

CADMIO EN EL CACAO



Introducción y selección
del sitio para la nueva
siembra



PROGRAMA
CADENAS DE VALOR



Implementada por
giz
Centro Alemán
de Intercambio
Cooperativo GIZ

Coordinación general

República del Ecuador
Ministerio de Agricultura y Ganadería

Coordinación editorial

Magdalena López, Consultor Programa Cadena de Valor, GIZ
Pedro Ramirez, GIZ

Fotografías

Pedro Ramirez, GIZ

Concepto gráfico, diseño e impresión

Fibios Comunicación Ambiental

Vayna Loca

Gabriel Fandiño

Imagen Digital

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo económico de la Unión Europea. El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva de CEFA, MAG y de GIZ y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de la Unión Europea.

ÍNDICE

1. ¿Qué es el cadmio?	3
2. ¿ Por qué es importante conocer sobre los contenidos de cadmio en el cacao?	4
2.1. Importancia para la salud.....	5
2.2. Importancia comercial y económica.....	6
3. Regulaciones de los niveles de cadmio para los mercados internacionales	7
3.1. Regulaciones de cadmio en los productos derivados del cacao.....	7
3.2. Regulaciones de cadmio en el grano de cacao	10
4. Fuentes de cadmio.....	11
5. Selección de sitio para la siembra de cacao	12
5.1. Características de un buen sitio para la siembra	12
5.2. Ejercicio: cómo seleccionar el sitio de siembra de cacao.....	14

INTRODUCCIÓN

1. ¿QUÉ ES EL CADMIO?

El **cadmio** es un elemento químico que se representa con el símbolo **Cd**. Este existe en forma natural en suelos, agua y sedimentos en cantidades muy pequeñas, conocidas como trazas.

En el suelo está presente con valores menores a 1 miligramo (**mg**) de cadmio por kilogramo (**kg**) de suelo seco (a esta medida, mg kg^{-1} , se le conoce como **ppm** o partes por millón).

1 miligramo por kilogramo = 1 mg kg^{-1} = 1 ppm

Los suelos se forman a partir de rocas que son desintegradas por eventos naturales como la lluvia, el sol, microorganismos y plantas, en largos periodos de tiempo (ver Figura 1).

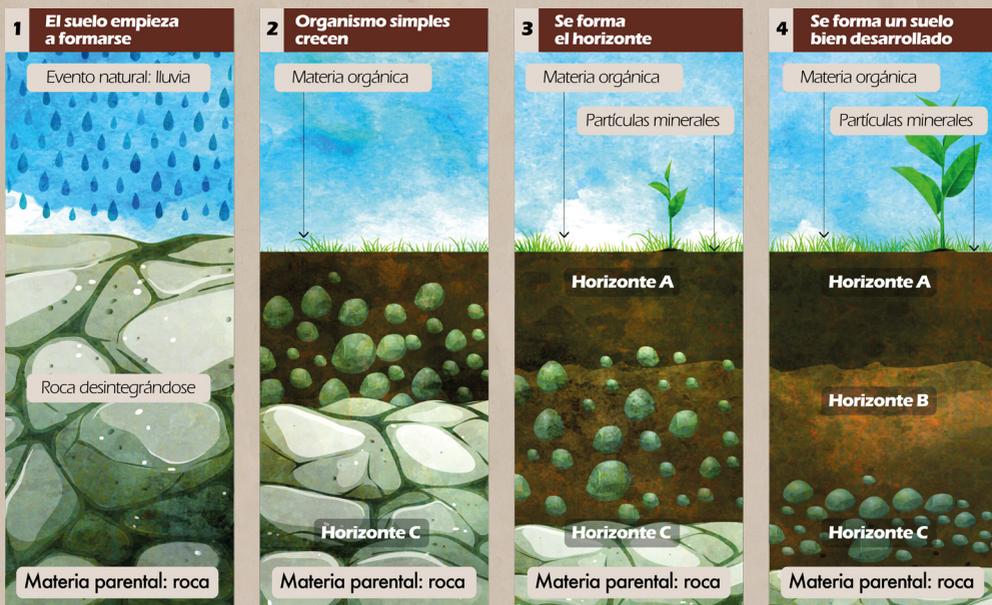


Figura 1. Procesos de formación de suelos

Dependiendo del tipo de *material parental* (la roca que origina el suelo) del cual provenga el suelo, este puede tener un contenido mayor o menor de cadmio. Por ejemplo, las rocas como el esquisto negro o las rocas que provienen de cenizas volcánicas podrían tener más cadmio y originar suelos con más cadmio.

2. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE CONOCER SOBRE LOS CONTENIDOS DE CADMIO EN EL CACAO?

El árbol de cacao puede absorber y acumular cadmio en diferentes partes de la planta como el grano (ver Figura 2), aunque haya pequeñas cantidades de cadmio en el suelo y el agua.

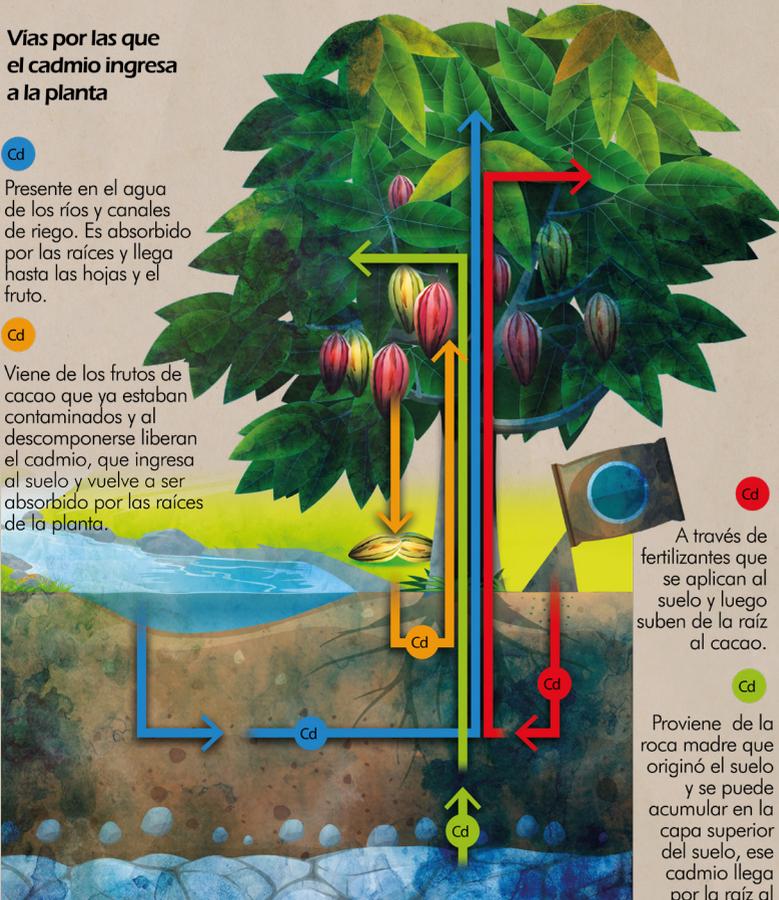
Vías por las que el cadmio ingresa a la planta

Cd

Presente en el agua de los ríos y canales de riego. Es absorbido por las raíces y llega hasta las hojas y el fruto.

Cd

Viene de los frutos de cacao que ya estaban contaminados y al descomponerse liberan el cadmio, que ingresa al suelo y vuelve a ser absorbido por las raíces de la planta.



Nota: En la planta de cacao, las mayores concentraciones de cadmio están en las hojas. Por eso, estas pueden ser una nueva fuente de cadmio para el suelo cuando caen del árbol y se descomponen.

Cd

A través de fertilizantes que se aplican al suelo y luego suben de la raíz al cacao.

Cd

Proviene de la roca madre que originó el suelo y se puede acumular en la capa superior del suelo, ese cadmio llega por la raíz al cacao.

Figura 2. Contenidos de cadmio en la naturaleza y su acumulación en la planta

2.1. IMPORTANCIA PARA LA SALUD

El cadmio puede afectar la salud de los seres vivos, al igual que otros metales pesados. **El cadmio puede acumularse en el organismo humano** (esto se llama *bioacumulación*). Por eso, consumir alimentos con altas concentraciones de cadmio en exceso y por mucho tiempo **puede causar problemas de salud**, particularmente en personas vulnerables como mujeres embarazadas y niños. Este metal afecta principalmente a riñones y huesos (ver Figura 3).



Figura 3. Cómo llega el cadmio del suelo hasta nuestros alimentos (Modificado de Maddela, et al., 2020)

2.2. IMPORTANCIA COMERCIAL Y ECONÓMICA

La Comisión Europea concluyó que el chocolate y el cacao en polvo pueden contener altos niveles de cadmio. Por eso, se definieron **los niveles máximos de cadmio** que pueden tener distintos tipos de chocolates y de cacaos en polvo de venta al público.

Los países que compran cacao o *países importadores de cacao* tienen regulaciones que afectan a muchos productores latinoamericanos. Una gran cantidad de exportaciones de cacao fino de aroma en pepa llegan al mercado europeo y norteamericano.

En el Ecuador hay suelos que contienen más de 1 ppm de cadmio total, el cual es un alto nivel de cadmio y contamina las plantas de cacao. Esto perjudica a los agricultores porque dificulta la venta de granos de cacao que contienen cadmio a un precio justo.



3. REGULACIONES DE LOS NIVELES DE CADMIO PARA LOS **MERCADOS INTERNACIONALES**

3.1. REGULACIONES DE CADMIO EN LOS PRODUCTOS DERIVADOS DEL CACAO

En general, los productos derivados del cacao, como el chocolate (ver Figura 4) se comen en pequeñas cantidades en comparación con otros alimentos básicos, como el arroz. Pero pueden ser consumidos de forma cotidiana por los niños (por ejemplo, como cacao en polvo).

Para reducir la acumulación de cadmio en el organismo de las personas, **la Unión Europea definió niveles máximos permitidos de cadmio** (ver Tabla 1).



Figura 4. Productos derivados del cacao

Tabla 1. Niveles máximos permitidos de cadmio en productos derivados de cacao, vigentes desde el primero de enero de 2019 en la Unión Europea.

PRODUCTO Y SU PORCENTAJE DE CACAO	NIVEL MÁXIMO PERMITIDO (PPM)
Chocolate con leche con un contenido menor al 30 % de materia seca total de cacao	0,10
Chocolate con un contenido menor al 50 % de materia seca total de cacao y chocolate con leche con un contenido mayor o igual al 30 %	0,30
Chocolate con un contenido mayor o igual al 50 % de materia seca total de cacao	0,80
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado, también vendido al consumidor final (por ejemplo, leche caliente con chocolate)	0,60

En el **mercado norteamericano** (otro destino del cacao latinoamericano) aplican el Acuerdo Industrial 65, que indica **los niveles máximos de cadmio en los productos de chocolate** (ver Tabla 2). Los productos que exceden estos límites de cadmio se pueden vender, pero con una etiqueta de advertencia.

Tabla 2. Niveles máximos permitidos de cadmio en productos de chocolate, según el Acuerdo Industrial 65 (San Pin 2.2-1078-01), vigente desde el 19 de febrero del 2018.

PORCENTAJE DE CACAO EN PRODUCTO DE CHOCOLATE	NIVEL MÁXIMO DE CADMIO (PPM)	
	ENTRE 2018 Y 2025	DESDE EL 2025
Menor al 65 %	0,400	0,320
Entre 65 % y 95 %	0,450	0,400
Mayor o igual al 95 %	0,960	0,800



3.2. REGULACIONES DE CADMIO EN EL GRANO DE CACAO

Actualmente, no hay regulaciones de cadmio para el grano de cacao. Las regulaciones actuales se aplican solo a los productos de chocolate.

Aun así, los compradores internacionales toman muestras de los granos que llegan a los puertos desde el exterior para detectar si tienen cadmio. Esto lo hacen para garantizar que los productos que fabriquen con este cacao estén por debajo de los límites máximos de cadmio.

En caso de que los granos de cacao superen **los valores de cadmio fijados en la compra**, los compradores internacionales rechazan el lote. En este caso, el **exportador** (vendedor de otro país) debe pagar los costos de la destrucción del lote, porque es prohibido devolver el grano al país de origen.



4. FUENTES DE CADMIO

El cadmio es un contaminante que se encuentra naturalmente en gran parte de los suelos agrícolas del mundo, pero ciertas prácticas agrícolas o actividades humanas pueden aumentar su concentración en el ambiente (ver Figura 5).

EL CADMIO PUEDE AUMENTAR EN EL SUELO POR:

Geogenética: el tipo de material parental o roca de la que se formó el suelo. Los suelos se forman gracias a actividades volcánicas y eventos naturales como derrumbes o inundaciones.

Actividades industriales: extracción petrolera, minería, agricultura y otras actividades humanas.



Figura 5. Fuentes de cadmio

5. SELECCIÓN DE SITIO

PARA LA SIEMBRA DE CACAO

La productividad y la calidad de grano de cacao dependen de la selección de un buen sitio para el cultivo.

5.1. CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN SITIO PARA LA SIEMBRA

Antes de la siembra, asegúrese que el sitio tenga las condiciones para una mayor productividad de cacao y presente niveles bajos de cadmio en el suelo.

CONDICIONES PARA UNA MAYOR PRODUCTIVIDAD DE CACAO:



ALTITUD

- Debe estar ubicado entre los 0 y 1200 metros.



TEMPERATURA

- Promedio anual entre 18 °C y 26 °C.



LLUVIA

- Entre 1500 y 2500 milímetros de lluvia por año, con un máximo de 3 o 4 meses sin lluvia.



VIENTO

- Velocidades menores a 14 kilómetros por hora.



SUELO

- Profundidad de 0,8 a 1,5 metros.

- Texturas medias: suelos francos, franco-limosos o franco-arcillosos. Evitar los suelos arenosos.
- Nivel *freático* (acumulación de agua subterránea) mayor a 1,5 metros.
- Un pH de 6 a 7.
- Un mínimo de 3 a 5 % de materia orgánica.
- El suelo debe tener 9 partes de carbono por cada parte de nitrógeno (relación carbono/nitrógeno igual a 9).
- Pendiente o inclinación del terreno de 0 % (plano) a 25 % (inclinado).
- Fertilidad alta.

CONDICIONES PARA MENORES NIVELES DE CADMIO EN EL SUELO:

-  Sitios que estén alejados de zonas industriales, rellenos sanitarios, minas, pozos petroleros, carreteras de alta circulación o zonas de agricultura intensiva o pecuaria.
-  Zonas que no se inundan, ni acumulan sedimentos por derrumbes o crecidas de ríos.
-  Sitios en los que su uso anterior y el tipo de fertilizantes no son posibles fuentes de contaminación por agroquímicos.
-  Sitios con suelo negro o marrón oscuro (esto indica que tiene materia orgánica) y de textura franco-arcillosa (ver Figura 7), con baja salinidad sin evidencias de mal drenaje.
-  Sitios que no presentan altos niveles de cadmio en sus resultados de laboratorio (ver página 20 para saber cómo tomar una muestra de suelo para enviar a un laboratorio).

5.2. EJERCICIO: CÓMO SELECCIONAR EL SITIO DE SIEMBRA DE CACAO

PASO 1: Realice mediciones en el lugar de la siembra para saber si tiene las características de un buen sitio para la siembra (ver puntos 1.1 y 1.2).

Materiales:

- Celular o GPS
- Pala o barreno
- Metro (Flexómetro)
- Cuaderno
- Lápiz
- Agua

Procedimiento:

- A.** Descargue una aplicación de mapas que use GPS. Puede hacer uso de Maps.Me que es gratuita y se puede utilizar en sitios sin señal de Internet. Abra la aplicación y mida:
- **Coordenadas** del sitio. Ejemplo: $0^{\circ} 59' 37$ (latitud), $7^{\circ} 48' 46''$ (longitud).
 - **Altitud** del sitio en metros. Ejemplo: *504 metros*.
- B.** Investigue la historia del uso del suelo y **manejo agronómico** (el uso de agroquímicos en el sitio) y anótelo en la Tabla 4.
- C.** Identifique las zonas de pendientes, planicies, colinas, áreas inundables y donde se acumulan sedimentos **aluviales** (formados o depositados por corrientes de agua), y **coluviales** (materiales depositados en las partes bajas de las laderas), y realice un **croquis** o dibujo del sitio.

- D.** Con una pala o barreno y un metro, cave un hoyo y mida la **profundidad del suelo** en centímetros, y cuente el número de **capas** (las franjas de diferentes colores que forman el suelo) como muestra la Figura 6.

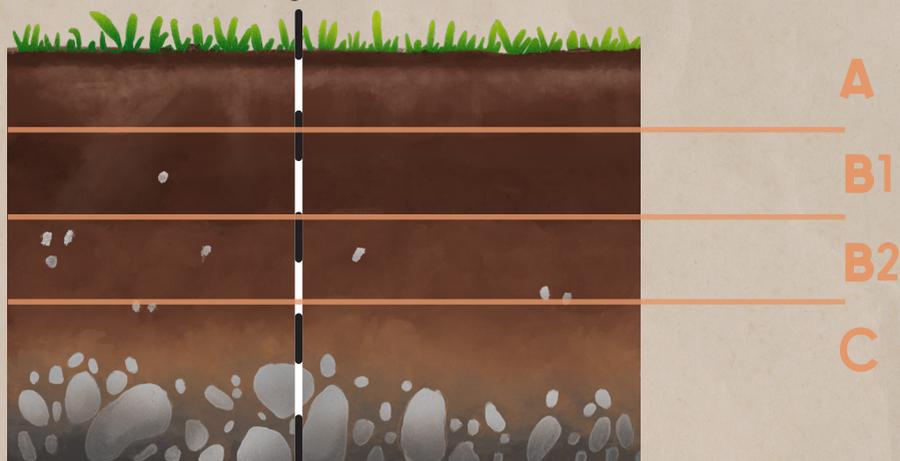


Figura 6. Medida de profundidad del suelo y capas de suelo

- E.** Revise la calidad del **drenaje** (ver Tabla 3).

Tabla 3. Tipos de drenaje en suelos

TIPO DE DRENAJE	CARACTERÍSTICAS
Imperfectamente drenado	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo mojado durante largo tiempo después de las lluvias
Escasamente drenado	<ul style="list-style-type: none"> • El suelo se encuentra encharcado en el fondo
Bien drenado	<ul style="list-style-type: none"> • Las capas de abajo son de colores vivos, con tonalidades rojizas o amarillentas, sin manchas rojas, amarillas o verde-azuladas, propias de suelos con mal drenaje
Excesivamente drenado	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo húmedo solo durante la lluvia • Suelos poco desarrollados • Suelos muy porosos

F. Estime la **textura** aproximada o los contenidos de arena y arcilla sintiendo el suelo con las manos, utilizando un poco de agua (ver Figura 7).



Suelo arenoso

Cuando al agregar agua, no se puede formar una bola.

Suelo limoso

Cuando se forma la bola, pero se rompe y no se pega a la mano.

Suelo arcilloso

Cuando se moldea fácilmente y se pega a la mano.

Figura 7. Cómo conocer la textura del suelo

G. Identifique la **cercanía a fuentes de cadmio** naturales y de origen humano (ver Figura 5), como actividad volcánica, minería, industria, agricultura y/o actividades pecuarias intensivas.

H. Verifique si hay **fincas de cacao vecinas** y pregunte sobre su manejo y si ellos han realizado análisis de cadmio en el grano de cacao.

PASO 2: Registre la información que recolectó en todos los pasos anteriores como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Ejemplo de tabla de registro

MEDICIONES	INFORMACIÓN OBTENIDA EN CAMPO	NO ES APTO Y SÍ HAY RIESGO	SÍ ES APTO Y NO HAY RIESGO
a. Coordenadas / altitud	Latitud: -0,1650123 Longitud: -78,4619723 1250 m	X (Mucha altitud)	
b. Historia de uso / manejo agronómico	Está en una zona de bosque secundario y pasto. Se aplicó fertilizante fosfórico antes	X (Se usó fertilizante)	
c. Número de zonas / características	Tiene 2 zonas Zona 1 es plana y zona 2 es pendiente leve		X
d. Profundidad del suelo y número de capas	Zona 1: 103 cm de profundidad, 3 capas Zona 2: 50 cm de profundidad, 2 capas	X (Zona poco profunda)	X (Zona 1 apta)
e. Textura	Franco-arcillosa		X
f. Fuente natural / humana	Volcán Antisana (fuente natural). No hay fuente humana	X (Cerca volcán)	
g. Fincas de cacao/ han analizado cadmio	No hay fincas cerca	(No se pudo analizar)	(No se pudo analizar)

PASO 3: Reúna información adicional por Internet.

- A.** Con las coordenadas de ubicación (PASO 1, punto a.) ingrese a los mapas del MAG en <http://geoportal.agricultura.gob.ec/> (ver Figura 9) y confirme que el sitio **no esté cerca de áreas con más de 0,8 ppm** de cadmio en la almendra.

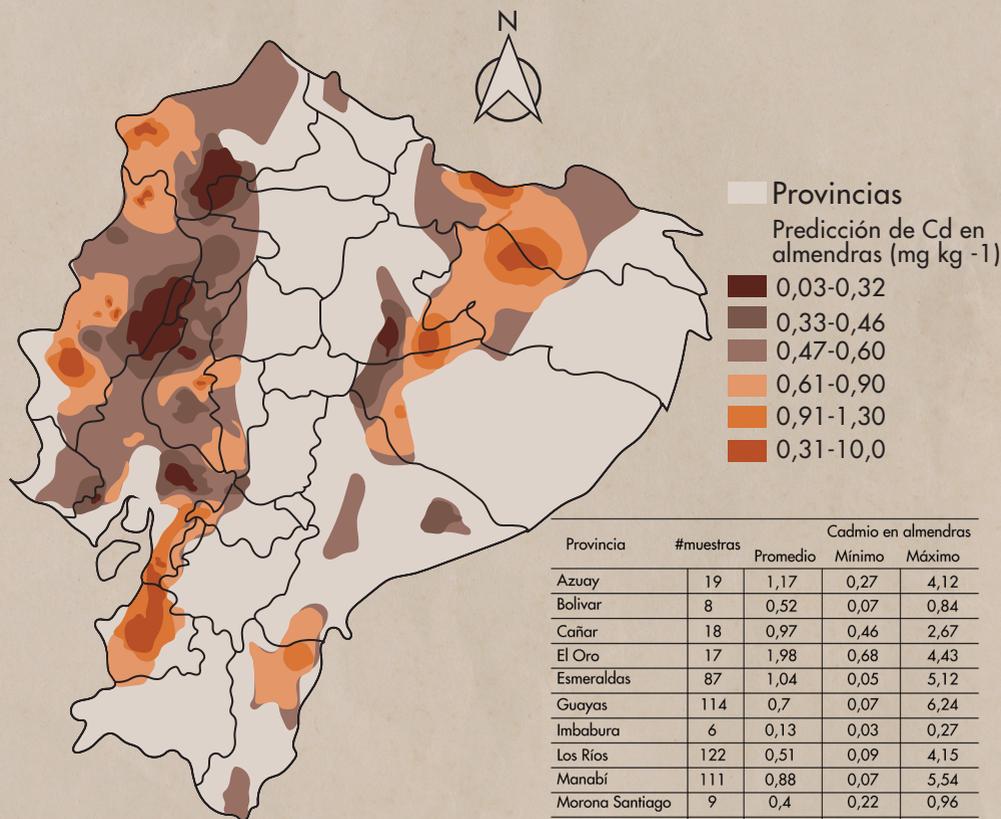


Figura 9. Mapa de contenidos de cadmio en las almendras de cacao de zonas cacaoteras del Ecuador. Fuente: Argüello et al. (2019).

- B.** Con las coordenadas (PASO 1, punto a.), entre a la página web <http://geoportal.agricultura.gob.ec/> y siga estos pasos:

- Dé clic en la pestaña “Temáticas” del menú a la izquierda de la página.
- Elija “Zonificaciones agroecológicas”.
- Seleccione “Zonificaciones agroecológicas de cacao 1:25.000” para visualizar el mapa de zonificación agroecológica (ver Figura 10).
- Revise que el sitio para el cultivo **no** esté en la zona “No apta” que indica el mapa.

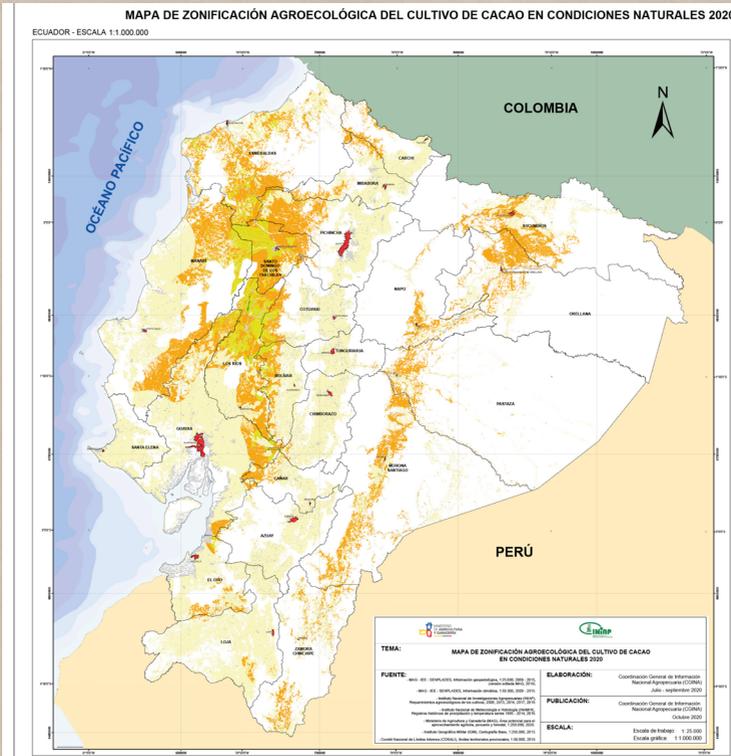


Figura 10. Mapa de Zonificación Agroecológica de Cacao 1:25.000. Fuente: MAG (2020).

- C.** Si el sitio tiene un nivel de cadmio **mayor a 0,8 ppm** (ver punto a.) y está cerca de la zona **“No apta”** (ver punto b.), utilice el terreno para otro cultivo.
- D.** Si el sitio está en la zona **“Moderada”** u **“Óptima”**, tome muestras de suelo (ver PASO 4) y envíelas a un laboratorio que analice cadmio para confirmar la concentración.

Nota: También se recomienda enviar muestras de almendras de cultivos de cacao vecinos y muestras de agua para riego (ver Figura 11), si la cantidad de lluvia o precipitación anual es menor a 1500 milímetros.

TOMA DE MUESTRAS

Tomar de 2 a 3 mazorcas

Recolectar varias hojas

Extraer 500 g de suelo a 30 cm de profundidad, alrededor del árbol

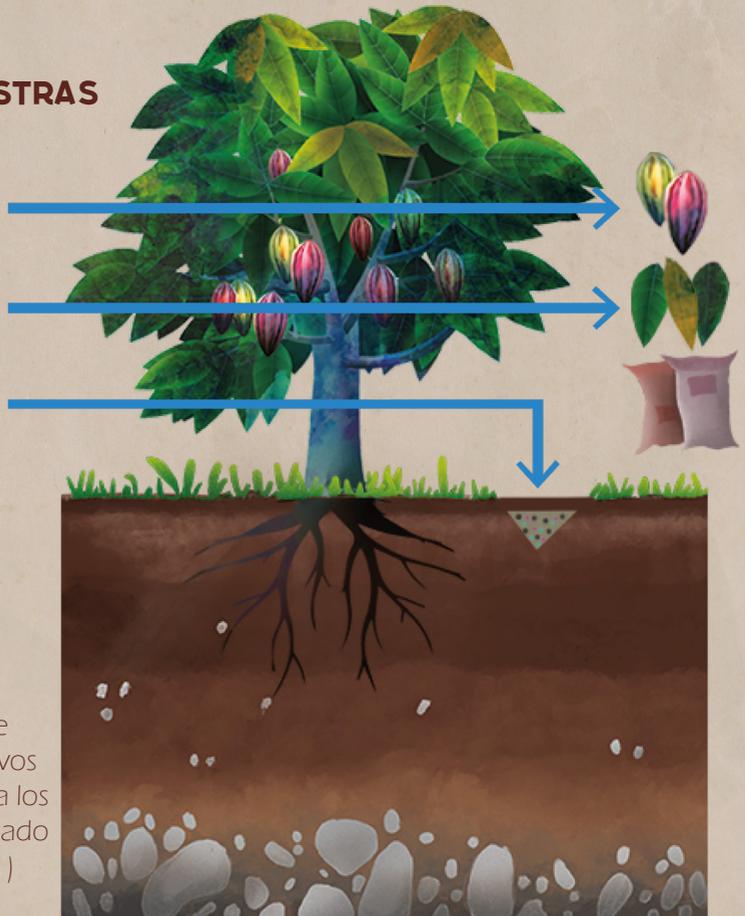


Figura 11. Toma de muestras en los cultivos vecinos para enviar a los laboratorios (Modificado de Bravo, et al., 2021)

PASO 4: Tome muestras de suelo en el sitio (ver Figura 12).

Materiales:

- Pala



- Fundas plásticas



- Un balde



- Cinta masking



- Hojas de papel



- Marcador permanente



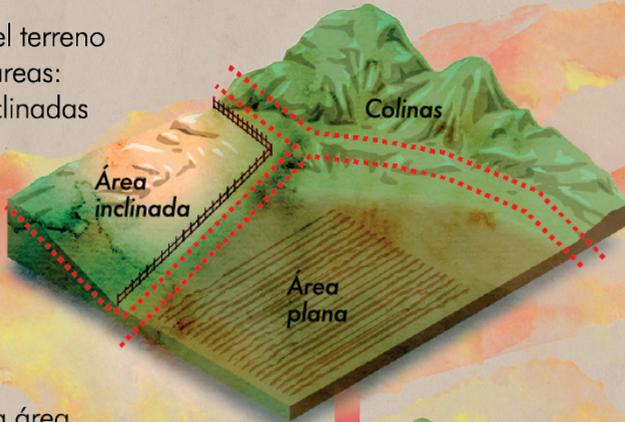
- Lápiz



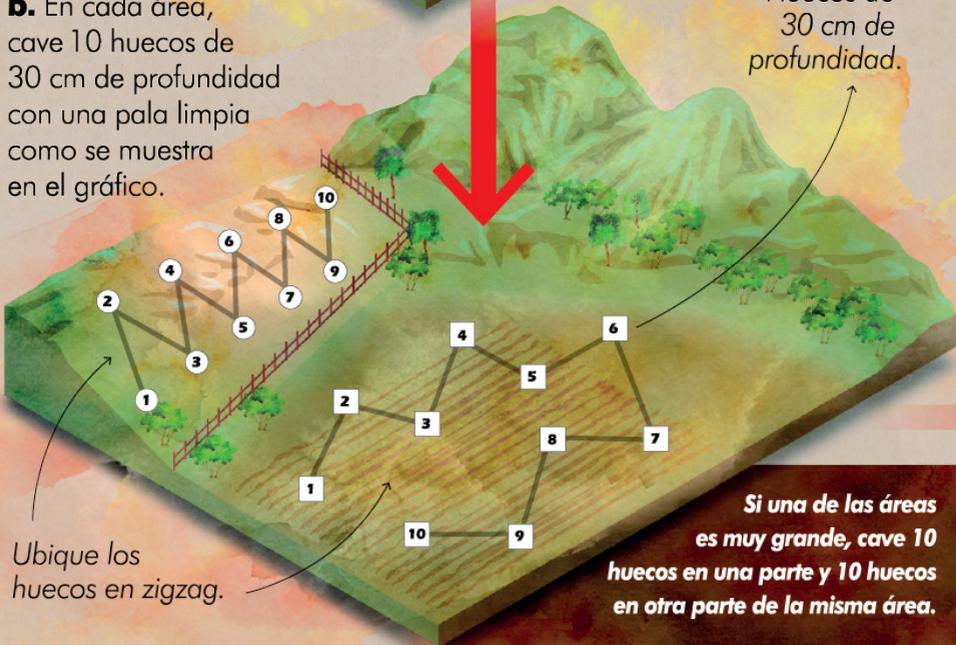
Procedimiento:

Recogida de muestras

a. Divida el terreno en varias áreas: planas, inclinadas y colinas.



b. En cada área, cave 10 huecos de 30 cm de profundidad con una pala limpia como se muestra en el gráfico.



Ubique los huecos en zigzag.

Si una de las áreas es muy grande, cave 10 huecos en una parte y 10 huecos en otra parte de la misma área.



c. Mezcle bien todas las muestras de una misma área en el balde para formar una muestra compuesta (muestra formada de varias submuestras diferentes).

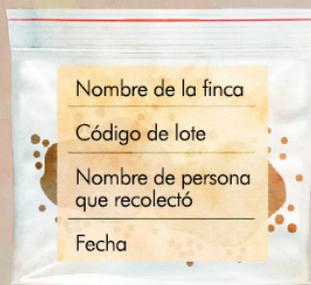


d. Coloque 1 kilogramo de esta muestra compuesta en una funda plástica limpia. Repita este proceso para cada área.



Tome una muestra del fondo de cada hueco.

e. Con la cinta masking y el marcador permanente, etiqueta la funda con estos datos:



Si una de las áreas es muy irregular, tome muestras en la zona plana y muestras en las diferentes zonas inclinadas, para comparar estas superficies.

Figura 12. Cómo tomar muestras de suelo de un cultivo de cacao para enviar al laboratorio

PASO 5: Envíe su muestra a un laboratorio para realizar los análisis.

F. Antes de enviar la muestra de suelo, elija un laboratorio que esté registrado en Agrocalidad. Esto se puede verificar en https://www.agrocalidad.gob.ec/?page_id=40612. También se puede elegir un laboratorio que tenga una acreditación nacional, como la del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), o una acreditación internacional.



G Pida al laboratorio estos análisis:

- Contenidos totales de cadmio
- pH
- Textura del suelo
- Nitrógeno
- Fósforo, potasio, zinc y contenidos de materia orgánica. Para las almendras y el agua, solicitar análisis de cadmio total.



PASO 6: Concluya si el sitio es apto para el cultivo de cacao y si hay riesgo de acumulación de cadmio.

SIEMBRA EN NUEVOS SITIOS



Después de hacer las mediciones (PASO 1 y PASO 2), el sitio tiene las características de un buen sitio para la siembra de cacao.

No tiene las características



De preferencia, usar el sitio para otro cultivo.



Sí tiene algunas o todas las características



Después de reunir información en internet (PASO 3), el sitio está en una zona "Apta" para la siembra de cacao.

Nivel de cadmio en el suelo menor a 0,23 ppm.

El pH es:

Menor a 6

Mayor a 6

Conseguir ayuda de un técnico para subir el pH.

Sembrar.

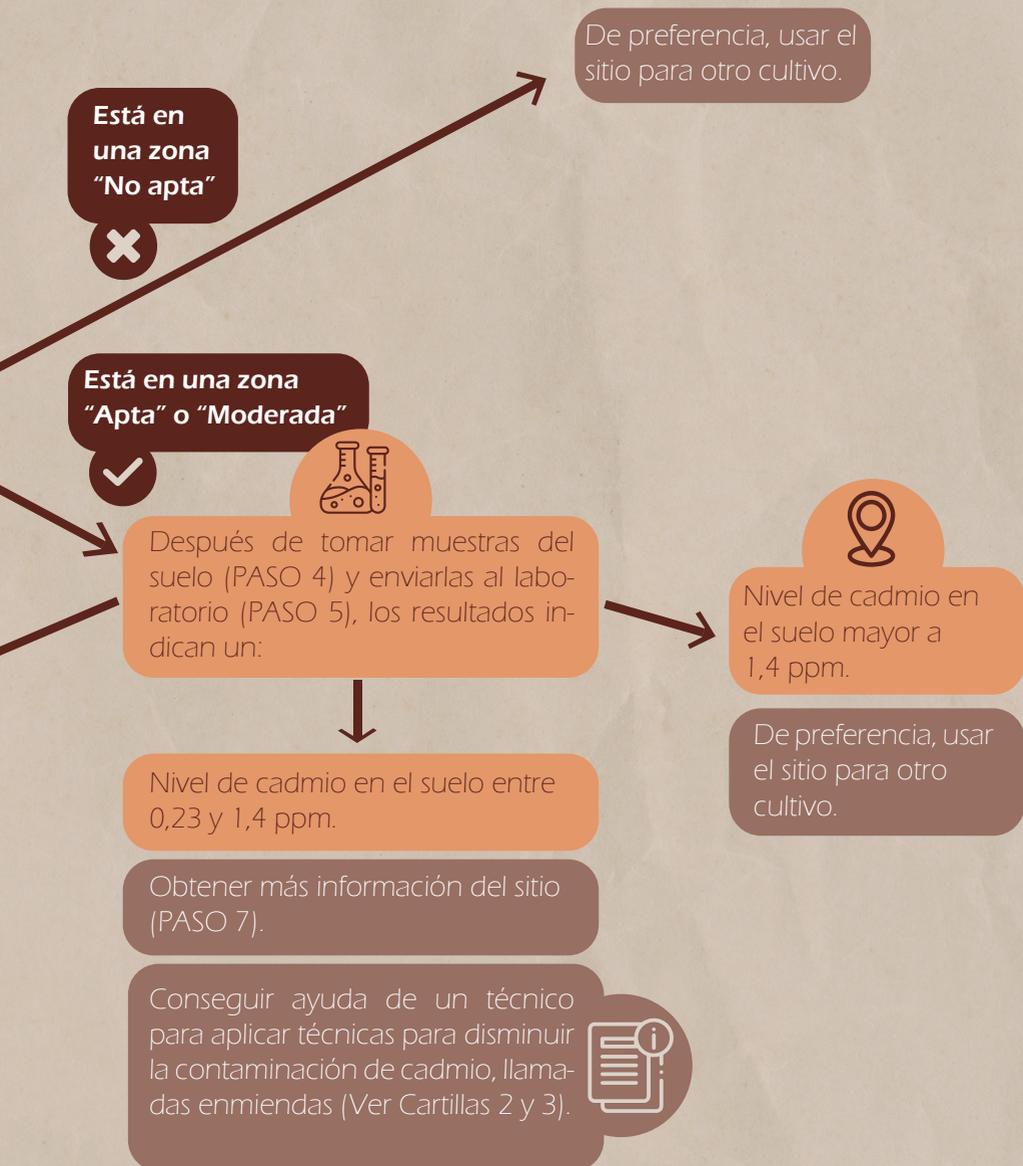


Figura 13. Mapa conceptual de siembra de nuevas áreas

PASO 7: Obtener más información del sitio si los niveles están entre 0,23 y 1,4 ppm.

A. Si los niveles están entre **0,23 y 1,4 ppm**, se debe buscar ayuda de un profesional para analizar las técnicas para disminuir el cadmio, llamadas **enmiendas**. Y se recomienda obtener esta información sobre el sitio, **antes de la siembra**:

pH

- Si el suelo tiene un pH menor a 6, aumentará el riesgo de transferencia del cadmio del suelo a las plantas de cacao.
- Si el pH del suelo es mayor a 6, se reduce la absorción y posterior acumulación de cadmio en la planta de cacao.

Materia orgánica

- Idealmente, el suelo debe contener alrededor de 5 % de materia orgánica. Esto disminuye la cantidad del cadmio en la planta.

Textura

- En suelos franco-arcillosos, la disponibilidad de cadmio es mayor que en suelos arenosos.

Capacidad de intercambio catiónico

- Es la capacidad del suelo de retener cationes (iones con carga eléctrica positiva), por ejemplo, calcio, potasio, cadmio, etc.
- Cuando aumenta la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de cadmio disminuye.

Salinidad

- Los suelos con alta **salinidad**, es decir, que tienen altos contenidos de sales (especialmente cloruro), aumentan la disponibilidad de cadmio en el suelo.

Niveles de varios elementos

- Revise los niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y hierro (Fe).
- Las plantas en suelos con bajos contenidos de zinc (Zn), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn) y hierro (Fe) absorben más cadmio.

Agua de riego

- El agua para riego debe estar libre de cadmio y tener bajos contenidos de cloruros, sulfatos y otros contaminantes en general.

CARTILLA 1



Para mayor información:

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador
Dirección: Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas
Código postal: 170516 / Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2-396-0100



PROGRAMA
CADENAS DE VALOR



Implementada por
giz
Gruppen der Internationalen
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH