



Colección de cartillas
sobre cadmio en cacao

Cartilla 1

¿Qué es
el **cadmio**
y por qué es
importante
en el **cultivo**
de **cacao**?

¿Qué es el cadmio y por qué es importante en el cultivo de cacao / Daniel Bravo [y otros doce] – Bogotá (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

28 páginas (Colección 001)

Incluye fotos, gráficos, tablas

ISBN E-book: 978-958-740-454-8

1. Cadmio 2. *Theobroma cacao* 3. Cultivo 4. Análisis del suelo 5. Salud 6. Comercialización.

Palabras clave normalizadas según Tesouro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

¿Qué es el cadmio y por qué es importante en el cultivo de cacao?

ISBN digital: 978-958-740-454-8

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Centro de Investigación Tibaitatá, kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Cundinamarca. Código postal: 250047, Colombia.

Esta publicación es resultado de una alianza entre AGROSAVIA, Fedecacao, CasaLuker, la Universidad EAFIT, la Universidad de Medellín, la Institución Universitaria Pascual Bravo y la Universidad de Santander (UNDES), que permitió articular a un grupo interdisciplinario de investigadores y profesores, representantes de cada institución mencionada. Este es un trabajo fruto de varias reuniones donde las ideas y conocimientos de los participantes fueron plasmados tanto en las artes gráficas como en los esquemas y contenido del texto. Esta obra es una contribución a la Estrategia Nacional de Cacao capítulo inocuidad, desarrollada en el marco del Programa Colombia + Competitiva, una iniciativa conjunta de la Embajada de Suiza en Colombia - Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y el Gobierno Nacional. La Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico - Swisscontact es el facilitador nacional del Programa.

Primera edición, Bogotá, Colombia, febrero de 2021

Autores

Daniel Bravo
Clara León-Moreno
Ruth Quiroga
Annie Zamora
Edwin Gutiérrez
Edith Moreno
Diannefair Duarte
Adriana Aristizábal
Catalina Arroyave
Lorena Cardona
Hugo Olarte
Maria Luisa Orozco
Beatriz Guerra-Sierra

Instituciones y representantes de investigación

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Dr. Rodrigo Martínez
Director de Investigación

Darwin Martínez
Gestor Innovación Cacao

Federación Nacional de Cacaoteros, Fedecacao – Fondo Nacional del Cacao

Oscar Darío Ramírez
Director de Investigación

Swisscontact

Claudia Cuervo
Coordinadora

Universidad EAFIT

Dr. Mauricio Perfetti Del Corral
Vicerrector de Descubrimiento y Creación

Universidad de Medellín

Dra. Luz Doris Bolívar Yepes
Vicerrectora de Investigaciones

Institución Universitaria

Pascual Bravo
Dra. Érica Mejía Restrepo
Directora Administrativa, Dirección de Tecnología e Innovación

CasaLuker

Francisco Gómez
Vicepresidente Compras Estratégicas y Desarrollo Agrícola

Universidad de Santander UDES Vicerrectoría de investigaciones

Fabiola Aguilar Galvis
Vicerrectora de investigaciones

Mónica Dueñas
Difusión del material y apoyo
coordinacióngrupos@udes.edu.co

DOI

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404548>

Preparación Editorial

Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Líder Editorial - AGROSAVIA

Punto aparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Dirección editorial

Andrés Barragán

Corrección de estilo

Juan Mikán

Dirección de Arte

Andrés Álvarez

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Ilustraciones

Sebastián Calderón
Daniel Bravo
Lorena Cardona
www.shutterstock.com

Fotografías

AGROSAVIA.
www.shutterstock.com

Citación sugerida

Bravo, D., León-Moreno, C., Quiroga, R., Zamora, A., Gutiérrez, E., Moreno, E., Duarte, D., Aristizábal, A., Arroyave, C., Cardona, L., Olarte, H., Orozco, M.L., Guerra-Sierra, B. (2021). *¿Qué es el cadmio y por qué es importante en el cultivo de cacao?* Swisscontact.

Cláusula de responsabilidad

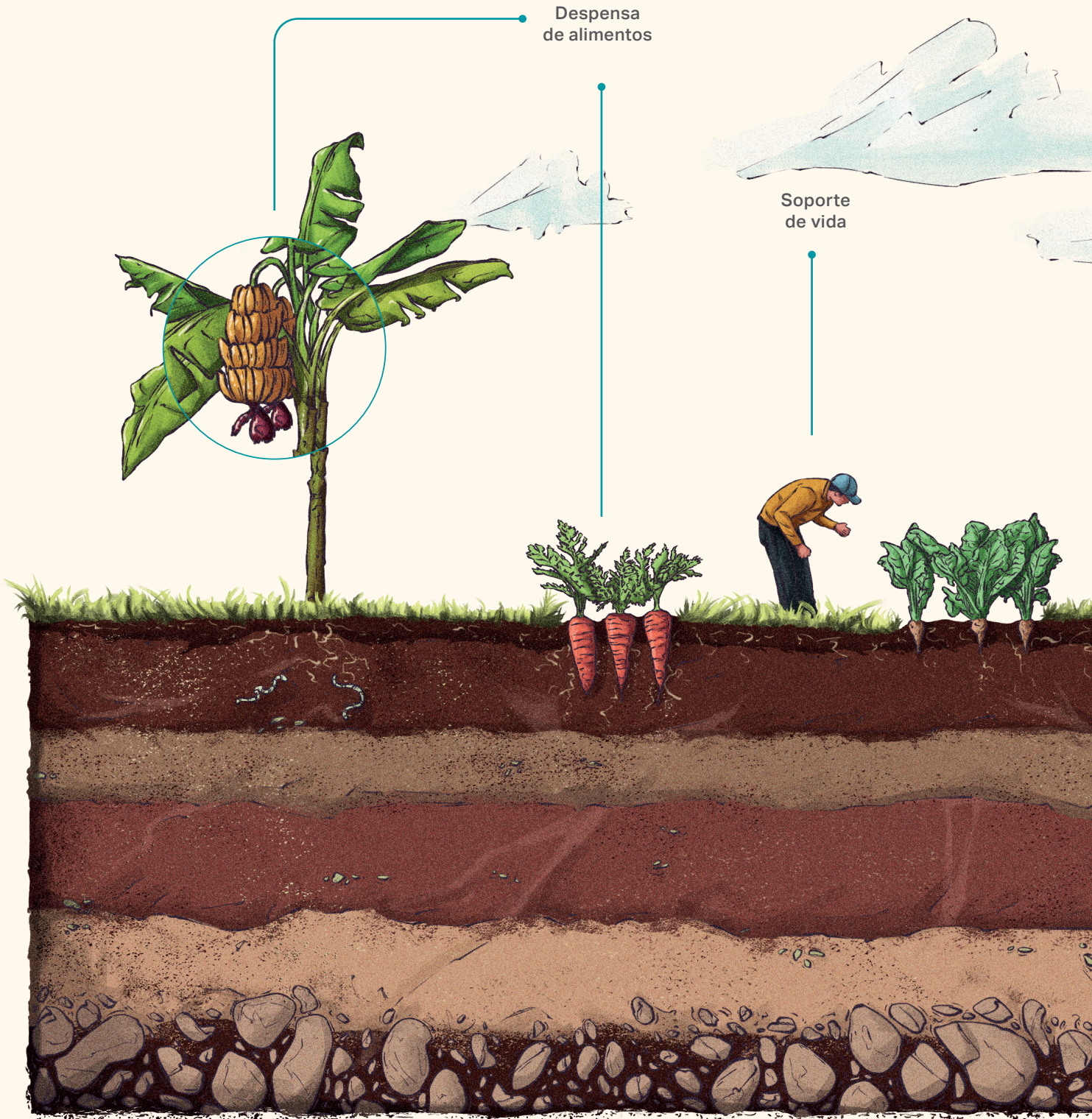
Las instituciones representadas por los autores y Swisscontact no son responsables de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



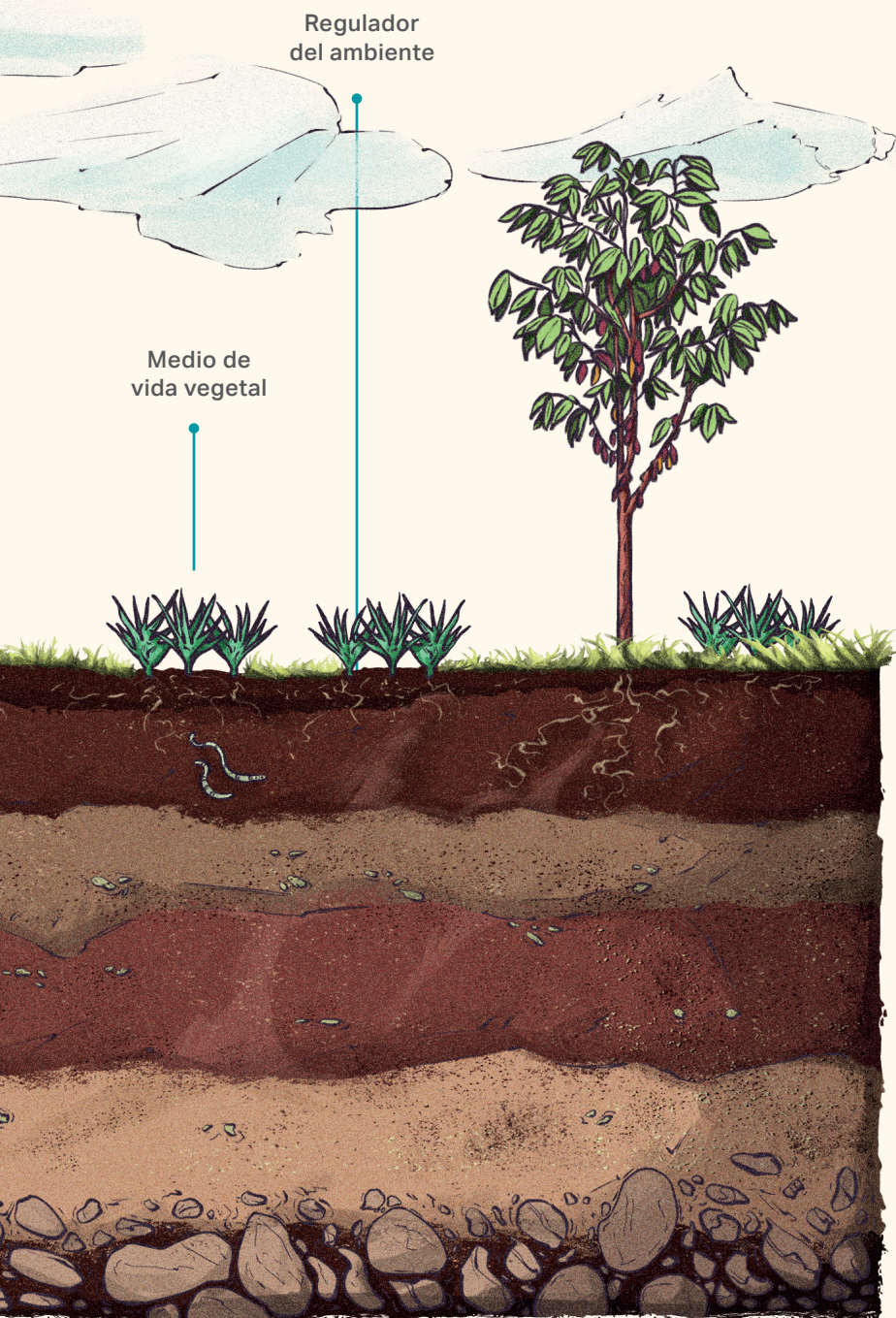
Cartilla 1. ¿Qué es el cadmio y por qué es importante en el cultivo de cacao?

Esta serie de cartillas son importantes para el cacaocultor porque muestran varios aspectos que se deben tener en cuenta en el cultivo de cacao para la prevención y reducción de cadmio. **La primera cartilla** aborda los conceptos básicos, definiendo el cadmio y explicando su presencia en la naturaleza y su origen. También se describe cómo este elemento afecta la salud humana, cuál es la normativa internacional sobre el cadmio en el cacao y los criterios de manejo de cadmio en la industria cacaotera. **La segunda cartilla** presenta los aportes de investigación y desarrollo de varias instituciones en Colombia por mitigar o disminuir la presencia de cadmio en el cacao y aborda temas como fertilización, enmiendas y microorganismos. Por último, **la tercera cartilla** da cuenta del plan de acción del Gobierno nacional y de todas las instituciones que de alguna manera están trabajando de forma unida y alineada con otros actores de la cadena para ir mejorando la problemática de la presencia de cadmio en algunos sitios de Colombia.





El suelo



El suelo es nuestra principal despensa de alimentos. Allí se encuentran nutrientes, minerales y otros elementos químicos, como el **cadmio**. En esta cartilla vamos a ver que, para conocer si el suelo de la finca de cacao tiene cadmio, hay que hacer algunos análisis de laboratorio.

En adelante, cada vez que hablemos de cadmio encontrarás su abreviación: **Cd**.

¿Qué hay en nuestro suelo?

El análisis del suelo es una herramienta útil para conocer necesidades de abonado y aplicación de enmiendas.



1

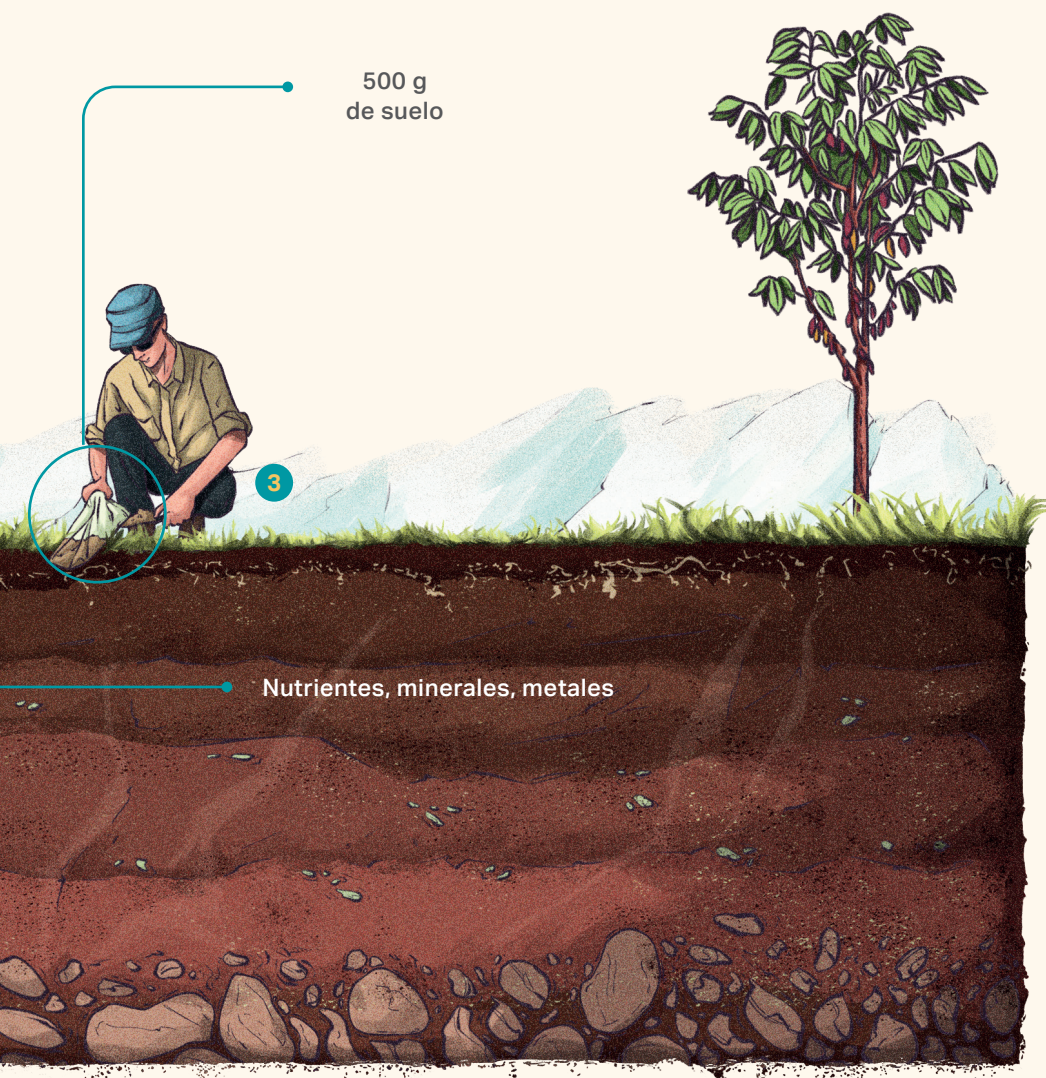
Realizar hoyo
de 35 cm de
profundidad

2

Mezclar las
submuestras
de suelo

3

Enviar a laboratorio
para análisis



- El Cd puede causar efectos indeseables en cualquier ser vivo, aun en bajas concentraciones originadas en fuentes naturales (como la formación del suelo o la tierra) o por actividades humanas (como la minería o la explotación petrolífera).
- Es importante hablar de la presencia de Cd porque los seres vivos acumulamos este metal. En el caso del cacao, la planta lo acumula en hojas, raíces, tallo y granos.



- El Cd es un elemento químico que hace parte de la naturaleza y se encuentra en los suelos agrícolas del mundo.
- Para evitar que los niveles de Cd en humanos afecten negativa e irreparablemente su salud, toda la cadena de valor de los cultivos agrícolas donde se acumule Cd debe aplicar medidas de prevención o mitigación para mantener su cantidad en niveles seguros.

¿Qué se mide cuando se habla de cadmio?



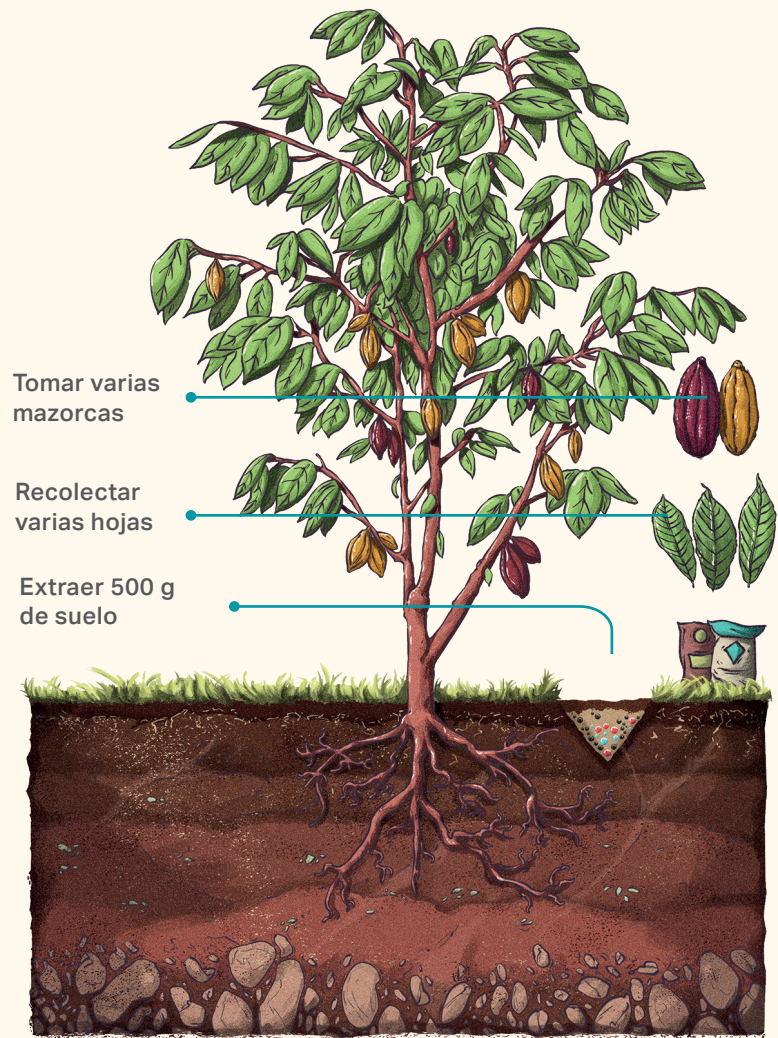
10

Se mide el contenido de Cd. La unidad es concentración en miligramos (**mg**) de Cd por 1 kilogramo (**kg**) del material que se esté midiendo (por ejemplo, suelo, o granos de cacao fermentado y seco).

Esta unidad de mg por kg también se suele expresar como "parte por millón" (**ppm**).

Ejemplo: 1 mg de Cd en 1 kg de suelo es igual a 1 ppm.

Toma de muestras



¿Todos los humanos consumimos la misma cantidad de chocolate?

¿Cómo se mide el cadmio en nuestros cultivos?

→ Análisis en laboratorio

Procesamiento de muestras en laboratorio

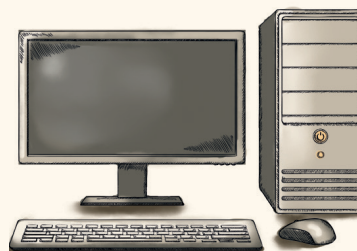
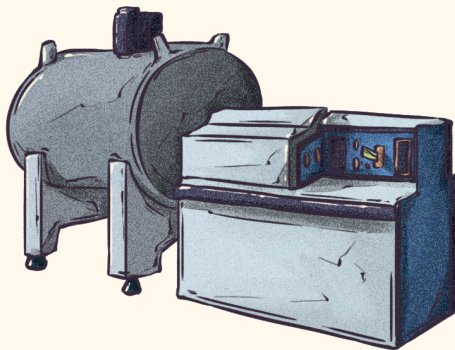
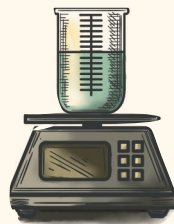
Hojas



Granos



Suelo



Un colombiano promedio consume **1 kg** de cacao en chocolate al año.

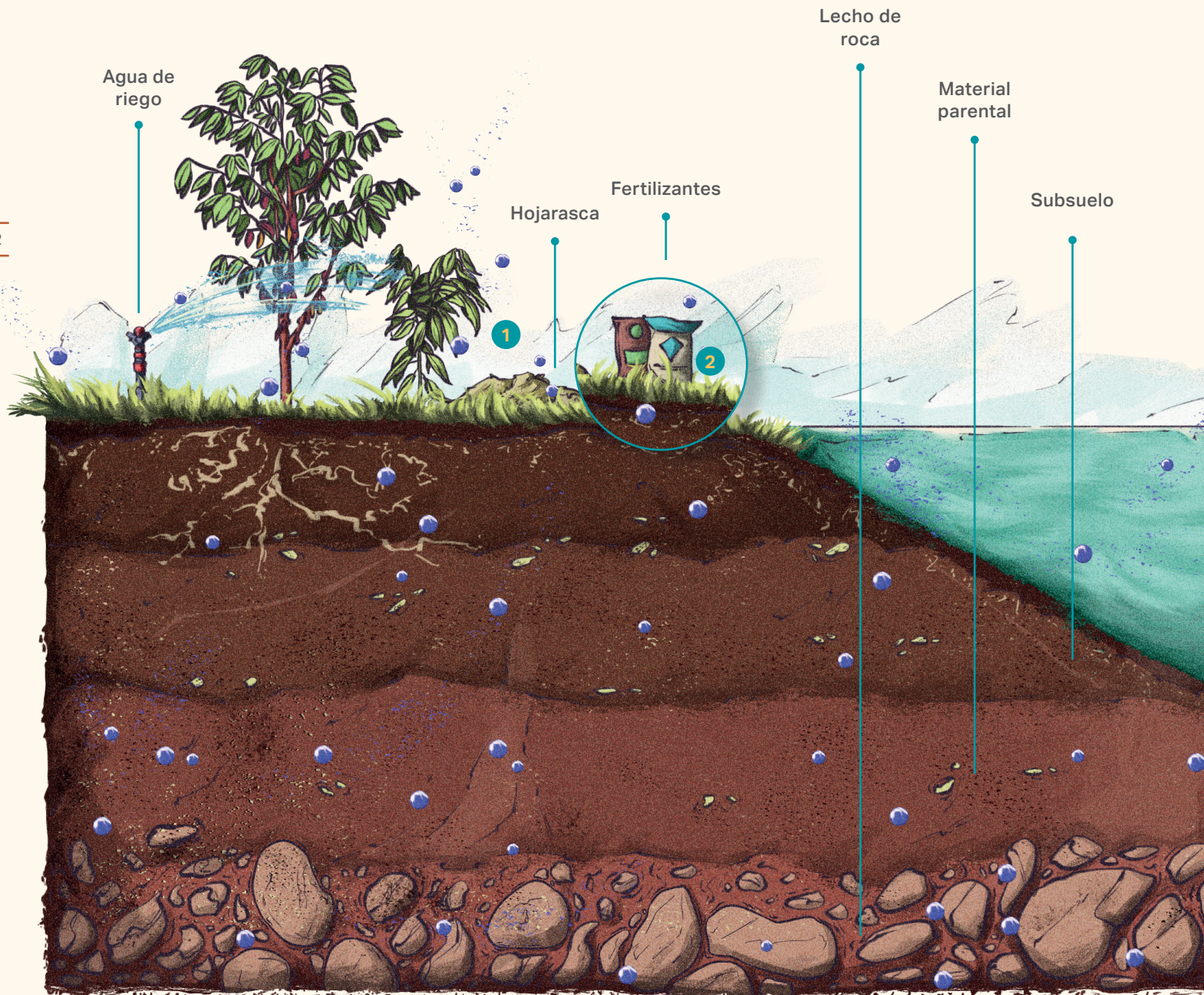
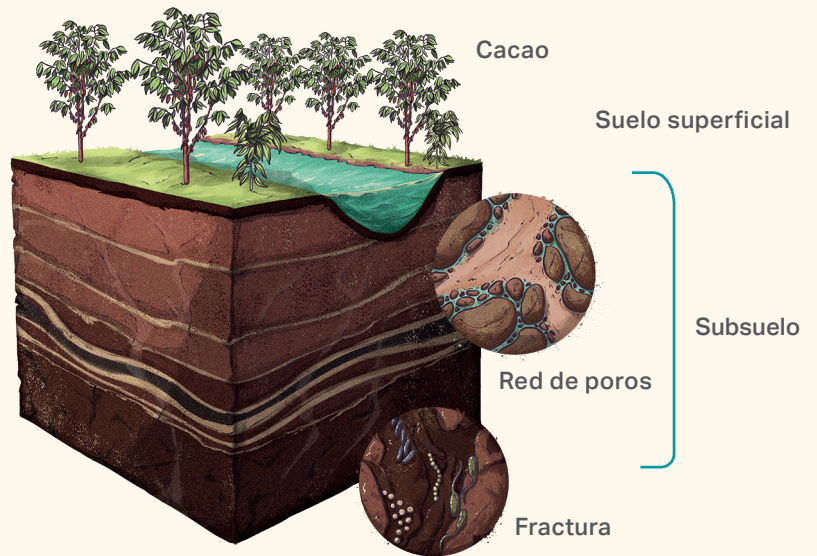


Un alemán promedio consume **10 kg** de cacao en chocolate al año.



¿Cuál es el origen del cadmio?

Se ha encontrado que el Cd puede originarse por la formación del suelo hace millones de años.



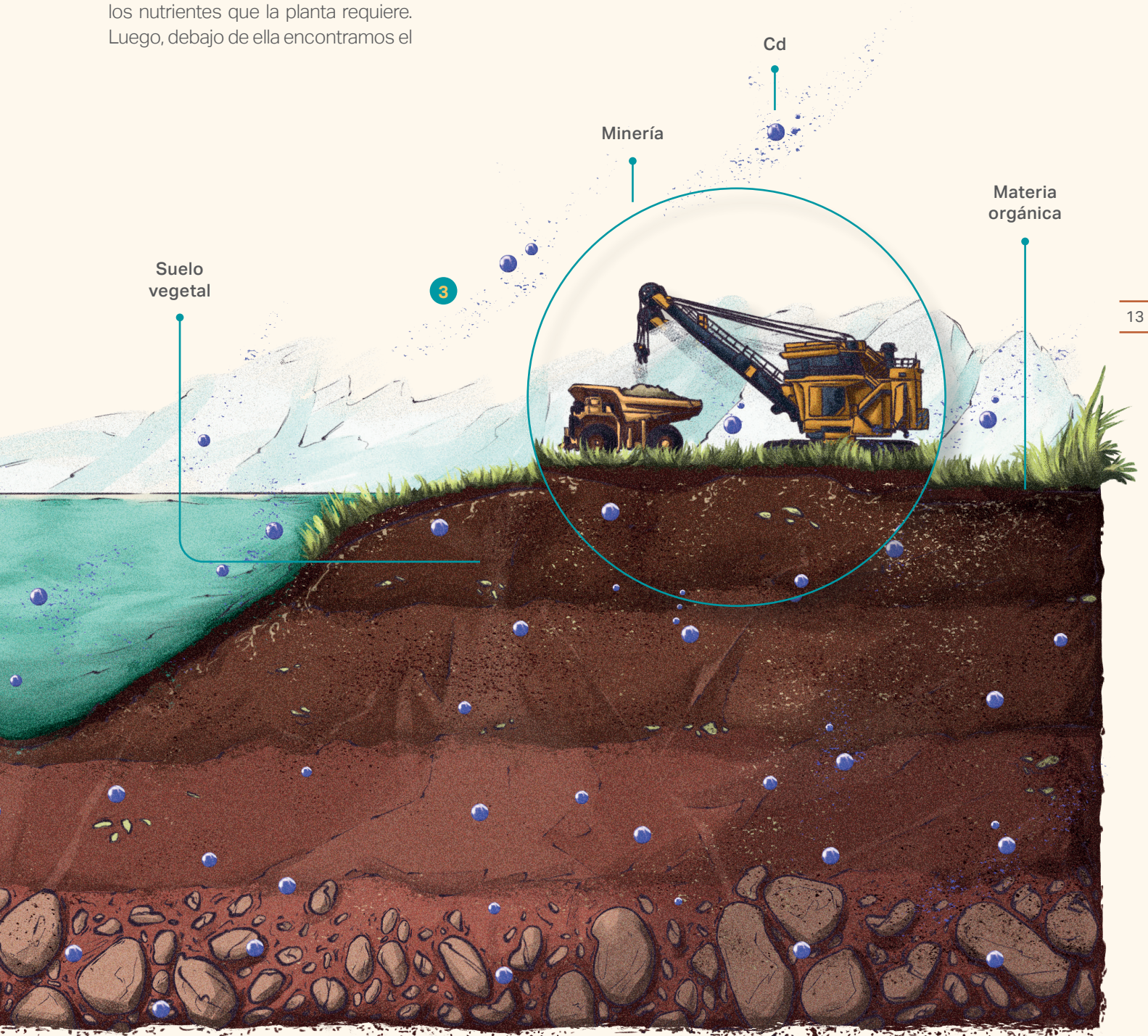
Su presencia depende de la roca que dio origen a la cordillera o al suelo. Asimismo, una falla geológica, el movimiento de la tierra, el clima y lo que pase alrededor también son responsables de que hallemos este elemento en un cultivo.

En un suelo cultivado interactúan muchos procesos al mismo tiempo. Lo que llamamos capa cultivable o capa arable (primeros 30 cm del suelo) es la responsable de contener y entregar los nutrientes que la planta requiere. Luego, debajo de ella encontramos el

llamado "subsuelo", que influye directamente en la composición y formación de la anterior capa. En algunas regiones de Colombia este subsuelo puede ser rico en metales pesados como el Cd.

De igual forma, diferentes actividades humanas, como el uso de agroquímicos y la minería cercana al cultivo, también pueden ser fuente de Cd en los cultivos en algunos sitios.

- 1 La hojarasca puede contener Cd que pasa al suelo
- 2 Puede haber Cd en algunas enmiendas (biosólidos) y algunos fertilizantes.
- 3 Hay Cd en el aire por la quema de basuras, de combustibles y por el cigarrillo

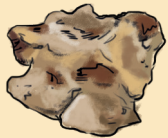


¿Cuáles son las fuentes de cadmio?

Origen del suelo



Actividad volcánica



Roca fosfórica

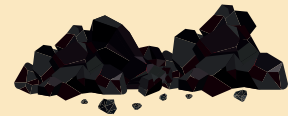


Roca madre

Actividades humanas



Fertilizantes fosfatados y nitrogenados



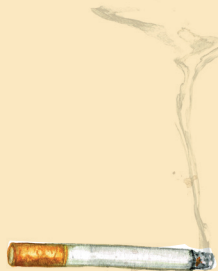
El carbón y otros combustibles fósiles



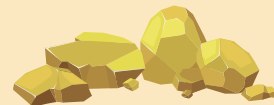
Animales



Lodos residuales y estiércol



Humo de tabaco



Minería de zinc, cobre, plomo, oro, plata y otros metales

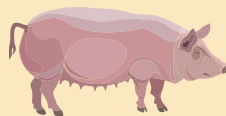
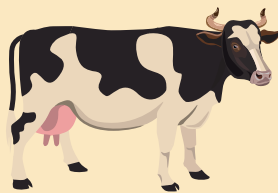
¿El cadmio solo está presente en el cacao?

No. El Cd está presente en alimentos de origen vegetal y animal que consumen el ser humano y otros animales.



0,1 ppm

Reglamento UE No. 488/2014



0,050 ppm

Reglamento UE No. 488/2014



0,20 ppm

Reglamento UE No. 488/2014

- Garantizar que estos niveles de Cd no sean tóxicos en los alimentos en Colombia es responsabilidad del Invima y del Ministerio de Salud.

- Los niveles de Cd en los alimentos afectan de manera diferente a los humanos de cada país porque el consumo de alimentos en cantidad y tipo varía mucho entre estas poblaciones.

- Cada país, dependiendo de su dieta y de los consumos promedio de alimentos, define sus propios límites de Cd. Por esto las legislaciones de la Unión Europea (UE), Japón, Estados Unidos y Mercosur pueden tener valores diferentes de Cd en los mismos alimentos.



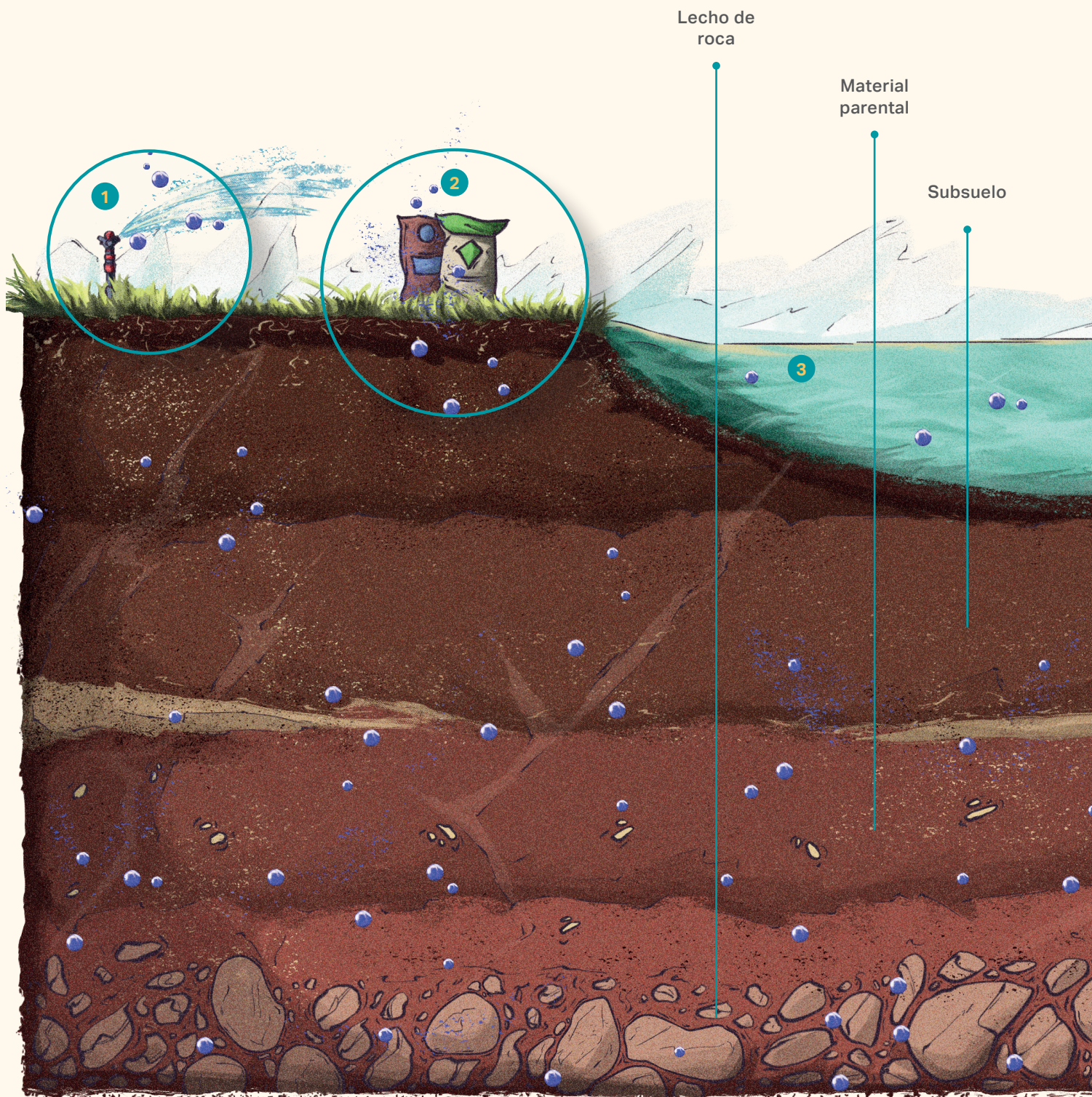
1
El agua de riego
puede contener
Cd

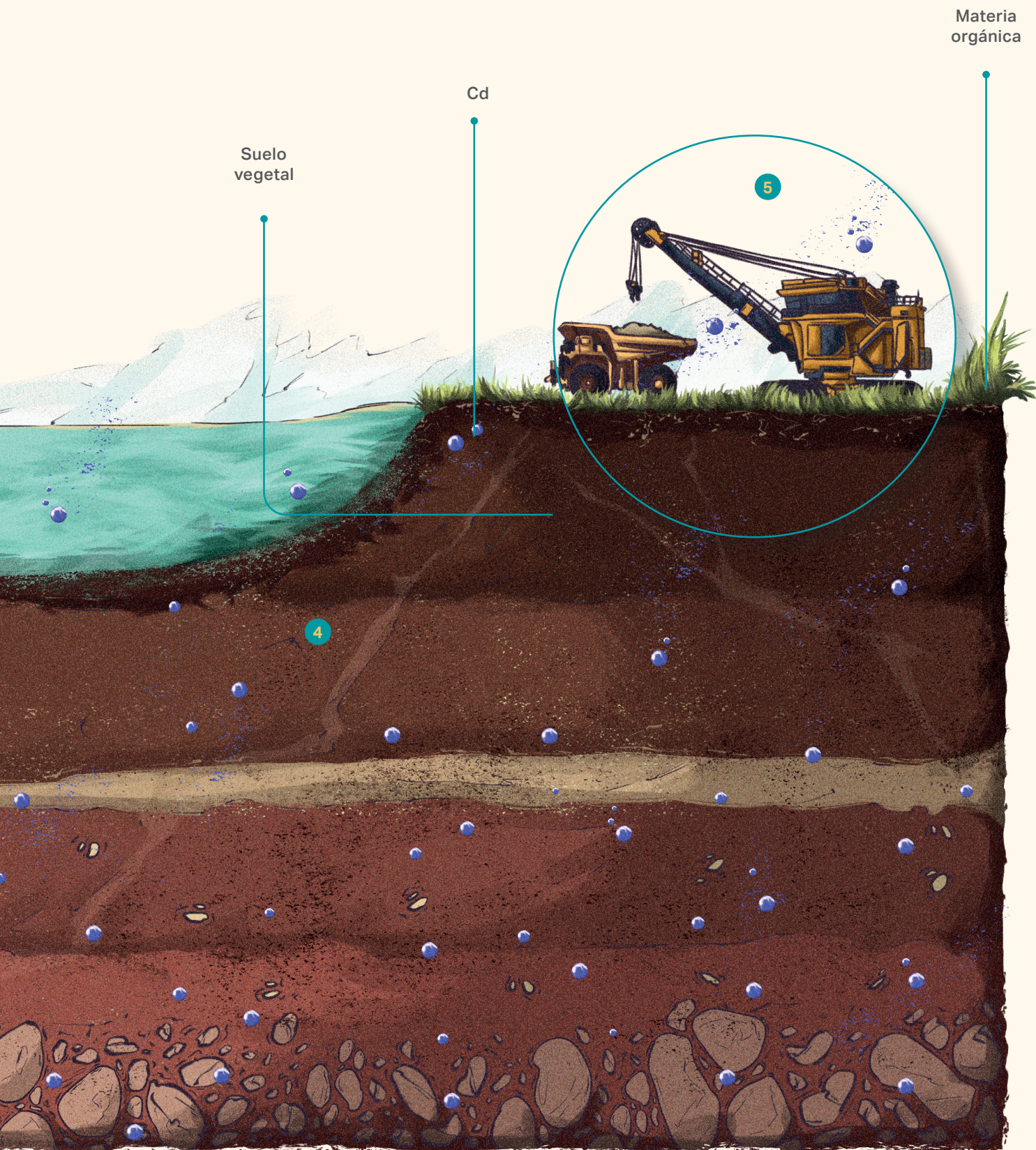
2
Puede haber Cd en
algunas enmiendas y
fertilizantes

3
Diferentes fuentes
de agua pueden con-
tener Cd

4
El Cd se encuentra
naturalmente en
algunos suelos

5
Algunas actividades
mineras pueden ser
fuente de Cd





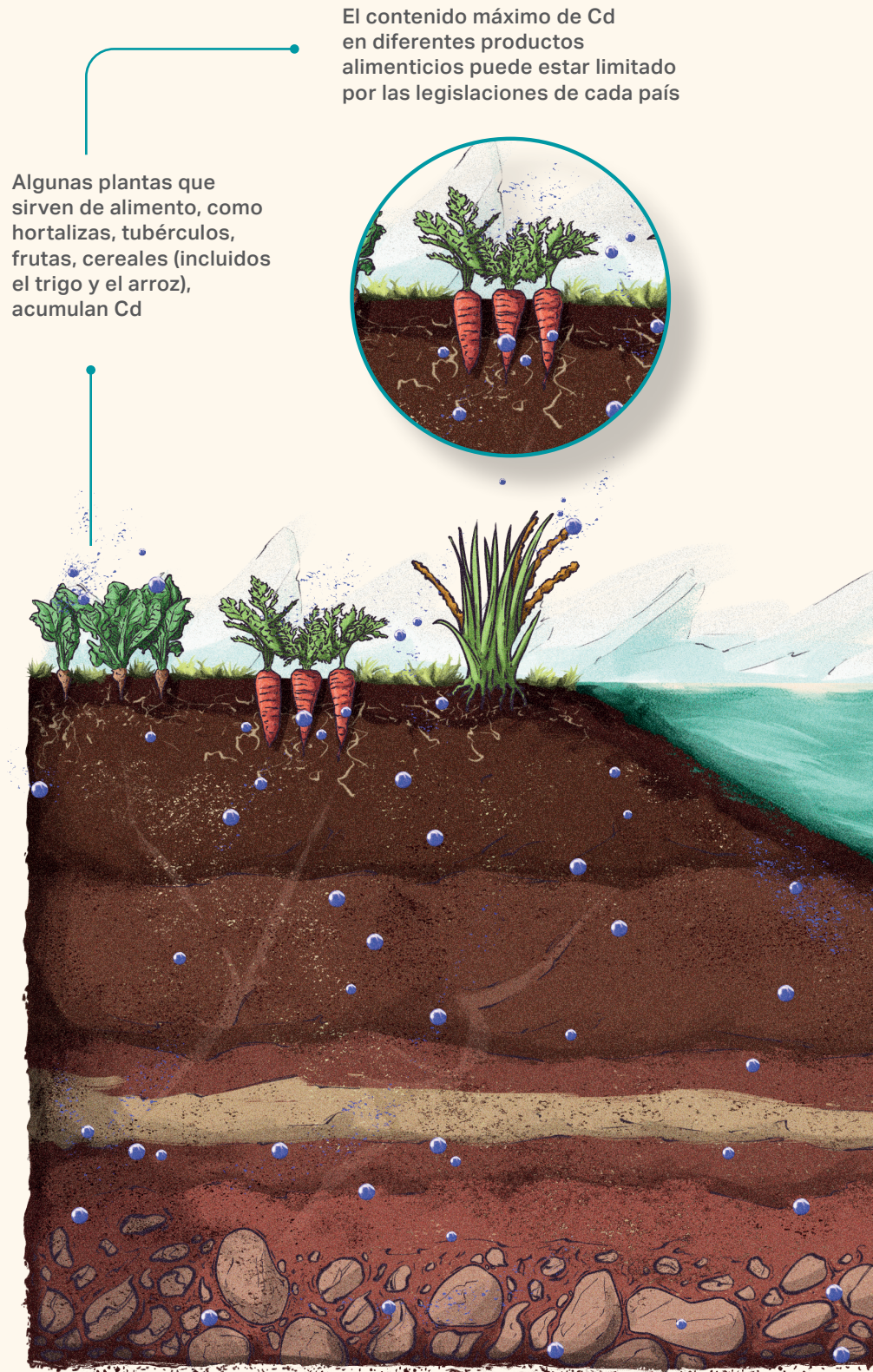
Suelo vegetal

Cd

Materia orgánica

5

4

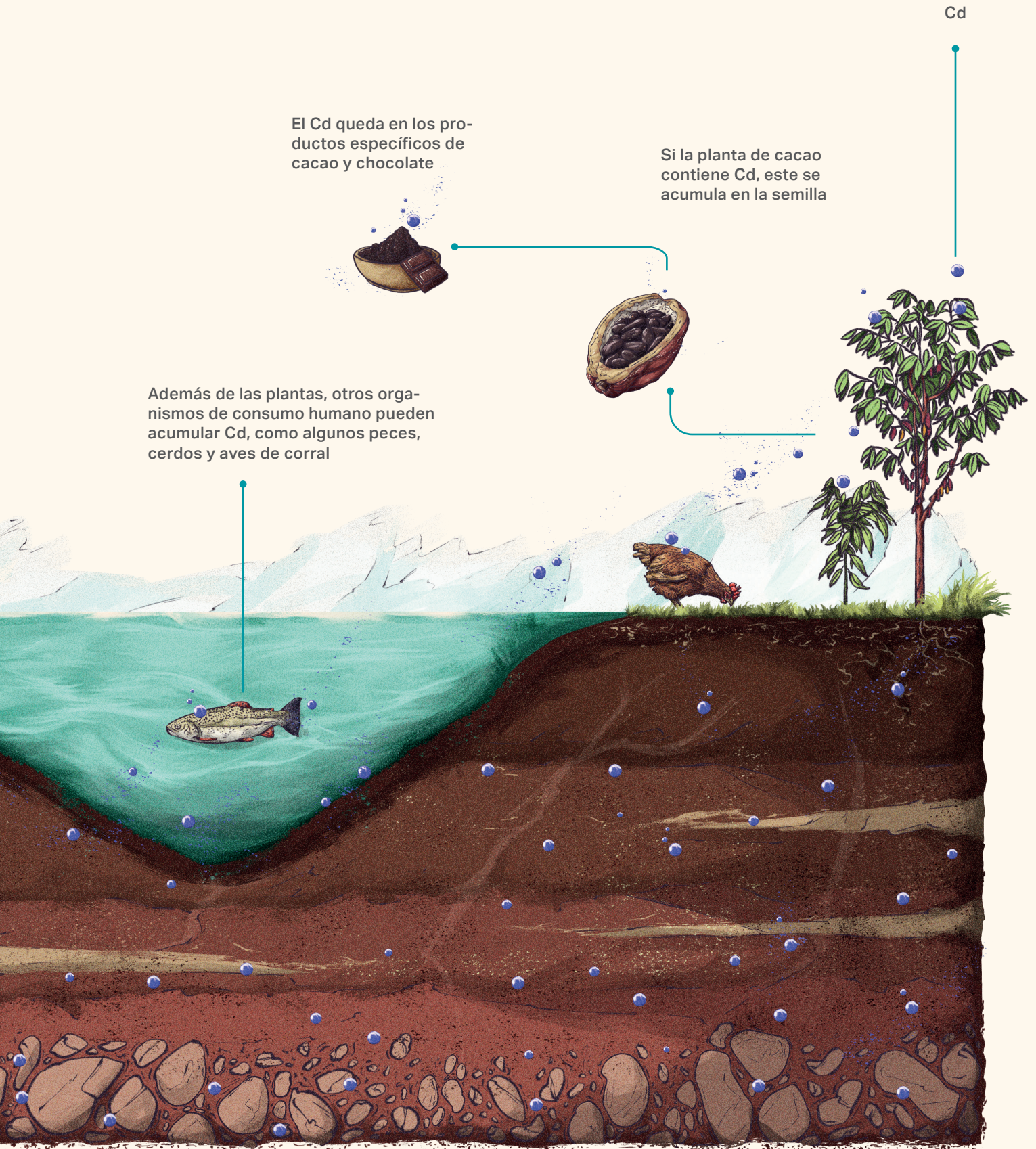


Cd

El Cd queda en los productos específicos de cacao y chocolate

Si la planta de cacao contiene Cd, este se acumula en la semilla

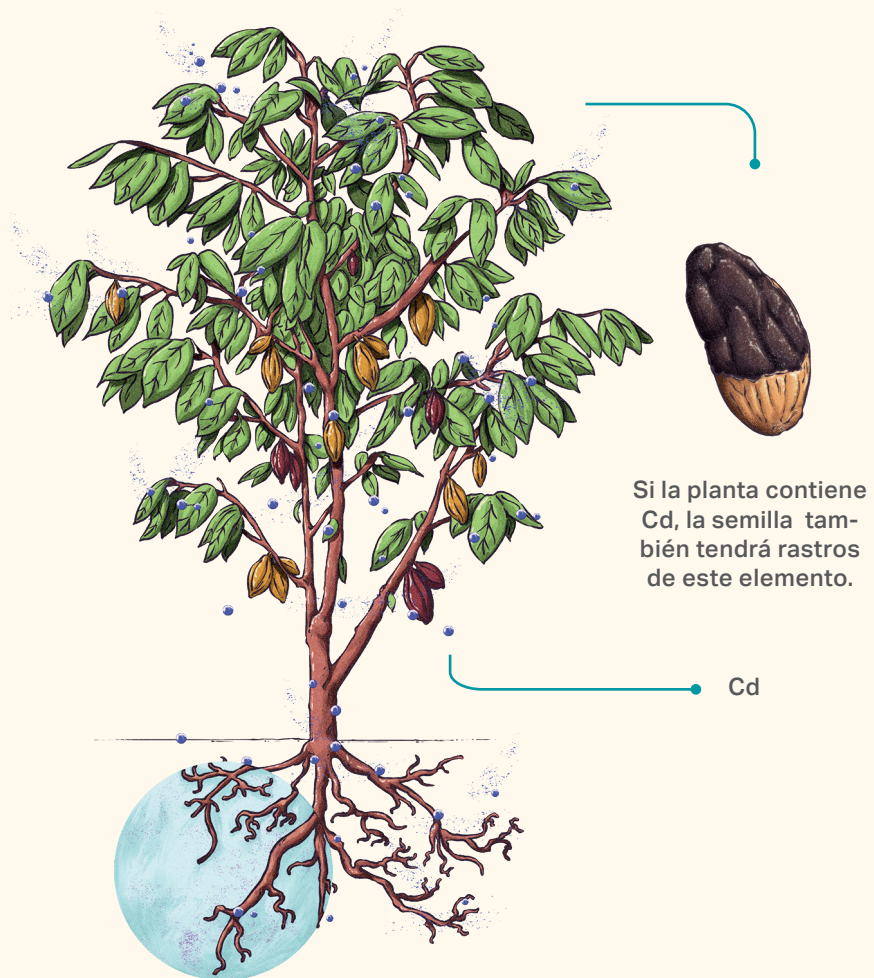
Además de las plantas, otros organismos de consumo humano pueden acumular Cd, como algunos peces, cerdos y aves de corral



¿Cómo se mueve el cadmio en la planta de cacao?

En la figura se ilustra el ingreso y transporte del Cd a través de la raíz y su distribución en sus diferentes partes, hasta depositarse finalmente en los granos de la mazorca de cacao.

- El Cd se acumula en la planta porque las raíces lo toman del suelo y del agua, y este se mueve dentro de ella.
- El Cd es un elemento móvil que se encuentra en el suelo y es transportado desde las raíces de las plantas a los tallos, las hojas y los frutos. En el caso del cacao, los frutos y sus semillas contienen menos Cd que las hojas debido a que la planta absorbe y moviliza altas concentraciones disponibles principalmente del suelo a la raíz, el tallo y las hojas.
- La cantidad de Cd que una planta puede absorber y acumular es variable debido a muchas razones. Una de ellas es que existen plantas que no acumulan, otras que acumulan un poco, y algunas que acumulan mucho Cd. Los estudios muestran que el cacao es acumulador de Cd.



¿Cómo afecta el cadmio al cultivo de cacao?

- El Cd reduce el transporte de agua en las plantas, y eso podría disminuir su tolerancia al estrés hídrico.
- Altera el crecimiento y la formación de raíces laterales y secundarias (Bravo *et al.*, 2018).
- El síntoma de una afectación por Cd es la deficiencia de hierro (Christensen y Lang, 1999).

¡Del grano de cacao a la barra de chocolate!



Los estudios científicos más recientes muestran que el Cd se acumula en la cascarilla de los granos de cacao, una vez fermentados y secos, y un poco menos en los nibs, aunque el contenido de este elemento aún puede seguir siendo alto a esa altura del

proceso. Lo interesante es que el contenido de Cd en los granos solo se puede empezar a reducir descascarillando.

¿El cadmio es un problema?

Efectos del cadmio en la salud humana

Los humanos podemos estar expuestos al Cd de muchas maneras, entre ellas, fumar cigarrillo o consumir alimentos que contengan este elemento o agua contaminada. Sin embargo, los efectos de Cd por alimentos o por agua son menos documentados y vistos, por lo que aún es un tema de mucha investigación. Lo claro es que este metal puede causar efectos nocivos a la salud humana si se ingieren constantemente alimentos contaminados con él.

Los efectos tóxicos que puede causar el Cd en los humanos dependen de **la cantidad del elemento** en los alimentos, la frecuencia y la cantidad en que estos se consuman, y la edad y el peso de las personas. Así pues, podrían presentarse daños en ciertos órganos del cuerpo después de una ingesta muy alta y sostenida en el tiempo de alimentos con este metal pesado.



Impacto de la regulación internacional de cadmio sobre la comercialización del cacao en grano

El Cd puede ser un problema cuando los productos terminados a base de cacao son exportados a países con alto consumo de este alimento y cuyas legislaciones limitan su concentración. Últimamente se habla de las regulaciones generadas en este sentido, siendo el reglamento de la Unión Europea UE N° 488 de 2014 el más mencionado, aunque no todos los países pertenecen a

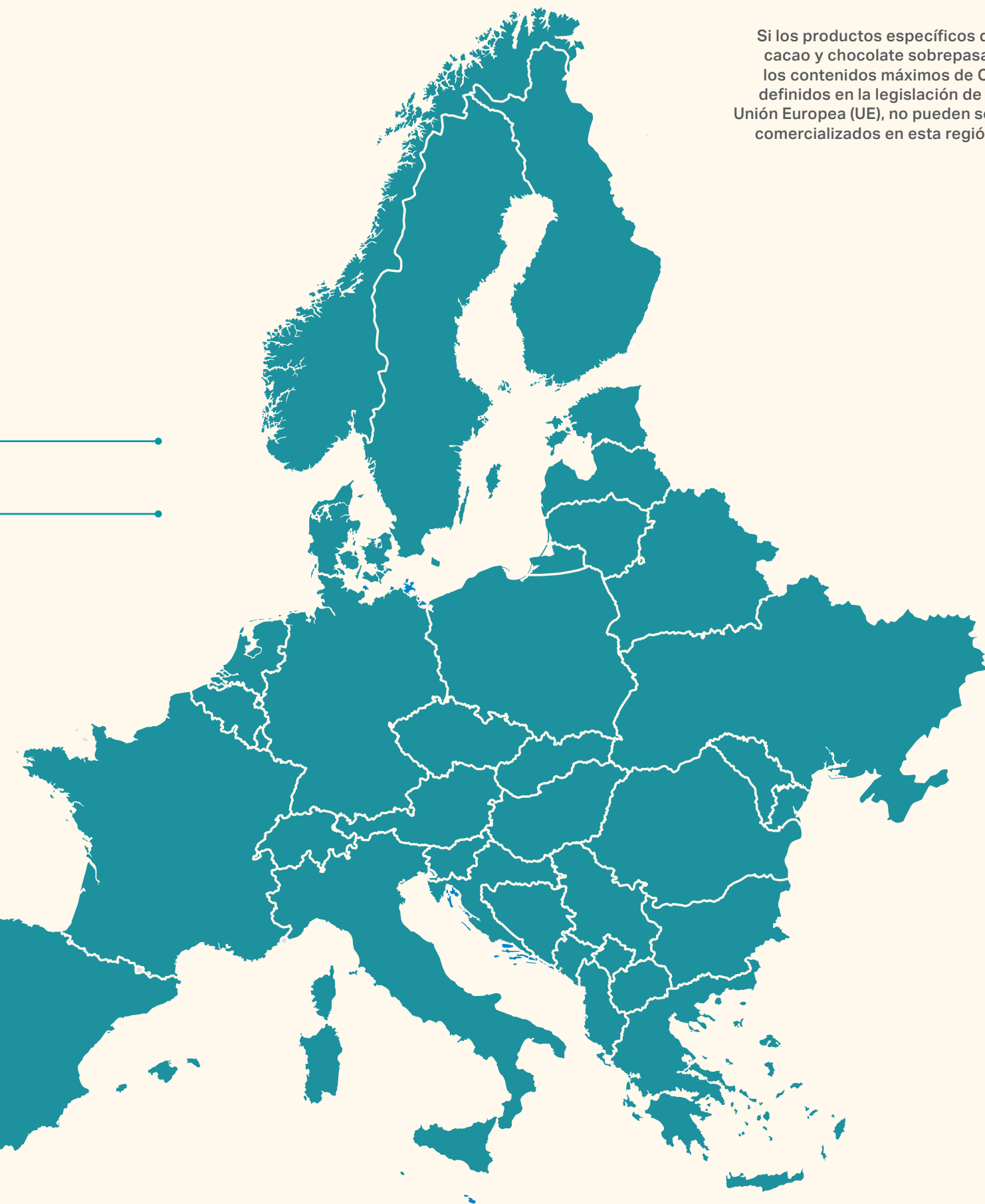
esta organización. El continente europeo consume el 36 % del cacao que produce el mundo¹.

Es importante resaltar que la regulación de la UE no aplica para materia prima, es decir, para cacao en grano. Sin embargo, es claro que la compra de cualquier producto derivado de granos que contengan Cd puede verse afectada por incumplir la norma.



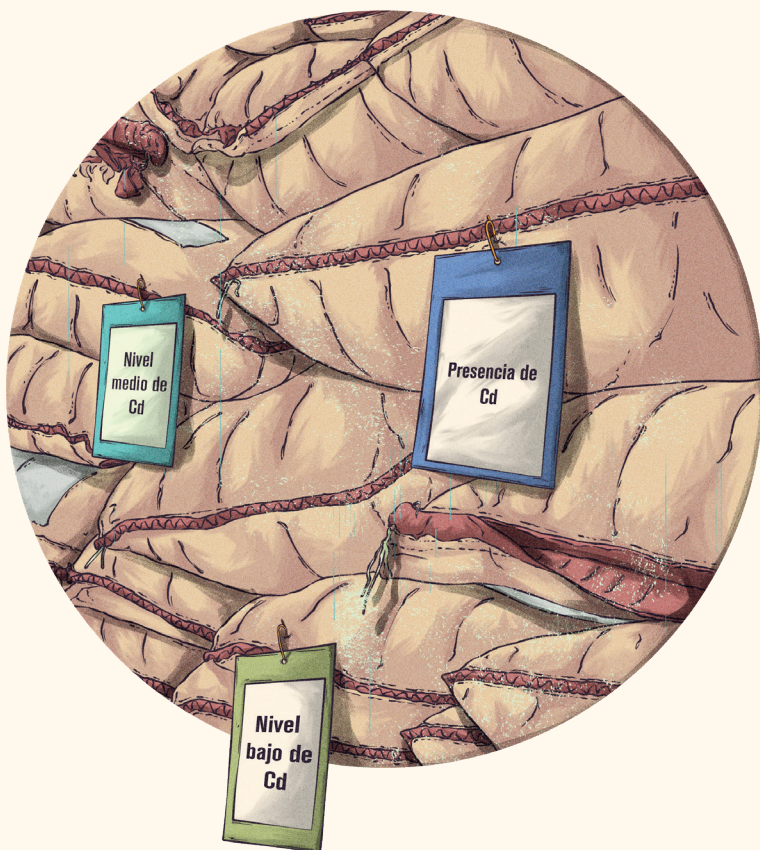
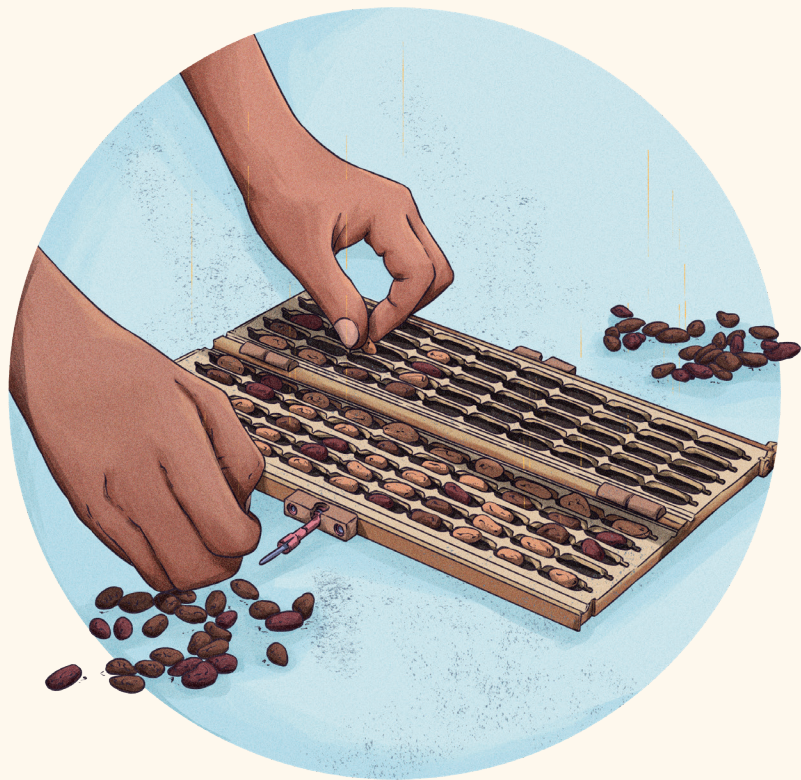
1. ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Volume XLV, n.º3, Cocoa Year, 2018/19.

Si los productos específicos de cacao y chocolate sobrepasan los contenidos máximos de Cd definidos en la legislación de la Unión Europea (UE), no pueden ser comercializados en esta región.



Dado que la presencia de Cd en granos también es un tema comercial, veamos algunas acciones que industrias como CasaLuker realizan para cumplir con la regulación:

1. Ingresando los granos en la industria: en las fábricas productoras de chocolates se hacen análisis rutinarios de calidad a los lotes de granos de cacao que vienen desde las fincas de diferentes zonas del país. Así, cuando se detectan altos contenidos de Cd en ciertos granos se puede identificar de qué municipio vienen. Esto se llama **trazabilidad** y permite hacerles análisis más rigurosos a aquellos granos con valores muy altos de Cd para hallar las causas y las posibles soluciones con el vendedor de esos lotes, pues el producto no cumple con la norma de países que consumen mucho cacao.



2. Almacenamiento de granos de cacao en la industria: los lotes de granos de cacao con alto contenido de Cd se aíslan en las bodegas de la industria marcados como "Presencia de Cd". Los lotes con nivel de Cd medio se marcan "Con nivel medio de Cd", y lotes con bajos niveles también se rotulan para hacer seguimiento a los tratamientos y asegurar granos sin Cd.

Tratamientos de los granos con alto contenido de cadmio

Los expertos de calidad y otros expertos de la planta de producción de chocolates han encontrado algunas soluciones para manejar los contenidos de Cd. Por ejemplo:

A. Hacer mezclas de los diferentes lotes sin que se alteren las características físicas, sensoriales y económicas del chocolate final. Esto implica hacer muchos análisis para determinar los contenidos de Cd en cada saco. Si hay granos con un contenido desproporcionado, no se utilizan porque los clientes europeos y americanos no los recibirán.

Cacao fino de aroma
Altos contenidos
de Cd

+

Cacao fino de aroma
Bajos contenidos
de Cd

=

Chocolates de la
mejor calidad con
bajos contenidos
de Cd



+Cd



-Cd



B. Rediseñando las formulaciones de los productos: en este caso se usan granos con bajo o medio contenido de Cd en formulaciones para fabricar chocolates o chocolatinas. Esto requiere más análisis para saber cuántos granos de cacao se pueden utilizar sin dañar las características originales de los chocolates que se producen. Es importante resaltar que las materias primas, como el azúcar, la leche y otros ingredientes, no son afectadas por este metal.

Cacao fino de aroma
Altos contenidos
de Cd

+

Otras sustancias sin Cd
o no absorbentes de
Cd como la leche y el
azúcar

=

Chocolates de la
mejor calidad con
bajos contenidos
de Cd



+Cd



3. Los compradores internacionales usan equipos especializados para detectar Cd en los granos de las cargas que llegan a puerto con el fin de verificar el cumplimiento de la norma local de contenido de Cd. Ahora, si bien la norma es para chocolates o

productos terminados, lo que se analiza cuando se reciben los *containers* son los granos, pues son la materia prima de estos. Si detectan Cd, rechazan todo el lote, y el dueño debe pagar para destruirlo porque no se puede devolver al lugar de origen.

De manera que, para evitar que se dañe la imagen de nuestro cacao colombiano, lo cual podría repercutir en todos los actores de esta cadena en el país, es necesario hacer una buena gestión del contenido de Cd en cacao.

Para prevenir los contenidos de Cd, la **cartilla 2, Investigación del Cd en cacao**, explicará qué se está haciendo desde la investigación y qué se debe tener en cuenta para prevenir y mitigar la presencia de este metal pesado en un cultivo.

Cartilla
2



Dr. Daniel Bravo

PhD en Geomicrobiología de la Universidad de Neuenburg, en Suiza, Investigador Ph.D. en AGROSAVIA, CI Tibaitatá. Director de la propuesta de las tres cartillas. Investigador principal en estudios sobre Cd en cacao y las estrategias para mitigación. Líder en diagnóstico de Cd por geofísica y en biorremediación con estudios geomicrobiológicos.

Correo electrónico:
dbravo@agrosavia.co



Clara León-Moreno

Profesional de investigación de AGROSAVIA, Agróloga, Especialista en manejo de suelos y aguas. Investigadora de Cd en cacao. Gestora de innovación de la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales. Sede Central.

Correo electrónico:
cleon@agrosavia.co



Ruth Quiroga

Profesional de apoyo a la investigación en AGROSAVIA, CI Tibaitatá. Ingeniera ambiental, especialista en Química Ambiental.

Correo electrónico:
ryquiroga@agrosavia.co



Edith Moreno

Profesional en Gestión Agropecuaria. Fedecacao-FNC. San Vicente de Chucurí. Líder del panel de evaluación sensorial.

Correo electrónico:
investigacion@fedecacao.com.co



Diannefair Duarte

Ingeniera Agrónoma. Fedecacao-FNC. San Vicente de Chucurí. Líder del laboratorio de sanidad vegetal.

Correo electrónico:
investigacion@fedecacao.com.co



Annie Zamora

Profesional en Economía. Fedecacao-FNC. Bogotá. Gestora de Investigación. Área de socioeconomía y población rural.

Correo electrónico:
oscar.ramirez@fedecacao.com.co

Autores



Dr. Edwin Gutiérrez

Ingeniero agrónomo, M.Sc; Ph.D. Fedecacao- FNC Bogotá. Investigador líder Grupo de Investigación e Innovación en Cacao GIIIC-Fedecacao.

Correo electrónico:
gragronomia@outlook.com



Dra. Adriana Aristizábal

Profesora e investigadora PhD en Ingeniería Química, Ambiental y de Procesos de la Universidad EAFIT. Investiga temas de mitigación de Cd en cacao mediante el desarrollo de biomateriales, materiales derivados de residuos agroindustriales y materiales nanoestructurados.

Correo electrónico:
aaristizac@eafit.edu.co



Dra. Catalina Arroyave

Profesora e investigadora en la Universidad de Medellín de la Facultad de Ingenierías del Programa de Ingeniería Ambiental. PhD en Biología y Biotecnología Vegetal. Investiga temas relacionados con la nutrición del cacao, y desarrollo de enmiendas a partir de residuos agroindustriales para la mitigación de Cd.

Correo electrónico:
carroyave@udem.edu.co



Dra. Lorena Cardona

Ingeniera mecánica y Dra. en Ingeniería de Sistemas e Informática. Profesora del Departamento de Mecánica, Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín.

Correo electrónico:
lorena.cardona@pascualbravo.edu.co



Dra. Beatriz Guerra

Docente investigadora líder grupo de investigación Microbiota Universidad de Santander, Bucaramanga.

Correo electrónico:
bguerra@udes.edu.co



Hugo Olarte

Asesor de Investigación CasaLuker, Bogotá D.C.

Correo electrónico:
holarte@lukerchocolate.com

Maria Luisa Orozco

CasaLuker. Profesional de compras y fomento agrícola.



Agradecimientos

Los autores deseamos agradecer a:

AGROSAVIA y el Ministerio de Agricultura (MADR) por la financiación del proyecto "Cd en el cacao y las estrategias", con ID 1000664, financiado por transferencia del Gobierno nacional TV19 en su fase 1.

Fondo Nacional del Cacao, por la financiación del programa de investigación de Fedecacao.

CasaLuker, los grupos de investigación Luker-Chocolates y Luker-Agrícola, por la dedicación y financiación en la investigación de Cd en cacao.

Minciencias, con el "Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas", a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Medellín, a la Vicerrectoría de Descubrimiento y Creación de la Universidad EAFIT y a la Institución Universitaria Pascual Bravo por el financiamiento del Proyecto N.º CD120680863411.

Esta publicación contó con el apoyo del Programa Colombia + Competitiva, una iniciativa conjunta de la Embajada de Suiza en Colombia - Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y el Gobierno Nacional, que orienta sus esfuerzos a mejorar la competitividad en el país y diversificar su economía. La Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico - Swisscontact es el facilitador nacional del Programa.



Colección de cartillas sobre cadmio en cacao

Cartilla 1

¿Qué es el **cadmio** y por qué es importante **en el cultivo de cacao?**

Cartilla 2

Investigación y recomendaciones sobre cadmio en el **cultivo de cacao en Colombia**

Cartilla 3

Recomendaciones mínimas para la **mitigación de cadmio**



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Colombia+
Competitiva

Cooperación suiza para la competitividad


swisscontact

Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)