Colección de cartillas sobre cadmio en cacao

Cartilla 2

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

Investigación y recomendaciones sobre cadmio en el cultivo de cacao en Colombia / Daniel Bravo [y otros doce] – Bogotá (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

28 páginas (Colección 001)

Incluye fotos, gráficos, tablas

ISBN E-book: 978-958-740-456-2

1. Cadmio 2. *Theobroma cacao* 3. Investigación 4. Muestreo del suelo 5. Análisis del suelo 6. Siembra 7. Diagnóstico 8. Bacterias del suelo.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

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

ISBN digital: 978-958-740-456-2

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 (Udes), que permitió articular a un grupo interdisciplinar 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 capitulo 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 Martinez
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.7404562

Preparación Editorial
Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Líder Editorial - Agrosavia

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

CC BY NC ND

Cartilla 2. Investigación y recomendaciones sobre cadmio en el cultivo de cacao en Colombia

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.

Cartilla 1 — Cartilla 2 — Cartilla 3

La importancia de realizar la toma de muestras y los análisis de cadmio en **suelos y granos de cacao**

Los agricultores debemos conocer nuestro suelo a través de un análisis fisicoquímico al menos cada dos años

Esta es una herramienta de decisión que permite determinar los niveles de nutrientes del suelo de nuestra finca y, particularmente, tomar medidas respecto al nivel de cadmio (Cd) en la composición del suelo. Ahora bien, las iniciativas en esta materia no deben ser aisladas, por lo cual es importante que productores e instituciones se organicen para realizar acciones comunes.

No todos los laboratorios realizan esta clase de análisis. Agrosavia, como entidad líder de investigación en Colombia, invita a los productores de cacao a utilizar sus servicios. Asimismo, en algunas insituciones del país se puede realizar el análisis. Para ello consulta con el técnico de campo el contenido de Cd en los suelos de cualquier finca. En este caso es preciso tener en cuenta a aquellos laboratorios que tengan acreditada la técnica de detección de Cd.

Se considera que un grano cultivado en un suelo enriquecido con un nivel de 1 mg de Cd por 1 kg de suelo (1 ppm) podría tener un contenido superior de dicho elemento porque la planta acumula este metal en el tiempo de establecimiento del cultivo. Así, cultivos viejos pueden absorber más Cd que cultivos jóvenes. Esto también depende mucho del material genético o de las variedades de cacao y su relación con el suelo y las prácticas de manejo agrícola de cada finca.

Cómo realizar un **muestreo adecuado**

1. Desinfecta muy bien las herramientas[1] y asegúrate de que la bolsa donde se va a depositar cada muestra de suelo esté nueva y limpia.

2. Selecciona un área homogénea dentro de la finca teniendo en cuenta la forma del terreno (relieve), el cultivo, la aplicación de enmiendas o fertilizantes y el color del suelo y toma varias muestras aleatorias durante el recorrido. El tipo de muestreo más adecuado y sencillo de aplicar es en zig-zag.

3. Para la toma de muestras con pala, abre un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado a una profundidad de 30 a 40 cm, que es el área de acción de las raíces del cultivo del cacao, y limpia la capa vegetal para evitar contaminación de las muestras.

4. Coloca la muestra dentro de un balde limpio. Después de tomar todas las submuestras, mezcla con las manos limpias hasta homogeneizar todo el suelo.

5. Empaca aproximadamente 1 kg de suelo en una bolsa plástica y ciérrala muy bien (no uses bolsas o empaques que contengan fertilizantes u otras sustancias químicas como herbicidas, pesticidas o enmiendas[2]). Después de recolectado el suelo, cierra la bolsa, márcala adecuadamente indicando fecha y nombre de quien tomó la muestra.

6. Es muy importante hacer análisis de suelo completo, incluyendo el contenido de Cd total y disponible en suelos y, aparte, el contenido de Cd en granos. En Agrosavia puedes solicitar un "análisis de fertilidad de química de suelos completo y de metales pesados - cadmio (Cd)" para el contenido de Cd total. Asimismo, puedes solicitar un análisis de Cd disponible en granos de cacao al correo atencionalcliente@agrosavia.co, a la línea telefónica (1) 4227300, Ext. 1369, 1428, al celular 3152198304 o a las instalaciones de cualquier centro de investigación y sedes adscritas de Agrosavia en Colombia.

La diferencia entre estos dos tipos de análisis es que no todo el Cd sube desde el suelo hacia la planta y se acumula en el grano, pero en todo caso es importante tener en cuenta que una parte pequeña —pero constante— del Cd del suelo va a estar subiendo y acumulándose en el tiempo (bioacumulación) en los granos.

Las universidades y los centros de investigación, además de otros actores de la cadena productiva de cacao en Colombia, están buscando soluciones con el fin de ayudar a los agricultores para que puedan seguir exportando sus productos a la Unión Europea (UE), uno de los principales compradores que están observando cómo avanzamos en la investigación y aplicación de tratamientos exitosos para mitigar la presencia de este metal en nuestros cultivos. A continuación presentamos los aportes de distintas instituciones en la materia.

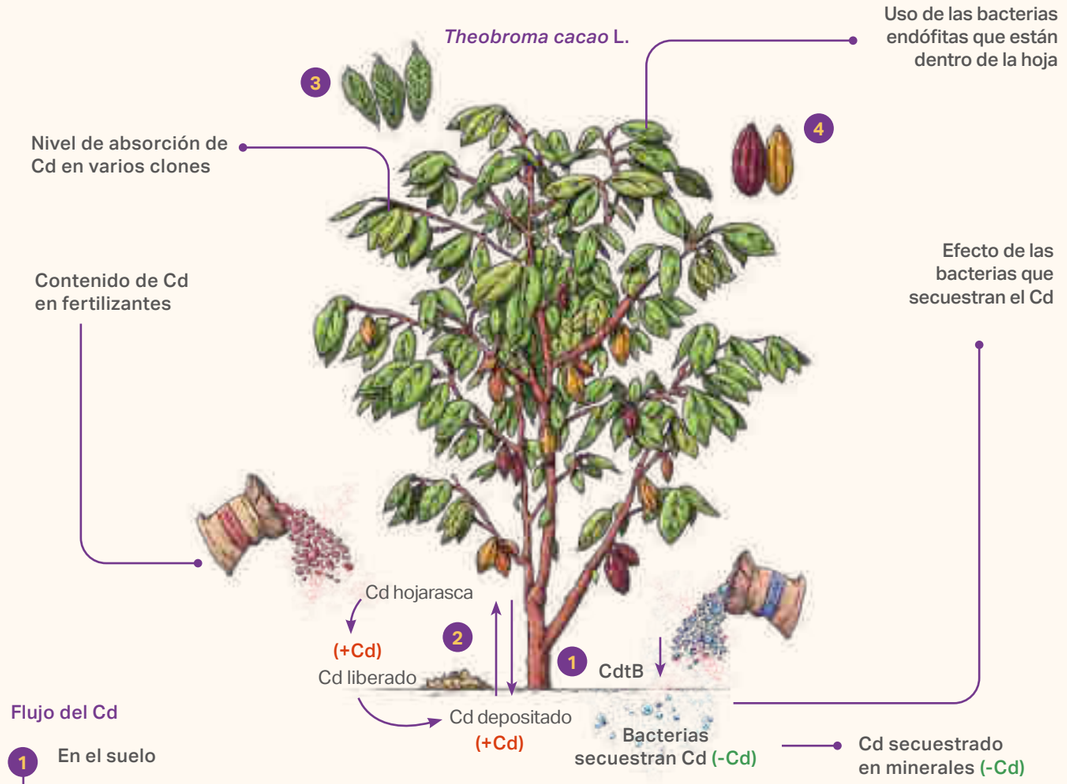
1. Evita al máximo usar herramientas metálicas para la toma de muestra.

2. Para más información consulta el procedimiento para la toma de muestras y análisis de suelos, que puedes solicitar a los autores de esta cartilla.

1. Estrategias **de Agrosavia**

Agrosavia ha adelantado diversas investigaciones en torno a la presencia del Cd en los cultivos de cacao. En la figura se diferencian los distintos focos de atención propuestos por esa entidad según cada fase del cultivo.

Temas de investigación en aspectos **agronómicos del cultivo**



Otros aspectos de la presencia de Cd en los cultivos de cacao investigados por Agrosavia:

- Dosis creciente de Cd en patrones y copas de cacao evaluadas en soluciones hidropónicas en etapa de vivero.
- Niveles de absorción de Cd en variedades de cacao del banco de germoplasma vegetal.
- Aplicación de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) para estudiar la translocación de Cd a nivel de vivero en patrones y en copas de cacao.
- Zonificación del Cd en áreas cacaoteras de Colombia.

Temas de investigación alrededor de la **poscosecha del cultivo**

Antes de fermentar

Granos frescos

Durante la fermentación

Uso de bacterias tolerantes a Cd, propias del proceso de fermentación, para reducir los niveles del metal en los nibs

Uso de bacterias para secuestrar Cd

Día 1

Día 2

Día 3

Día 4

Día 5

Durante el secado

Secado y fermentado de los granos

¡No es bueno solo secado sin fermentar!

Granos fermentados y secados

En la tostión

En el descascarillado

¡Eliminar la testa! (+Cd)

Remoción de cascarilla en la disminución de Cd

Nibs limpios (-Cd)

Molienda

Refinado

Conchado

Templado

En la elaboración final de chocolate

Chocolate 70% cacao (-Cd)

2. Estrategias **de Fedecacao**

Como agremiación de los cacaocultores, Fedecacao propone tres enfoques para el manejo del Cd:

Político

- Control a la cadena de producción de alimentos
- Zonificación de regiones y áreas aptas para el cultivo
- Fortalecimiento y diversificación del comercio de exportación
- Control a materias primas e insumos

Técnico

- Acciones conjuntas entre productores y gremio
- Selección de terrenos y planificación del cultivo
- Beneficio y comercialización del grano

Comercial

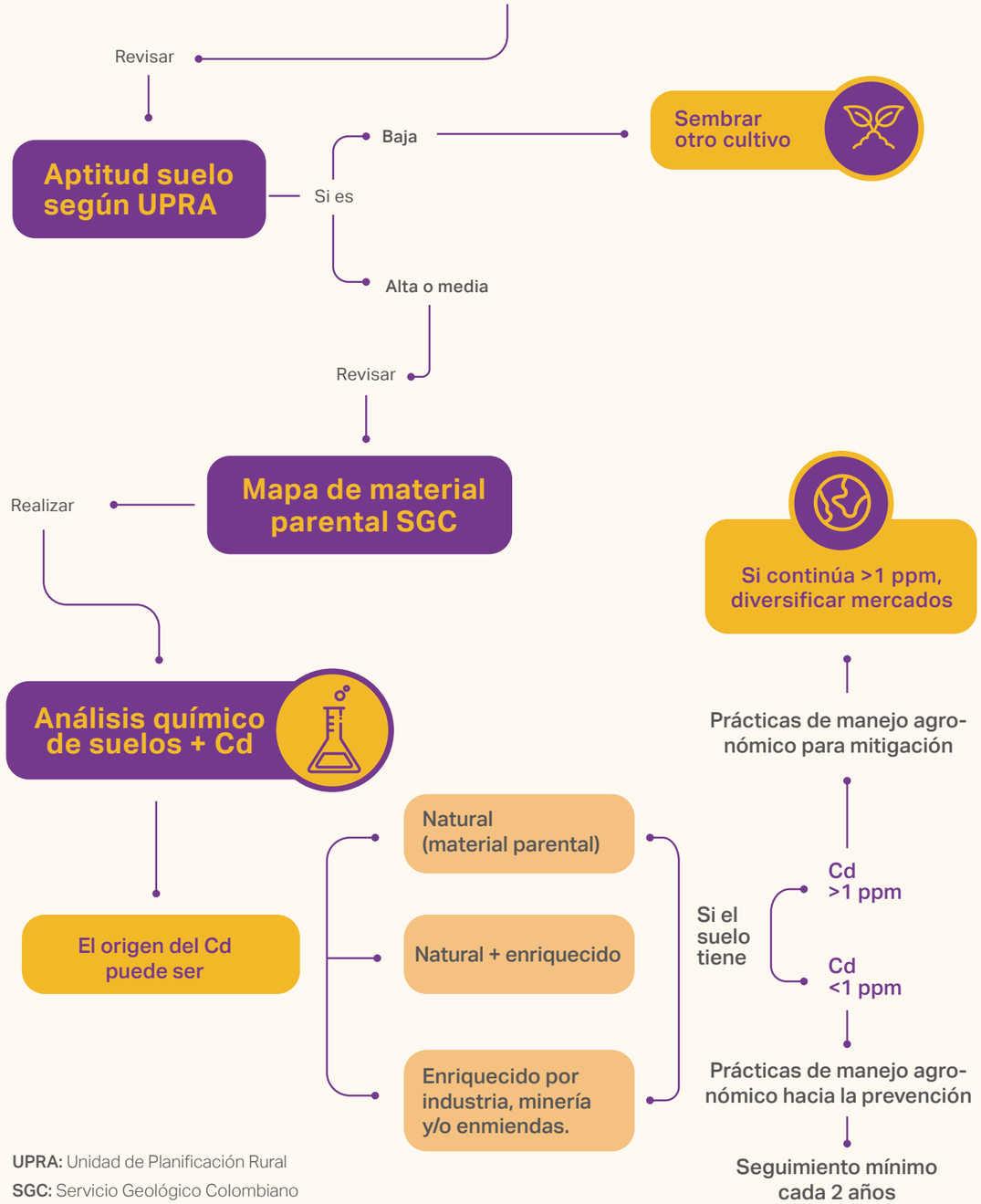
- Diversificar los mercados es fundamental en la reducción del impacto de las normas comerciales

Para Fedecacao, la cacaocultura en Colombia puede ser analizada a la luz de su nivel de tecnificación, regionalización, condiciones socioambientales, entre otros atributos. Todos ellos influyen en cualquier toma de decisiones de cara a mantener la inocuidad del cacao.

Por ello, esta entidad concentra su atención en el flujo del cultivo: si se trata de una cacaocultura tradicional o de una siembra nueva.

Cacaocultura **tradicional**

Siembra de **nuevas áreas**



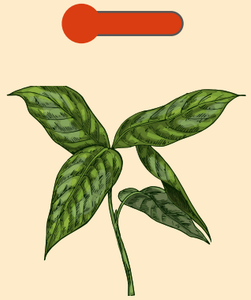
UPRA: Unidad de Planificación Rural

SGC: Servicio Geológico Colombiano

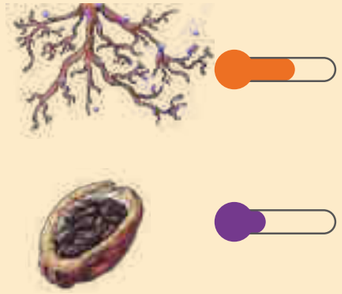
Adicionalmente, con el compromiso institucional y la necesidad de buscar alternativas para los cacaocultores, Fedecacao, en articulación con algunas instituciones como Agrosavia, viene adelantando proyectos conjuntos como los descritos aquí:

En un estudio realizado en dos zonas se encontró:

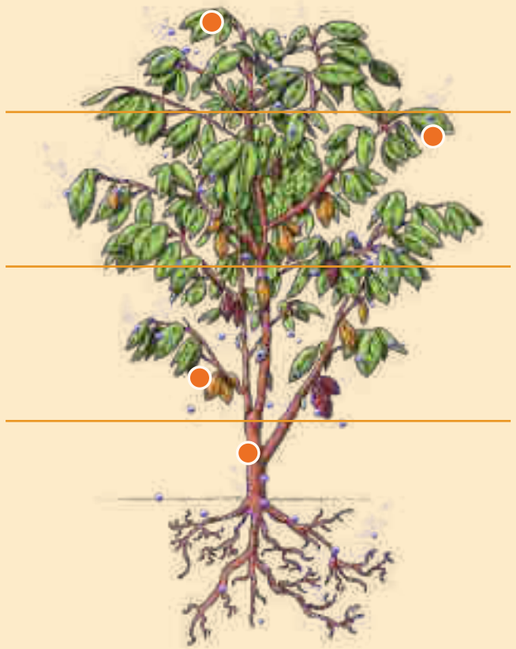
El contenido de Cd en agua lluvia, de aljibe y de acueducto, no superó 0,10 ppm

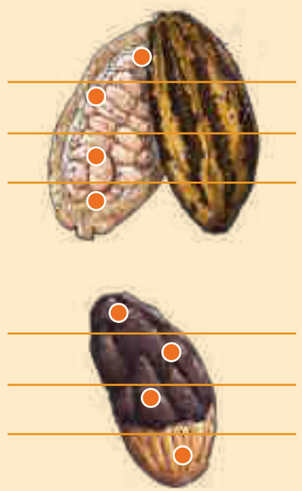


Mayor acumulación de Cd en hoja



Menor acumulación en los demás órganos de la planta



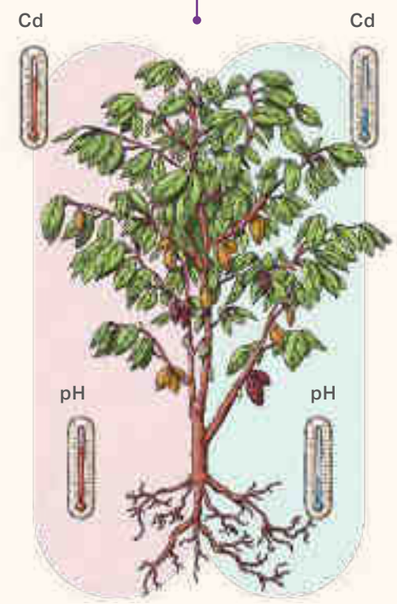


Análisis de contenido de Cd en diferentes partes del grano, planta y cacota

Poda y manejo de residuos de cosecha como práctica de mitigación del Cd en el suelo

Sin retirada de hojarasca, residuos de poda y cosecha

Con retirada de hojarasca, residuos de poda y cosecha



Manejo de pH y zinc en la acumulación de Cd en tejidos de la planta de cacao

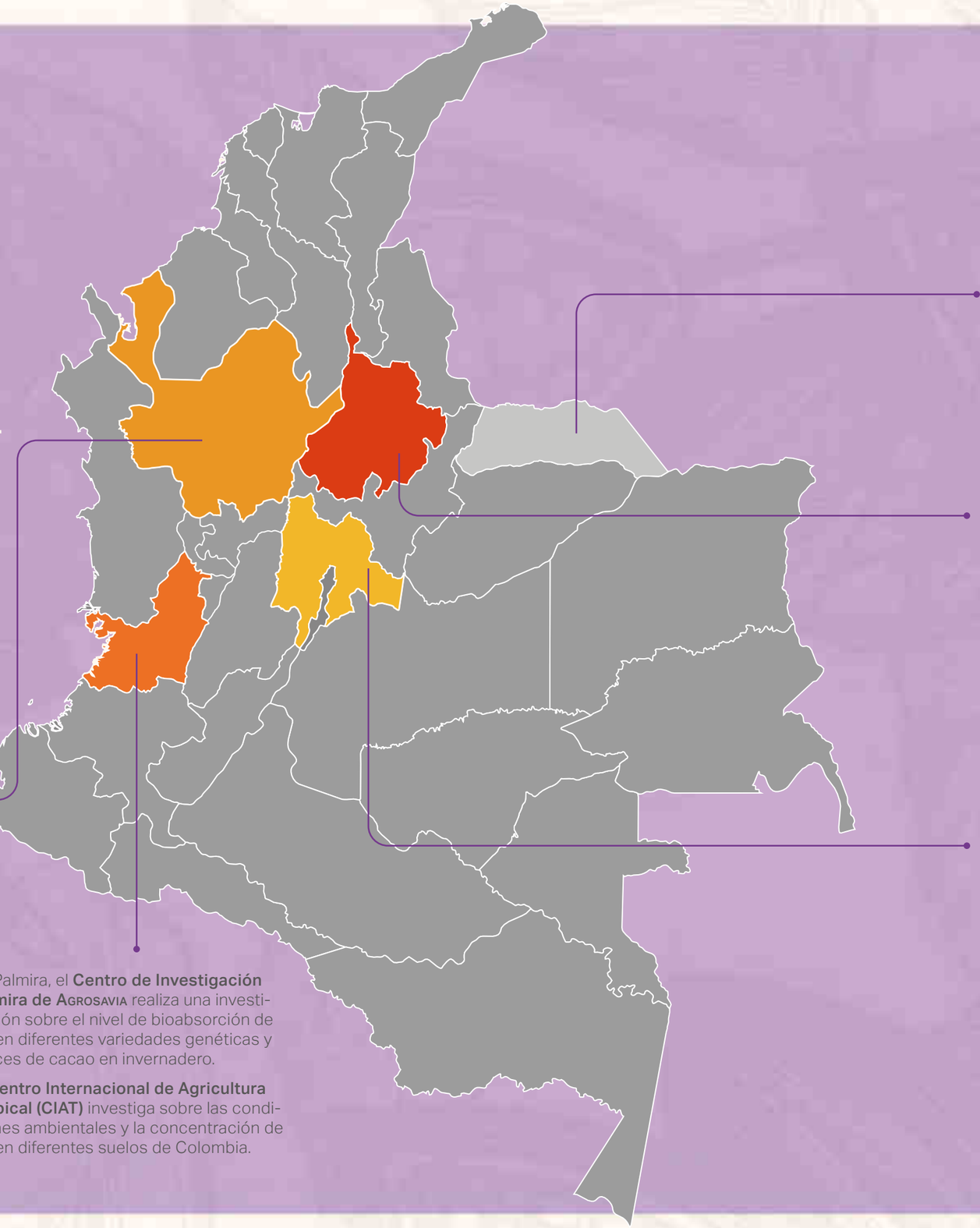
¿Qué puede hacer el cacaocultor?

Como recomendación, Fedecacao propone que el cacaocultor asuma el protagonismo de aquellas actividades que están en sus manos y que ayudan de manera fundamental a la inocuidad del grano que produce en su finca. Por ejemplo, las buenas prácticas del cultivo y de manejo agronómico tienen un gran impacto en la absorción del Cd, y en ese sentido se sugiere implementar un plan de fertilización en el cultivo que:

- Conserve el pH del suelo por encima de 5,5.
- Mantenga una adecuada relación entre el pH-Cd-zinc y las demás bases.
- Verifique los contenidos de Cd en los fertilizantes usados en la finca.
- Mantenga el nivel óptimo de materia orgánica en el cultivo.
- Evite el riego con agua que contenga Cd.
- Corrija las deficiencias de macro y micronutrientes.
- Contemple un adecuado proceso de poscosecha y de fermentación.
- Maneje los residuos orgánicos.
- Establezca una relación comercial de confianza para la proveeduría del grano.

3. Los estudios en cadmio desde **las universidades y los centros de investigación en Colombia**

Este mapa ofrece un panorama de las investigaciones que algunas instituciones y universidades han publicado o están preparando en torno a la presencia del Cd en el cacao:



La Universidad de Medellín, la Universidad Eafit y la **Institución Universitaria Pascual Bravo,** en sus facultades de Ingeniería, investigan conjuntamente el desarrollo de materiales que se puedan aplicar al suelo para disminuir la cantidad de Cd que absorbe la planta de cacao sin llegar a afectar su producción.

Agrosavia, con su **Centro de Investigación El Nus,** está realizando estudios de Cd en Antioquia, y en el Centro de Investigación Turipaná, en Cereté, Cordoba, lleva a cabo experimentos de invernadero de Cd en cacao.

En Palestina, Caldas, la Granja Experimental Luker está realizando experimentos en reducción de Cd durante la fermentación de cacao y en el ciclaje de Cd en el suelo, y trabaja en variedades de cacao.

En Palmira, el **Centro de Investigación Palmira de Agrosavia** realiza una investigación sobre el nivel de bioabsorción de Cd en diferentes variedades genéticas y cruces de cacao en invernadero.

El **Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)** investiga sobre las condiciones ambientales y la concentración de Cd en diferentes suelos de Colombia.

Se están iniciando esfuerzos para continuar la investigación de Cd en Arauca, donde Agrosavia y Fedecacao tienen un nuevo proyecto financiado por el Sistema General de Regalías para estudiar Cd en cacao.

Allí, Fedecacao desarrolla una actividad denominada "Evaluación de prácticas de manejo de la planta de cacao" en el contenido de Cd.

La Universidad de Santander y Fedecacao investigan sobre el potencial que tienen las plantas y los hongos filamentosos asociados para absorber o transformar el Cd y disminuir la concentración de este metal en el suelo.

El Centro de Investigación **La Suiza,** de **Agrosavia,** en Rionegro, investiga el uso de bacterias en la biorremediación de Cd y minerales en invernadero.

La **Universidad de los Andes** y **CasaLuker** investigan sobre cambios en el procesamiento del grano de cacao, después de la cosecha, para disminuir la cantidad de Cd en los productos terminados usando diferentes métodos.

Agrosavia, en su **Centro de Investigación Tibaitatá,** en Mosquera, investiga sobre la concentración de Cd en diferentes regiones de Colombia (Santander, Antioquia, Arauca, Boyacá) y sobre las diferencias sobre la acumulación de este metal en diferentes variedades de cacao. Además, está desarrollando un bioproducto a base de bacterias tolerantes a Cd para su aplicación en suelos y en el establecimiento de nuevos cultivos.

La Universidad Nacional y **Fedecacao** investigan sobre la capacidad de los hongos que se alojan cerca de las raíces de las plantas de cacao para disminuir la absorción de Cd en la planta.

Desarrollo de enmiendas como solución **a la presencia de cadmio en plantas**

Las facultades de Ingeniería de la Universidad de Medellín, la Universidad EAFIT y la Institución Universitaria Pascual Bravo trabajan conjuntamente desde 2016 sobre el uso de enmiendas que atrapen el Cd en el suelo para evitar su acumulación en las plantas de cacao. Para esto se están realizando varios proyectos de investigación financiados por estas universidades y Minciencias. En su ejecución se cuenta con aliados estratégicos nacionales, como la Compañía Nacional de Chocolates y la Universidad de Antioquia, e internacionales como la Universidad Autónoma de Barcelona y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) de Ecuador. También cabe resaltar que AGROSAVIA lidera la estrategia de biorremediación del Cd en suelos cacaoteros a nivel nacional.

Estas investigaciones, que se encuentran aún en ejecución, se dividen en 4 pasos:

1. Desarrollo de materiales y mezclas con potencial de disminuir el contenido de Cd en plantas de cacao sin afectar los cultivos.

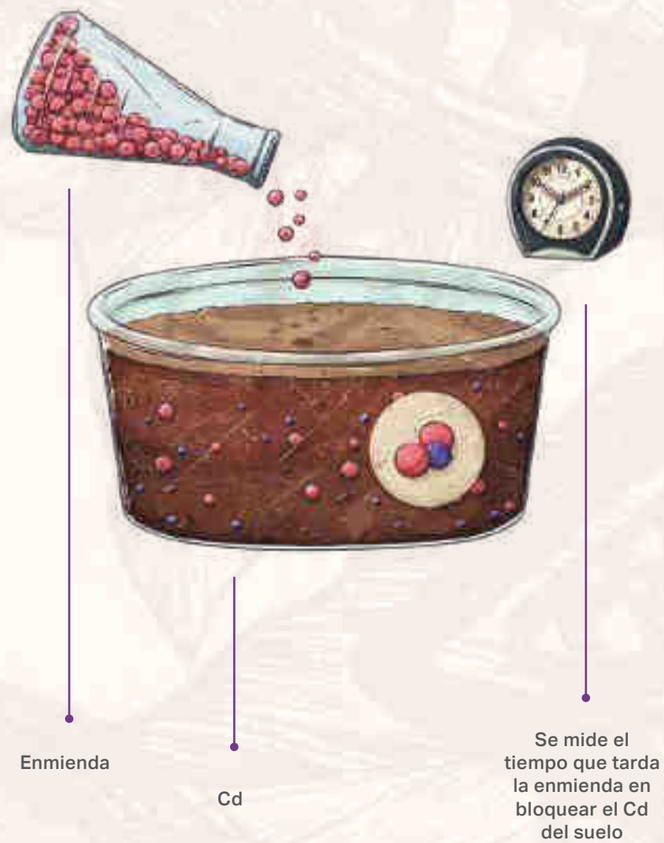
UNIVERSIDAD EAFIT
Ingeniería de Procesos
Grupo de Investigación DDP

Universidad de Medellín
Ingeniería Ambiental
Grupo de Investigación GEMA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Ingeniería Mecánica
Grupo de Investigación GIIAM

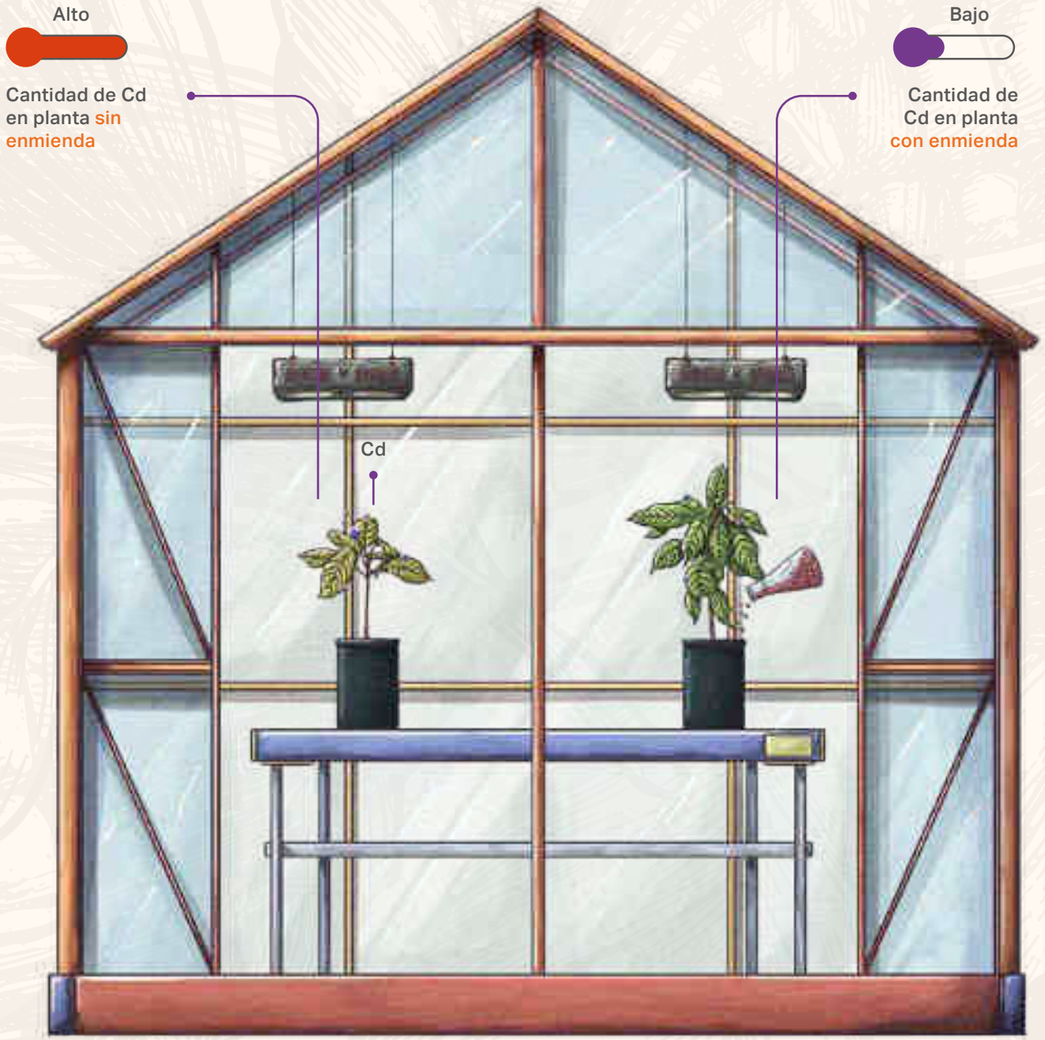
1. Se hacen pruebas con diferentes cantidades de los materiales
2. Los materiales se mezclan y se procesan en el laboratorio
3. Tras el proceso, se obtiene la enmienda que pasa a la etapa de pruebas

2. Caracterización y evaluación de los materiales desarrollados para determinar su potencial de disminuir el Cd que pueden tomar las plantas, entre ellas las de cacao.

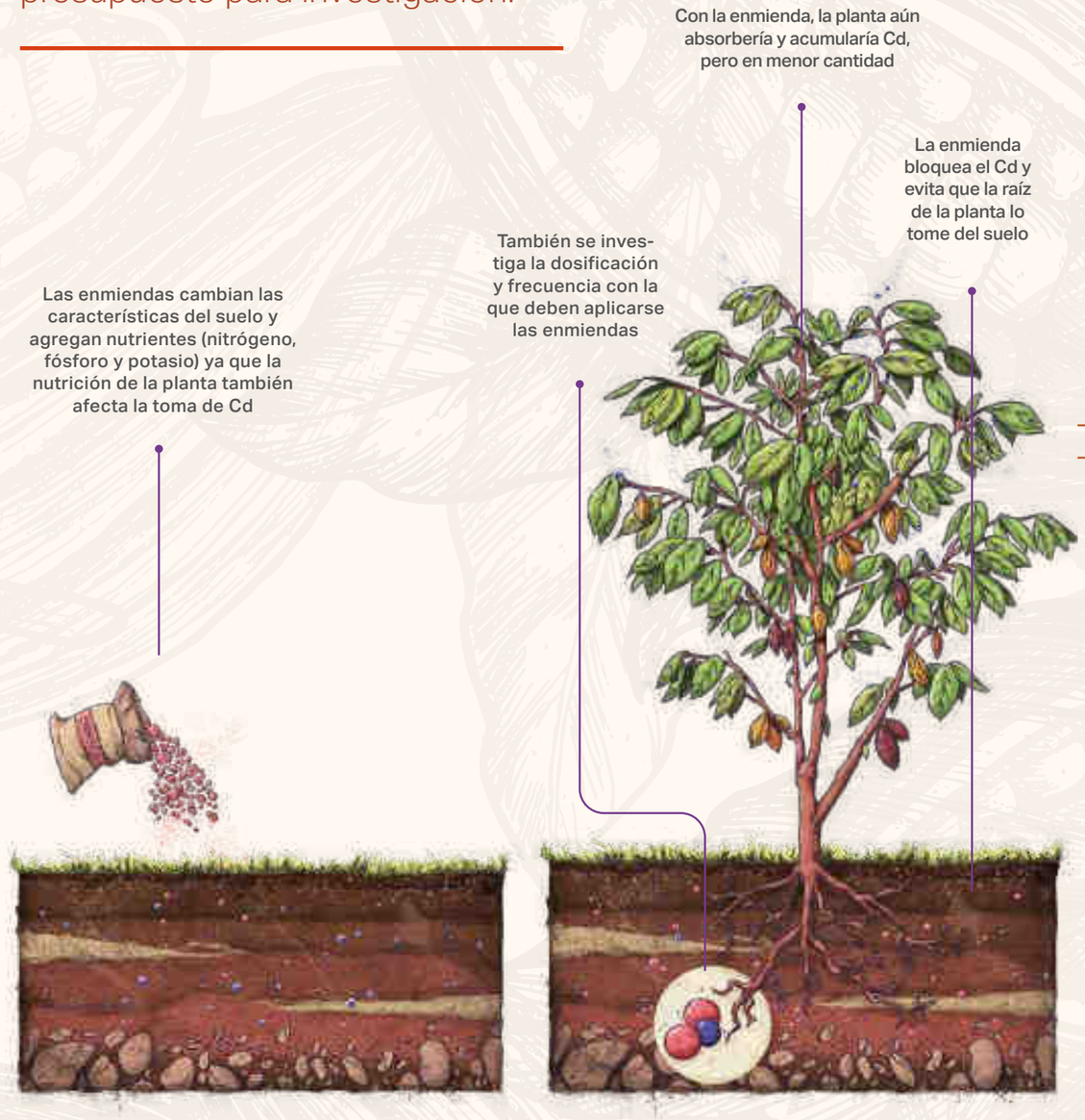


3. Pruebas en vivero, donde varias de las instituciones autoras de esta cartilla están evaluando enmiendas, tanto comerciales como desarrolladas por investigación en plántulas de cacao.

La siguiente etapa de la investigación son las pruebas en vivero. La Universidad de Medellín, la Universidad EAFIT y la Institución Universitaria Pascual Bravo, en colaboración con la Compañía Nacional de Chocolates, ya están evaluando las enmiendas comerciales y las desarrolladas por las universidades en plantas de cacao a nivel de vivero. AGROSAVIA también evalúa a nivel de invernadero la estrategia de biorremediación en sustrato con plántulas de cacao.



4. Pruebas en campo para evaluar las enmiendas que presenten mejores resultados en las etapas anteriores. Este paso requerirá mayor tiempo y presupuesto para investigación.



Uso de plantas extractoras de cadmio que acompañen al cacao **asistidas por bacterias**

Investigadores del grupo Biotecnología, Agroambiente y Salud de la Universidad de Santander (UDES) han venido estudiando y explorando la diversidad de microorganismos del suelo, en asociación con plantas que crecen en los suelos cacaoteros, para evaluar su capacidad de incorporar por diversos mecanismos el Cd en sus tejidos o transformarlo a formas menos tóxicas. El propósito es seleccionar plantas y microorganismos que sean tolerantes al Cd, es decir, que puedan vivir y desarrollarse a altas concentraciones de dicho metal.

Microorganismos tolerantes a Cd, que pueden ayudar a limpiar o biorremediar los suelos

La planta sola es capaz de acumular Cd en sus raíces, en un proceso denominado fitoestabilización

Estos investigadores también reconocen que existe una amplia diversidad de plantas que crecen en suelos contaminados por Cd, por lo que han evaluado por separado la capacidad que tienen ciertas plantas de fitorremediar o limpiar el Cd de los suelos contaminados acumulándolo principalmente en sus raíces. Este proceso es llamado fitoextracción.

Adición de microorganismos tolerantes al Cd

Plantas de Heliconia en suelos contaminados por Cd acumulan el metal tóxico en sus raíces

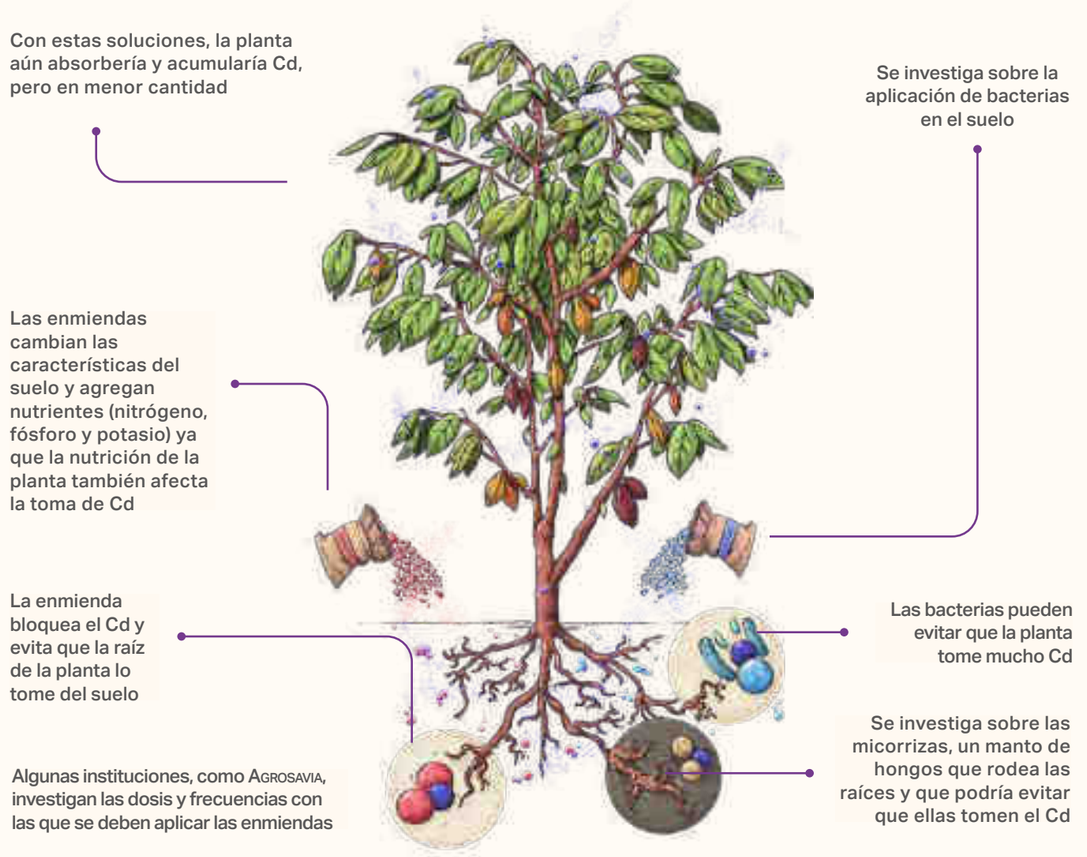
Todas las instituciones en Colombia que hacen investigación científica sobre Cd en el cultivo de cacao buscan de forma conjunta mitigar los niveles de ese metal pesado, tanto en los suelos como en todo lo que implica el cultivo y la obtención de granos seguros o inocuos.

Aunque se encuentre una solución que funcione en una región, puede que no tenga el mismo resultado en otra debido a las condiciones ambientales, por diferencias en el tipo de suelo o de acidez.

Esto puede pasar, por ejemplo:

1. Si en otra región el clima es diferente
2. Si el material de cacao es diferente
3. Si el suelo tiene diferentes características

A pesar de los diferentes esfuerzos de investigación, hasta el momento no existe en el mundo una solución definitiva para disminuir la concentración de este elemento en los granos de cacao y evitar que el Cd en el ambiente pase a las semillas de cacao o a otros productos agrícolas. Por esto es esencial continuar con más investigaciones y mejorar en las buenas prácticas agrícolas y en la gestión de la comercialización del cacao. En todo caso, lo cierto es que la solución no será única y se requerirán varias estrategias para los agricultores, dadas las particularidades de cada región y de cada planta.



Cabe resaltar que, para solucionar la problemática del Cd en cacao, se deben integrar todas las estrategias de mitigación que están validando los centros de investigación y la academia, en conjunto con la industria chocolatera.

Para mayor información consulte las cartillas complementarias:

Cartilla 1

Cartilla 3

Autores

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. Area de socioeconomía y población rural.

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

Dr. Edwin Gutiérrez

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

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

Colombia+ Competitiva
Cooperación suiza para la competitividad

swisscontact