



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 (UNDES), 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 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  
María 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.7404562>

### Preparación Editorial

*Astrid Verónica Bermúdez Díaz*

Líder Editorial - AGROSAVIA

**.Puntoaparte**  
Editores

[www.puntoaparte.com.co](http://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](http://www.shutterstock.com)

### Fotografías

AGROSAVIA.

[www.shutterstock.com](http://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.





# 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.







# 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 instituciones del país se puede realizar el análisis. Para ello consulta con el técnico de cam-

po 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<sup>1</sup> 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<sup>2</sup>). 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](mailto: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.





# 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



Granos fermentados y secados

En la tostión

En el descascarillado



¡Eliminar la testa! (+Cd)

Remoción de cascarilla en la disminución de Cd

**Durante el secado**



Secado y fermentado de los granos



¡No es bueno solo secado sin fermentar!



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

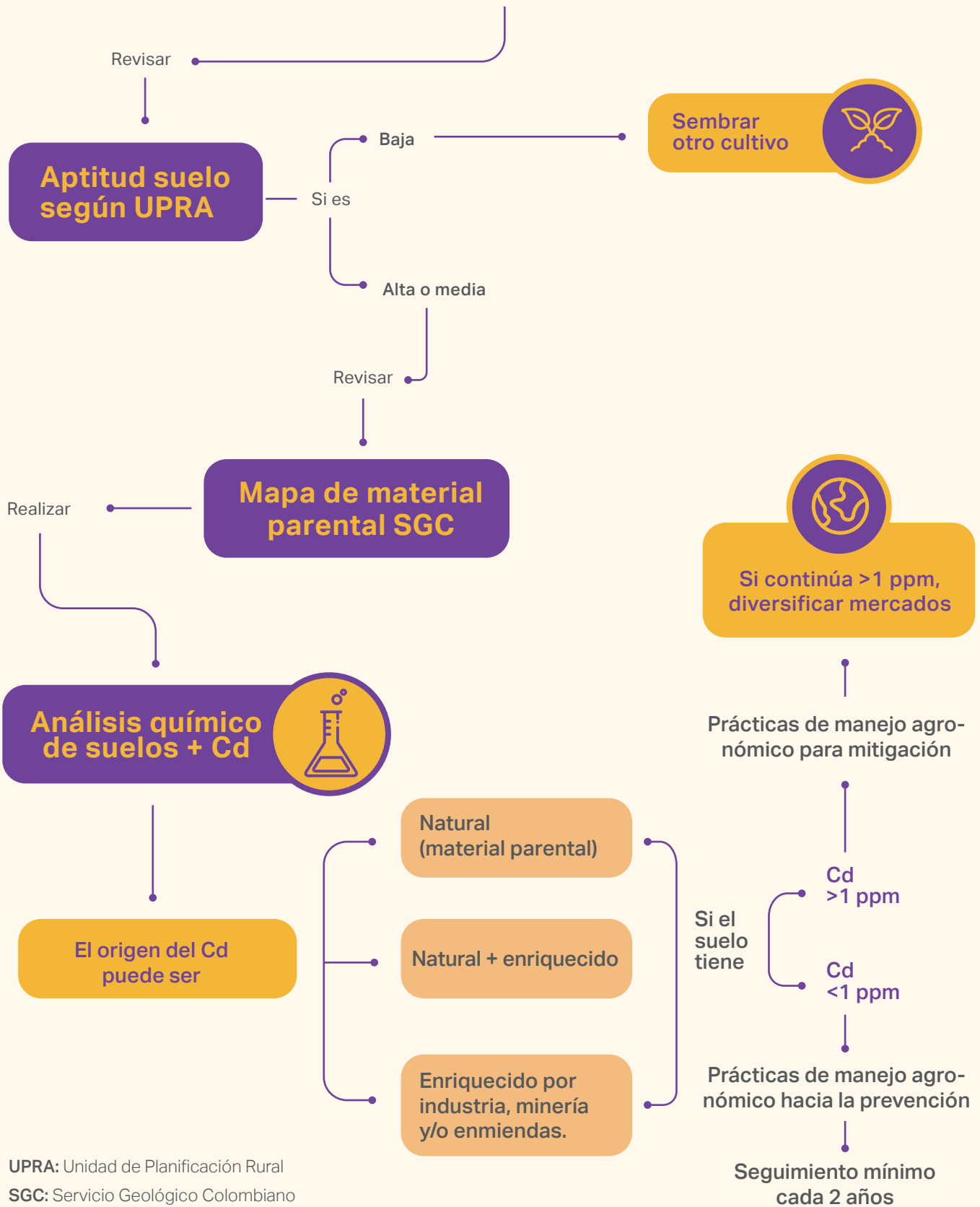
socioambientales, entre otros atributos. Todos ellos influyen en cualquier toma de decisiones de cara a mantener la inocuidad del cacao.

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



Adicionalmente, con el compromiso institucional y la necesidad de buscar alternativas para los cacaoultores, Fedecacao, en articu-

lación con algunas instituciones como AGROSAVIA, viene adelantando proyectos conjuntos como los descritos aquí:

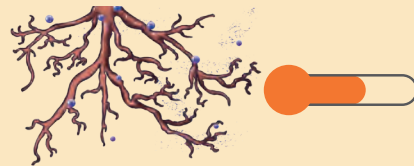
En un estudio realizado en dos zonas se encontró:



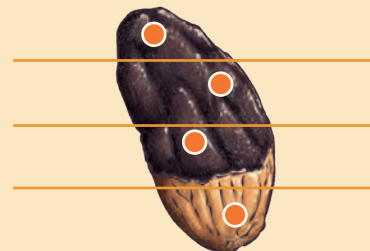
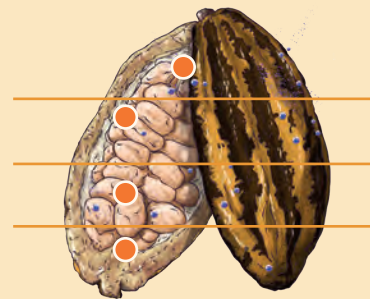
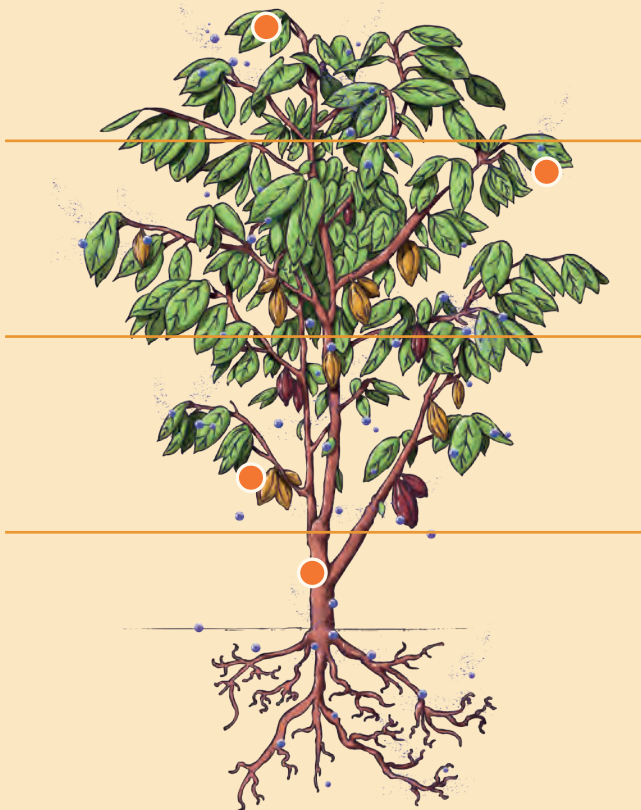
El contenido de Cd en agua lluvia, de aljibe y de acueducto, no superó 0,10 ppm



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

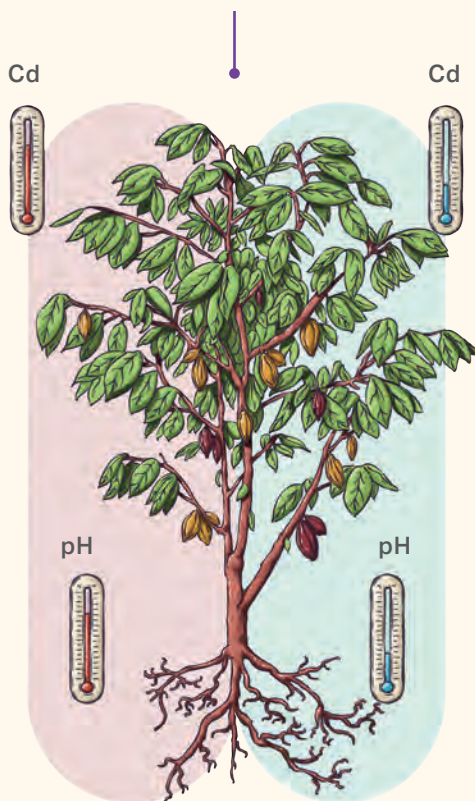
Poda y manejo de residuos de cosecha como práctica de mitigación del Cd en el suelo



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:

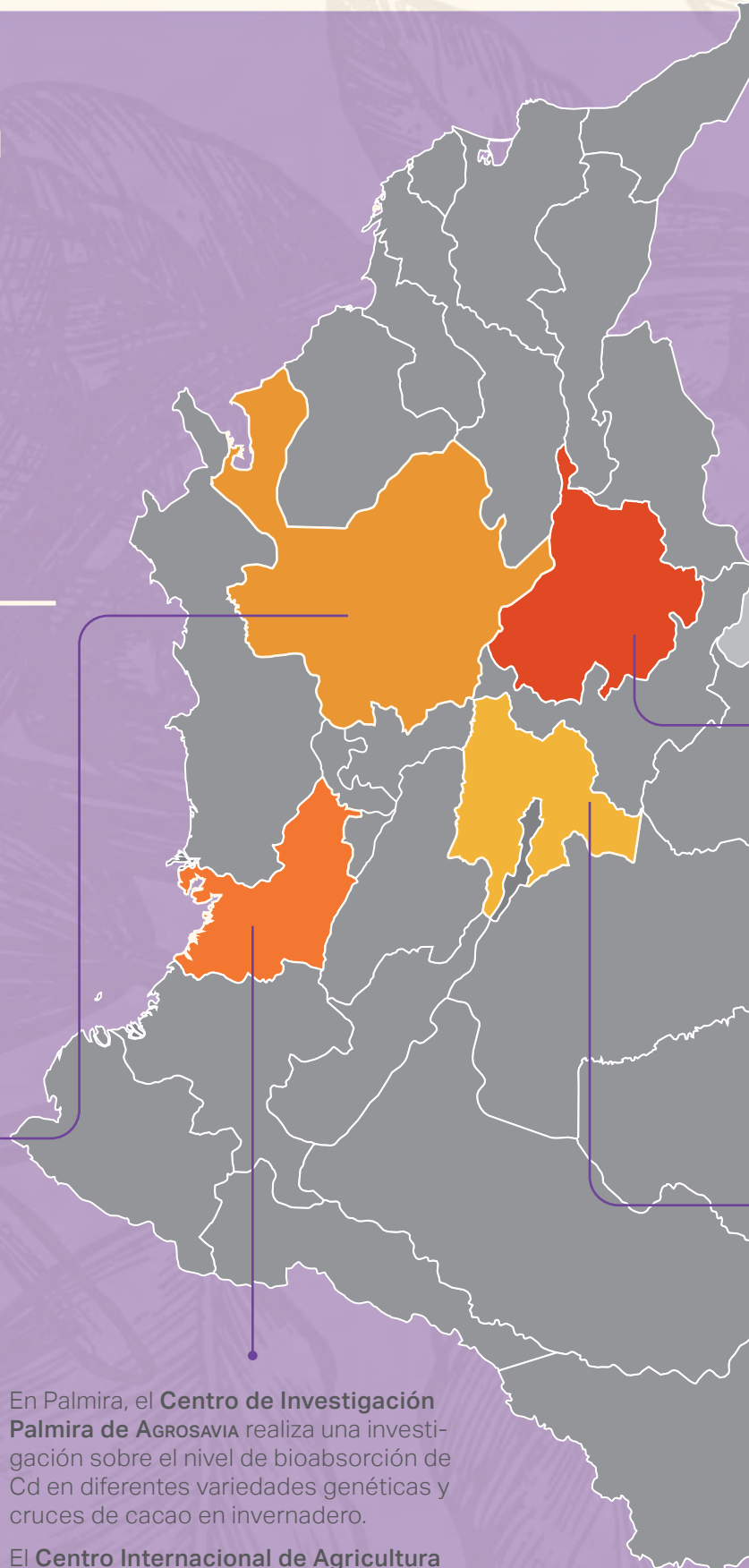
**La Universidad de Medellín, la Universidad EAFIT y la Institución Universitaria Pascual Bravo**, en sus facultades de Ingeniería, investigan conjuntamente el desarrollo de materiales que se puedan aplicar al suelo para disminuir la cantidad de Cd que absorbe la planta de cacao sin llegar a afectar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

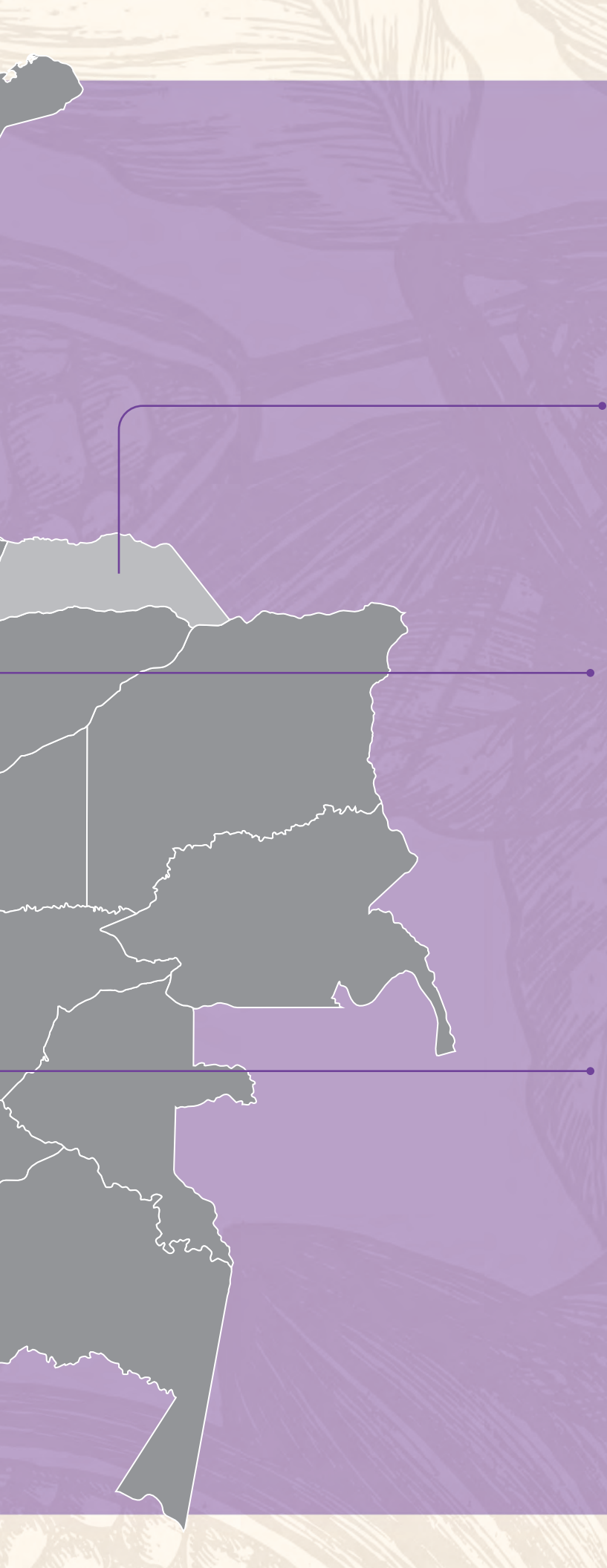
En Palestina, Caldas, la Granja Experimental Luker está realizando experimentos en reducción de Cd durante la fermentación de cacao y en el ciclaje de Cd en el suelo, y trabaja en variedades de cacao.

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

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.

Compost, obtenido de residuos orgánicos



18

**UNIVERSIDAD EAFIT**

Ingeniería de Procesos  
Grupo de Investigación DDP



**Universidad de Medellín**  
Ciencia y Libertad

Ingeniería Ambiental  
Grupo de Investigación GEMA



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

Ingeniería Mecánica  
Grupo de Investigación GIAM



Enmienda

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.

## 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.

Materiales con componentes nanoparticulados

Enmiendas comerciales

Biocarbón y otros materiales, obtenidos de residuos agroindustriales

1

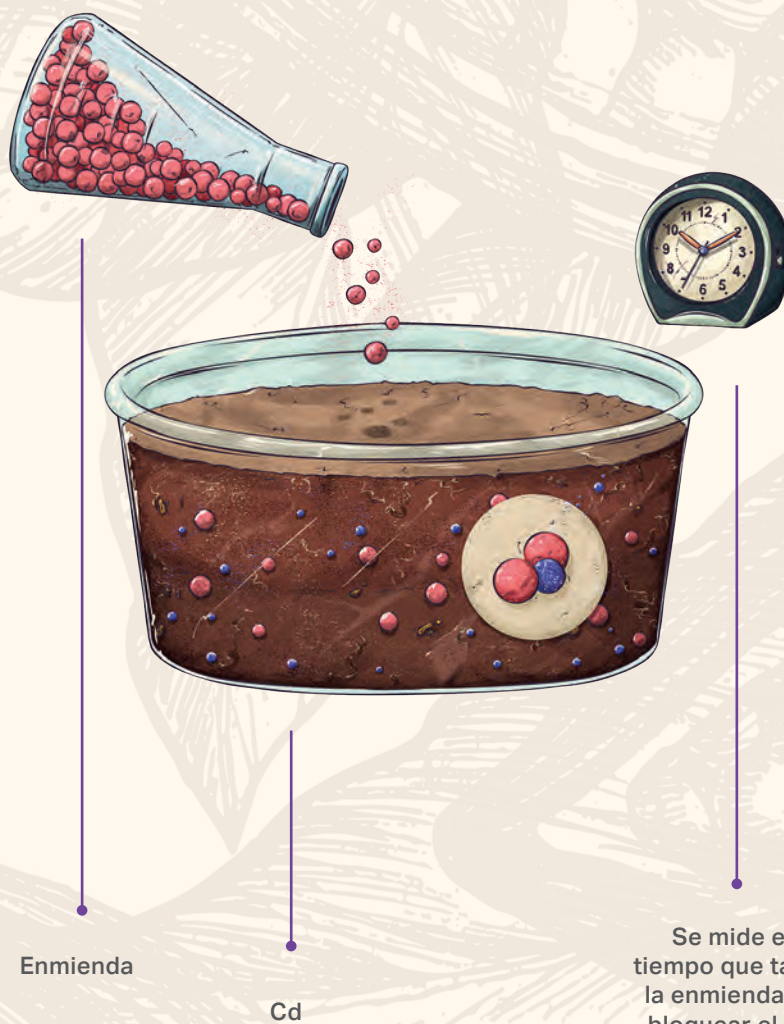
Se hacen pruebas con diferentes cantidades de los materiales

2

Los materiales se mezclan y se procesan en el laboratorio

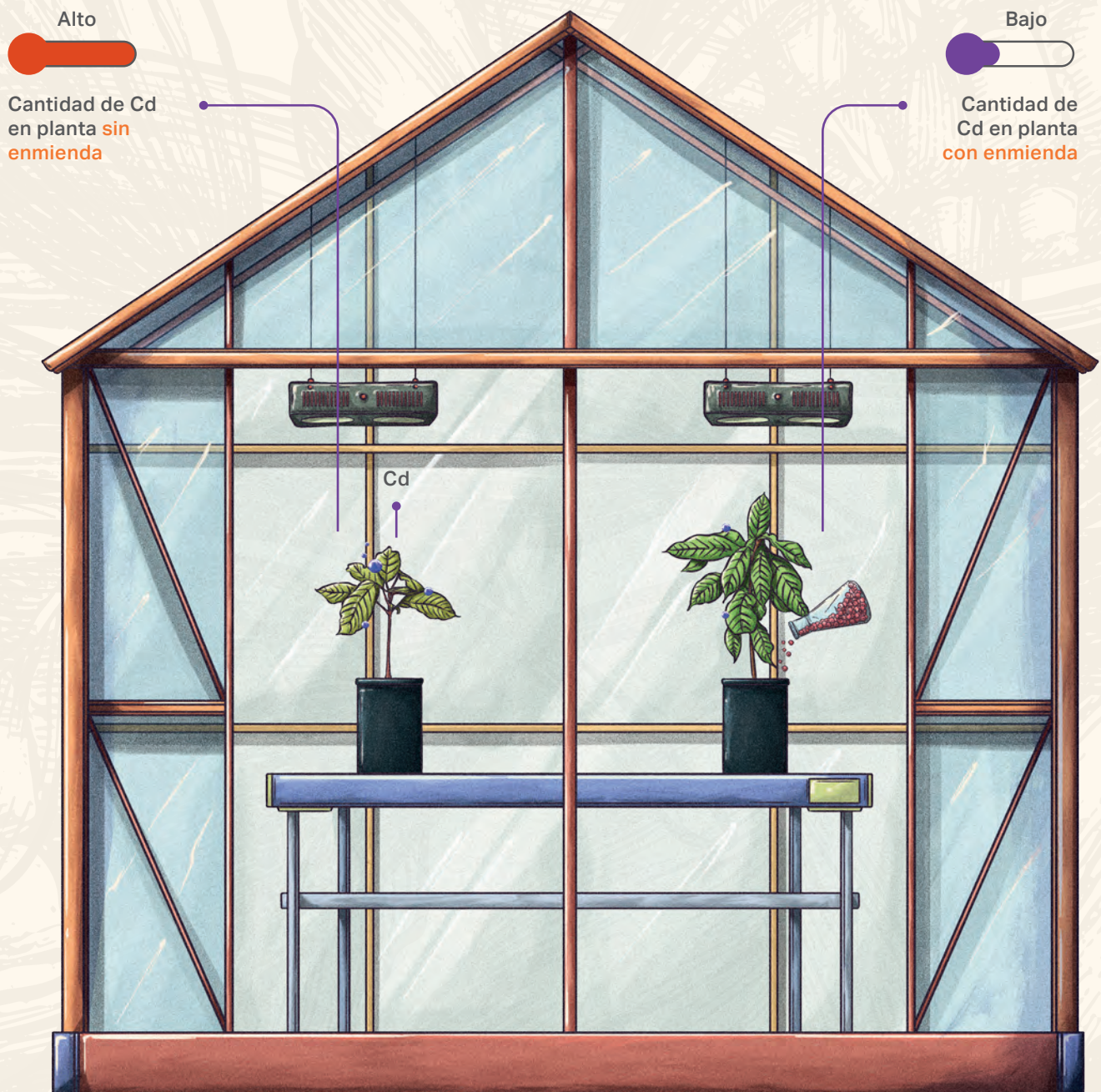
3

Tras el proceso, se obtiene la enmienda que pasa a la etapa de pruebas



**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.

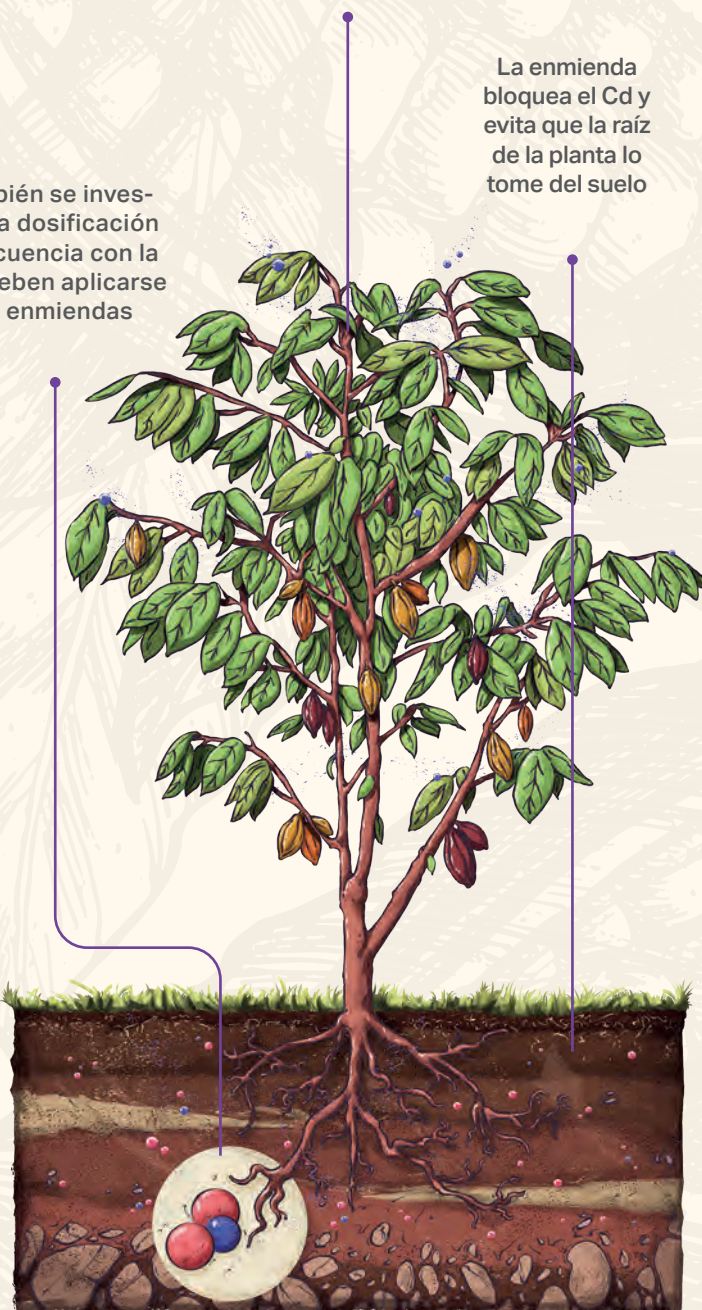
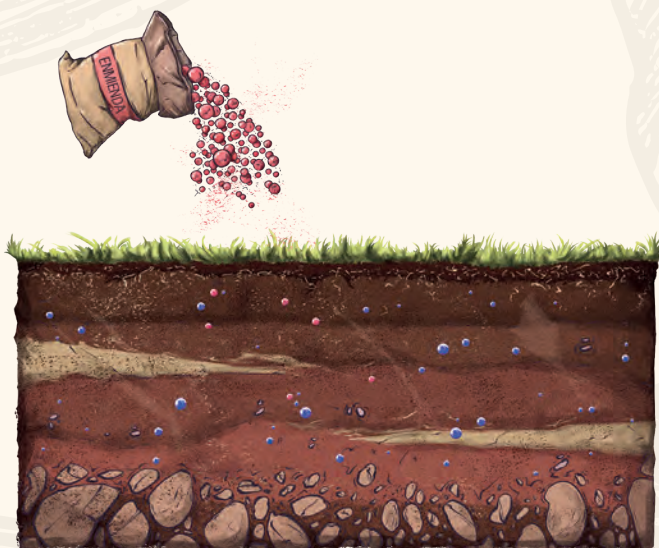
---

Con la enmienda, la planta aún absorbería y acumularía Cd, pero en menor cantidad

La enmienda bloquea el Cd y evita que la raíz de la planta lo tome del suelo

También se investiga la dosificación y frecuencia con la que deben aplicarse las enmiendas

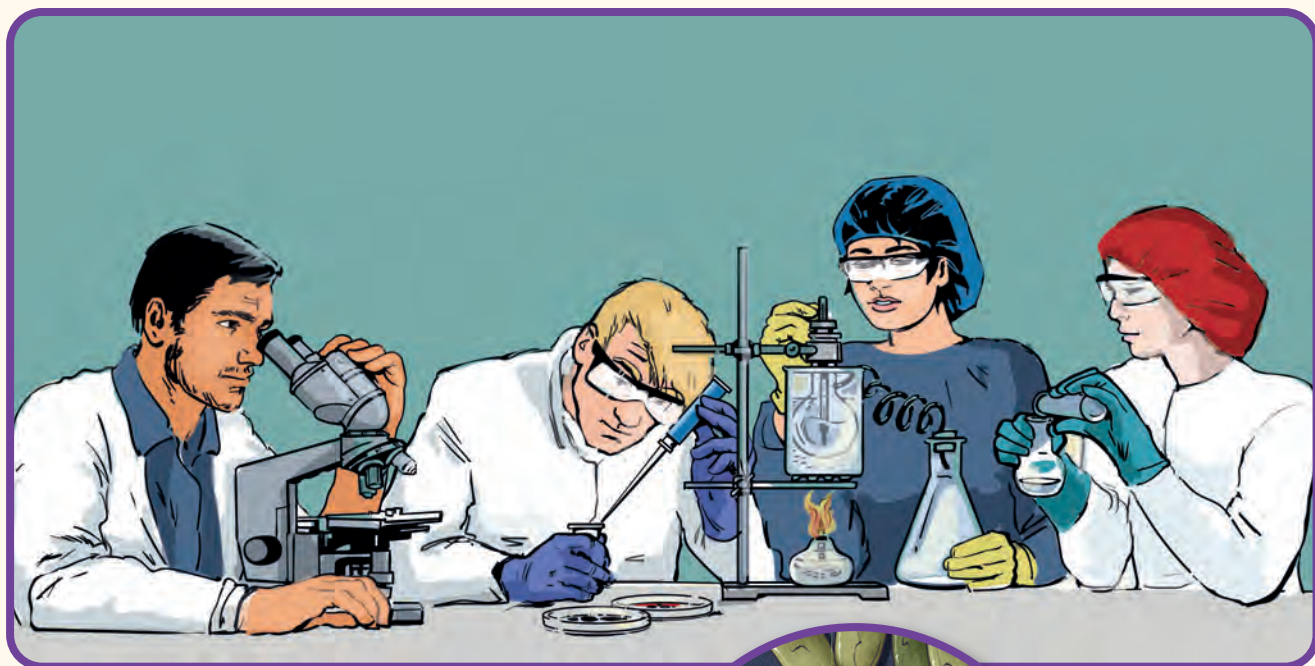
Las enmiendas cambian las características del suelo y agregan nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) ya que la nutrición de la planta también afecta la toma de Cd



# 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 comercia-

lización 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.

Con estas soluciones, la planta aún absorbería y acumularía Cd, pero en menor cantidad

Se investiga sobre la aplicación de bacterias en el suelo

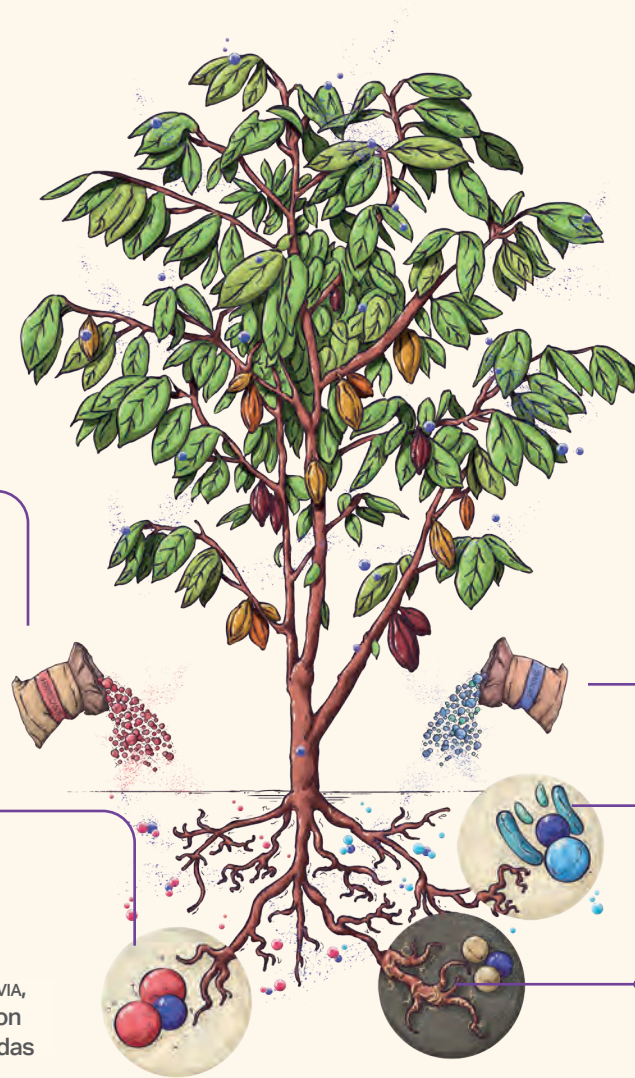
Las enmiendas cambian las características del suelo y agregan nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) ya que la nutrición de la planta también afecta la toma de Cd

La enmienda bloquea el Cd y evita que la raíz de la planta lo tome del suelo

Las bacterias pueden evitar que la planta tome mucho Cd

Algunas instituciones, como AGROSAVIA, investigan las dosis y frecuencias con las que se deben aplicar las enmiendas

Se investiga sobre las micorrizas, un manto de hongos que rodea las raíces y que podría evitar que ellas tomen el Cd



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:





**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

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



Colombia+  
Competitiva  
Cooperación suiza para la competitividad

  
swisscontact