedo suplirlo con una fuente de K como el Sulfato de Potasio. Cada saco de Sulfato de Potasio tiene 20,75 kg de K. Entonces sacos de Sulfato de Potasio = $100,2 / 20,75 = 4,8 \text{ sacos/ha}$.

Asimismo, al verificar lo que pasa con el Fósforo se determina lo siguiente:

$3,7 \text{ sacos de fertilizante} \times 3,27 = 12 \text{ kg de P}$ (significa que se está poniendo lo requerido de P).

Programas de fertilización

Los programas de fertilización de una plantación de cacao van a ser determinados por la edad de la plantación. Los requerimientos de nutrición de las plantas varían según la edad de las mismas, por lo que es necesario hacer los ajustes según sea el caso. Los principales macronutrientes involucrados en la producción de cacao se detallan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Requerimientos de nutrientes en diferentes estados de desarrollo de cacaotales.

Nutriente	Etapa del cacaotal		
	Antes de producir (1-2 años)	Producción temprana (3-4 años)	Producción madura (>5 años)
Nitrógeno	136	212	400
Fósforo	14	23	50
Potasio	151	321	450

Dosis y épocas de fertilización

Dosis de fertilización

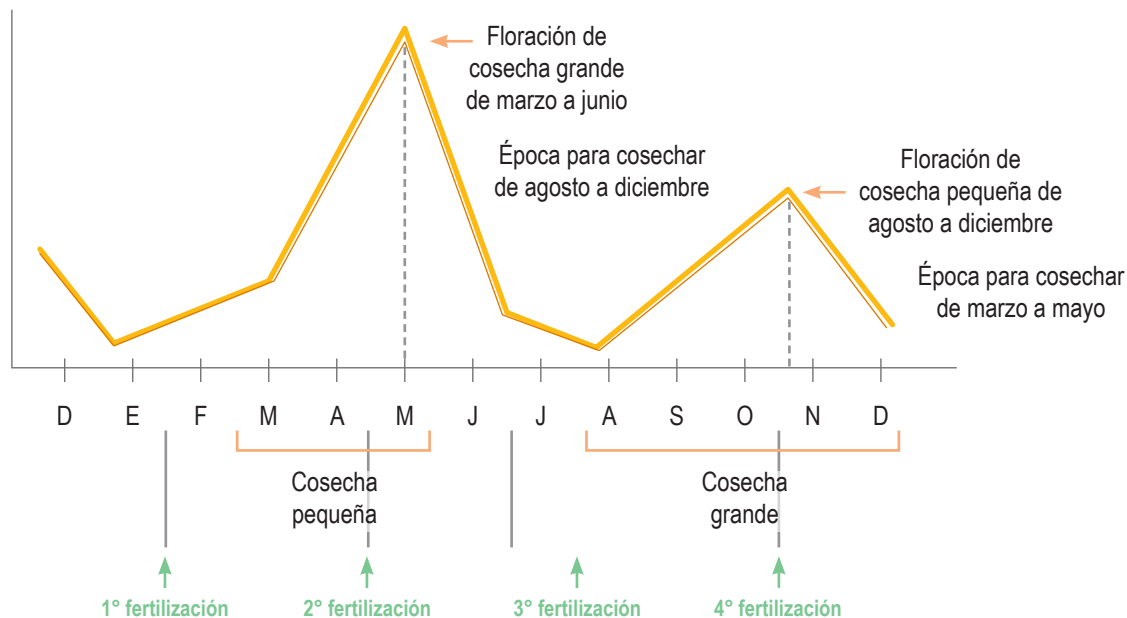
El cálculo de la dosis debe estar ajustado principalmente a la concentración de los nutrientes del fertilizante seleccionado y a las densidades de siembra. El manejo de sistemas de cultivo de alta producción va muy relacionado también con el uso altas densidades de siembra, lo que establece la conveniencia de calcular la dosis de fertilizante por planta a partir de la cantidad total de fertilizante que se ha determinado aplicar por unidad de área.

Épocas de fertilización

El momento adecuado para la fertilización debe considerar los principales aspectos que interactúan en el mejor aprovechamiento posible de los nutrientes por parte del cultivo, como son el tipo de suelo, la edad de la planta, la fenología, así como la disponibilidad de buena humedad en el suelo.

Para llevar a cabo una buena nutrición del cacaotal, la dosis anual de fertilizante por aplicar debe ir acorde con el estado fenológico de la planta (crecimiento, desarrollo del fruto, diferenciación). Esto sugiere que el fraccionamiento del fertilizante resulta favorable para un mejor aprovechamiento del abono aplicado. Por eso la distribución del fertilizante en cuatro aplicaciones al año es una alternativa bastante adecuada para cubrir las necesidades del cultivo durante las principales etapas.

La primera aplicación se realiza al finalizar la época del pico de producción de final de año, entre los meses de enero y febrero, a segunda unos tres meses después cuando se presenta la floración de cosecha grande. La tercera fertilización finalizando el pico de producción, entre julio y agosto y finalmente, la última en la época de floración pequeña y segundo pico de producción, entre octubre y noviembre.



Fenología del cultivo y épocas de aplicación de los fertilizantes

Elaboración de abonos orgánicos



Foto: J. R. Rodríguez, J. Herasme y A. Escarramán

A pesar de que la composición de nutrientes entre los diferentes abonos puede variar, se sabe que generalmente, estos aportan una baja cantidad de elementos en comparación con los fertilizantes químicos. Por esta razón, se requieren altas dosis para suplir las necesidades nutricionales de las plantas, las cuales van desde 1 hasta 3 kg de abono por planta por año.

Se recomienda utilizar estos abonos tanto al momento de la plantación como durante la etapa productiva y de crecimiento, ya que, además de proveer los macro y micronutrientes a las plantas, tiene un aporte importante en el mejoramiento de las condiciones del suelo.

Compost

Es un abono que resulta de un proceso de descomposición de la materia orgánica, bajo condiciones de humedad, temperatura y aireación adecuadas, donde los microorganismos actúan sobre el material orgánico biodegradándolo.

Materiales para hacer compost

Tierra con hojarasca fresca, estiércol de animales, cal o ceniza, agua, hojas secas y verdes, restos de poda, hierbas, melaza, carbón vegetal, aserrín de madera, levadura, afrecho, arroz pulido, microorganismos de montaña.

Procedimiento para hacer compost

1. Ubique un lugar adecuado que sea accesible preferiblemente protegido de la lluvia, el sol, el viento y los animales, próximo al lugar donde se utilizará el compost y que se disponga de agua cercana.
2. Mezcle en un recipiente agua, melaza y levadura hasta disolverlas bien.
3. Triture lo más posible los materiales para facilitar su descomposición. La trituración se puede realizar en forma manual utilizando un machete, tijera de podar, o bien usando una trituradora eléctrica o de combustible.
4. Forme capas de 12 a 15 pulgadas con cada uno de los materiales que se disponen. Apisone bien la capa para obtener una buena base. Coloque una capa de paja seca, una de estiércol, una de tierra, una de afrecho, una de salvado, y así sucesivamente hasta obtener una altura de 1 metro, por 1 metro de ancho y con una longitud hasta donde sea posible. A medida que se forman las capas agregue agua según las necesidades. Finalice con una capa de tierra.
5. Ajuste la humedad de la pila a un 40%-50%.
6. Mantenga la pila caliente con una temperatura entre 45 °C a 60 °C durante los primeros días. Voltee la mezcla para evitar que la pila se caliente demasiado (más 65 °C).
7. Haga el volteado poniendo lo de adentro afuera y lo de afuera adentro. La frecuencia de volteado estará en función de la temperatura que se esté registrando en el interior de la pila. Mientras más caliente más frecuencia de volteado.
8. Humedezca la pila, si es necesario, cada vez que se dé el volteado para que la actividad microbiana se mantenga.

Bocashi

Es un abono orgánico, rico en nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, obtenido como resultado de la mezcla, descomposición, transformación y mineralización de restos orgánicos, por acción de microorganismos y algunos macroorganismos, en presencia adecuada de temperatura, humedad, acidez y aireación, entre otros factores.



Foto: J. R. Rodríguez, J. Herasme y A. Escarramán

Materiales para hacer Bocashi

Hojas secas y verdes, restos de tallos, hierbas, desechos orgánicos, carbón vegetal, levadura, melaza, estiércol de animales, tierra virgen, agua.

Procedimiento para hacer Bocashi

1. Ubique un lugar seco, lo más cercano posible al lugar donde será utilizado y que esté protegido del sol, del viento, la lluvia. El lugar también debe estar libre de esorrentías y poco transitado por personas ajenas y animales que puedan interferir con el proceso. Que haya agua cercana al lugar pero que no vaya a contaminar la fuente de agua.

2. Triture o pique lo más posible que se pueda los restos de hojas secas y verdes. Esta operación se puede realizar de forma manual con un machete, una tijera o utilizando una trituradora de hojas motorizada.
3. Mezcle en un recipiente con agua, la levadura y en otro la melaza (o azúcar, guarapo de caña, melao, raspadura) hasta que esta mezcla quede totalmente homogenizada, sin grumos. Eche la levadura disuelta en el recipiente con la melaza. De esta forma se activa la levadura. La levadura y la melaza también se pueden mezclar en el mismo recipiente.
4. Coloque capas alternas con los materiales disponibles (hojarasca seca, tierra virgen, ceniza o cal, estiércol, hojas verdes, afrecho, salvado de trigo, cascarilla, carbón, rocas molidas). No importa el orden en que se hagan las capas.
5. Agregue la mezcla de melaza y levadura disuelta en el agua luego de colocar cada capa. Si al final no tiene la humedad adecuada, agregue agua adicional hasta completar la humedad ideal.
6. Repetimos los pasos 4 y 5 hasta terminar todos los materiales.
7. Mezcle la pila y ajuste la humedad entre un 40% - 50%.
8. Amontone la pila preparada hasta una altura de 70 a 100 cm.
9. Cubra la pila con una lona, preferentemente de color negro o azul, teniendo el cuidado de que no quede nada destapado. La pila se puede cubrir también con hojas, yaguas, etc.
10. La temperatura de la pila debe ser entre 50 °C a 60 °C durante los primeros 3 días. Voltee la pila para evitar que se caliente demasiado (más 65 °C). Haga el primer volteado a las 72 horas de iniciado el proceso. La frecuencia de volteado estará en función de la temperatura, mientras más caliente la pila se voltea más seguido, mientras menos caliente menos seguido.
11. Verifique la temperatura introduciendo un machete, con un palo o un tubo en varios lugares de la pila durante 2 a 4 minutos. Si lo que se introdujo sale caliente y se logra sostenerlo con la mano, el proceso de fermentación está bien. Si no se logra sostenerlo por estar muy caliente, entonces está sobre calentado y hay que voltear la pila para que no se queme. Si lo que se introdujo sale frío es porque algo en el proceso no se realizó de la manera adecuada y se recomienda reiniciar el proceso.

Bibliografía

- ARCILA, J. y FARFÁN, F. 2007. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en los sistemas de producción de café. En: *Sistemas de producción de café en Colombia*. FEDERACAFE (GENICAFE). Chinchiná (Colombia). Pags. 201-232.
- BERTCH, F. 1987. *Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica*. 2 ed. San José, CR, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 78 p.
- CERDA, R. y FREDERIC, G. 2021. Fertilización y balance de nutrientes: Cálculos para el balance de nutrientes. [Diapositivas de PowerPoint] Cerda, R. y Frederic, G. *CURSO CAFÉ (Proyecto KOLFACI) Fertilización y Balance de Nutrientes en Cafetales (25-26 febrero 2021)*. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CHEPOTE, R; SODRÉ, G; REIS, E; PACHECO, R; LIMA, P; VALLE, R. 2013. *Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacaueteiro no sul da Bahia*. Ilhéus – Bahia. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 43 p. (Boletim Técnico n°203).
- CIAMPITTI, I y GARCÍA, F. 2008. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *International Plant Nutrition Institute*. Revista Horizonte A. Año IV. No 18. Buenos Aires. Argentina. Pag 22-28.
- FURCAL-BERIGUETE, P. 2017. Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. *Agron. Mesoam*. 28(1):113-129. doi:10.15517/am.v28i1.23236
- ICAFE 2020. *Guía técnica para el cultivo de café*. Centro de Investigaciones en Café (ICAFE). Heredia, Costa Rica. 75 p.
- RODRÍGUEZ, J.R., HERASME, J. y ESCARRAMÁN, A. 2019. *Guía de elaboración de insumos orgánicos para una caficultura sostenible* Departamento Agricultura Orgánica-IICA- PROCAGICA – RD. 49 p.
- SNOECK, D; KOKO, L; JOFFRE, J; BASTIDE, P; JAGORET, P. 2016. *Cacao Nutrition and Fertilization*. In: Lichtfouse, E. ed. *Sustainable Agriculture Reviews*. v.19. Springer International Publishing. p. 155-202



Biodiversidad en Paisajes Productivos

Ministerio de Medio Ambiente
Av. Cayetano Germosén esq.
Gregorio Luperón, El Pedregal
Santo Domingo,
República Dominicana
Tel. 809 567 4300 ext. 7388
contacto.BPP@gmail.com
instagram [@bpp_rd](https://www.instagram.com/bpp_rd)