



## **Plataforma Multiagencia de Cacao (ATN/RF-17235-RG)**

### **Producto 7. Documento marco estratégico para el reconocimiento de la Plataforma de Cacao “2030-2050”**

**Byron Moyano, Laura Ramírez, Eduardo Chávez**

**2024**



Plataforma Multiagencia  
**Cacao 2030-2050**





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Byron Moyano, Laura Ramírez, Eduardo Chávez.

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

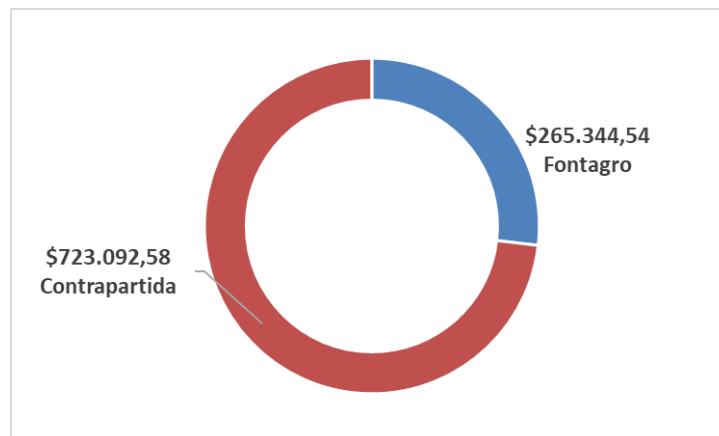
<b>1. Plataforma de cacao 2030-2050.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Resumen ejecutivo .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Introducción.....</b>	<b>7</b>
El cacao y su relación con el cadmio .....	7
El problema de cadmio (Cd) en la producción de cacao en América Latina y el Caribe .....	8
<b>4. Estrategias de la plataforma de cacao 2030-2050 .....</b>	<b>10</b>
Estrategia I: fincas de mitigación de cadmio .....	11
Estrategia II: fortalecimiento de laboratorios .....	12
Estrategia III: variedades de cacao con baja acumulación de cadmio .....	13
<b>5. Temas transversales .....</b>	<b>14</b>
<b>Glosario de términos.....</b>	<b>15</b>
<b>Referencias bibliograficas.....</b>	<b>16</b>
<b>Instituciones participantes.....</b>	<b>19</b>



## 1. PLATAFORMA DE CACAO 2030-2050

La Plataforma Multiagencia de Cacao 2030-2050 tiene como objetivo fortalecer las capacidades de investigación aplicada para generar información que permita posicionar a la región como productora de cacao de calidad y bajo cadmio (Cd). La Plataforma está constituida principalmente por cuatro instituciones importantes de tres países miembros de FONTAGRO: Costa Rica (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria), Colombia (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) y Ecuador (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y la Escuela Superior Politécnica del Litoral). La Plataforma de cacao ha sido financiada con el 27% de fondos provenientes de FONTAGRO y el 73% con fondos de contrapartida de las instituciones participantes, hasta la fecha la plataforma ha operado con un monto total de US\$ 988.437,12.

La Plataforma se enfoca, a nivel regional, en mejorar las capacidades institucionales de cada uno de los países miembros, aprovechando el conocimiento generado por los socios y el trabajo colaborativo de los equipos multidisciplinarios de las instituciones involucradas. Esta iniciativa genera el conocimiento a través de la investigación y transmite la información a los actores claves a través de una gestión de conocimiento integral. La Plataforma apunta a solucionar un tema transversal de importancia económica, social y ambiental, que es el cumplimiento de normativas sanitarias de cadmio en chocolate. En síntesis, los estudios realizados permitieron entender la interacción suelo/planta en fincas de cacao, medidas de mitigación agronómicas y de postcosecha para la reducción de Cd en plantaciones de cacao, su manejo y estrategias para la comercialización y competitividad en el marco de la normativa vigente de la Unión Europea. Todo ello en paralelo a la transferencia de conocimiento a técnicos y productores en los diferentes países de la región.



*Origen de los recursos para financiar la plataforma de cacao*

La Plataforma de cacao ha tenido un alto impacto a nivel regional en la temática del cadmio y lo demuestran los indicadores técnicos alcanzados a lo largo de la ejecución del proyecto.



Indicadores técnicos alcanzados 2019-2023



## 2. RESUMEN EJECUTIVO

La plataforma de cacao ha logrado posicionarse en Costa Rica, Colombia y Ecuador como un espacio de consejería científico-técnico, y ha logrado cooperaciones y trabajos colaborativos con diferentes instituciones públicas y privadas. La problemática de cadmio (Cd) en cacao a nivel mundial ha encendido las alarmas en América Latina y El Caribe (LAC), ya que, de acuerdo con la información científica disponible, la región posee un contenido de Cd en las almendras más elevado que los países exportadores de África.

La misión, visión y objetivo de la plataforma recoge el sentir de las instituciones involucradas activamente. En este sentido, la misión de la plataforma es *“desarrollar conocimiento y tecnologías a través de la investigación y mejora de las capacidades institucionales, con el fin de resolver los problemas agrícolas y de calidad del sector cacaotero en América Latina”* y la visión es *“ser una comunidad técnico-científica consolidada y referente, que coordine con instituciones públicas y privadas actividades de investigación y desarrollo para dar respuesta de manera oportuna a las necesidades del sector cacaotero en América Latina”*.

Igualmente, se definieron las estrategias a seguir en los próximos años a nivel de campo y laboratorio, entre ellas están: i) mantenimiento y monitoreo de las fincas demostrativas utilizadas para ensayos de mitigación de cadmio, ii) fortalecimiento de capacidades analíticas de los laboratorios de las instituciones participantes y, iii) obtención de nuevas variedades de cacao con baja acumulación de cadmio y resistentes a plagas, enfermedades y sequía. Cada estrategia cuenta con sus objetivos como el evaluar el efecto de las enmiendas de mitigación de Cd en suelos, hojas y almendras de cacao; mejorar las capacidades de los laboratorios de la región para determinar las concentraciones de Cd (y otros metales) en diferentes matrices con alto grado de precisión y calidad, y, el uso de herramientas genéticas de vanguardia para desarrollar nuevas variedades de cacao con baja acumulación de Cd y altamente productivos. Estos objetivos están enfocados en las necesidades actuales del sector cacaotero en LAC.

Finalmente, se identificaron temas transversales a las estrategias antes mencionadas como la necesidad de lograr nuevas alianzas para asegurar la sostenibilidad de la investigación y el escalamiento de las tecnologías desarrolladas a nivel público y/o privado, local o internacional. El tener un plan de fortalecimiento de las capacidades y gestión del conocimiento y comunicación es fundamental, así como también, la identificación de actores claves para su implementación.

Este documento marco estratégico planteado, busca mejorar los rendimientos y sostenibilidad del sector cacaotero en LAC, así como también, el estilo de vida de los beneficiarios y la imagen regional como productor de cacao de calidad.



### 3. INTRODUCCIÓN

#### *El cacao y su relación con el cadmio*

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta perteneciente a la familia *Malvaceae* que tiene su centro de origen en los bosques de Suramérica (Motamayor et al., 2002; Toxopeus, 2008). El cultivo se constituye como la tercera mercancía de tipo agrícola de mayor importancia a nivel mundial después del café y la caña de azúcar (Osorio-Guarín et al., 2017). El movimiento económico generado por el cultivo ha servido de sustento para muchas familias rurales y se calcula que alrededor de 6 millones de personas se benefician de la cadena de producción de cacao a nivel mundial (Acierno, 2020; World Cocoa Foundation, 2014).

El cacao es sembrado en países tropicales siendo las zonas de producción más importantes África (Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún), Centro y Suramérica (Brasil, Colombia, Costa Rica, y Ecuador), y parte de Asia (Papua Nueva Guinea, Malasia, e Indonesia). La participación de estas zonas en el mercado mundial es de 77,18% y 5%, respectivamente (ICCO, 2021a, 2021b). Los mayores consumidores de este rubro han sido tradicionalmente Europa y Estados Unidos, sin embargo, en la actualidad los estados BRIC (Brasil, Rusia, India), o denominados también mercados emergentes, han logrado establecerse como un espacio importante en el comercio de este producto (Acierno, 2020; ICCO, 2021a; van Vliet & Giller, 2017). En América Latina, la producción estimada del año 2021 alcanzó las 905.000 toneladas (Ton) (ICCO, 2021a). Los dos mayores productores son Ecuador y Brasil con alrededor de 350.000 y 200.000 Ton, respectivamente. Dentro de los productores de cacao en el continente, Colombia y Costa Rica emergen como zonas estratégicas debido al potencial productivo de los suelos y el énfasis en la generación de investigación científica que mejore su calidad y niveles de productividad.

**Costa Rica** se constituye como un país potencialmente importante para el cultivo de cacao. Históricamente, el país se había destacado en la producción de cacao, pero a partir de la aparición de la *Monilia (Moniliophthora roreri)*, que causó pérdidas importantes en la producción, los agricultores abandonaron los cultivos y el área sembrada se redujo considerablemente (Amburo, 2017; Comisión Interinstitucional de Cacao, 2018; PROCOMER, 2019). El país tiene definidas tres zonas de producción de cacao denominadas: Brunca (Sur), Huetar del Caribe (Atlántica), y Huetar Norte (Comisión Interinstitucional de Cacao, 2018; Furcal-Beriguete & Torres-Morales, 2020; Nadurille, 2010). Se estima que 4.750 ha se dedican a la producción del cultivo con un 100% reconocidas como cacao fino de aroma (Furcal-Beriguete & Torres-Morales, 2020). La productividad en las fincas cacaoteras del país bordea los 250 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y se calcula que el rubro genera ingresos cercanos a los 2'324.700 USD y sirve de sustento para al menos 3.041 familias (Comisión Interinstitucional de Cacao, 2018; PROCOMER, 2021).

**Colombia** es el décimo productor de cacao a nivel mundial con el 1.2% de participación en el mercado (Alarcón, 2018). En total, se estima que el área cultivada alcanza las 189.185 ha con un rendimiento promedio de 450 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para el año 2020 (MADR, 2021). En términos



económicos, las exportaciones de este rubro significaron alrededor de 28'423.099 USD para el país. En adición, la actividad cacaotera genera trabajo e ingresos para alrededor de 65.341 familias (MADR, 2021).

**Ecuador** es el mayor productor de cacao en América con una participación de 6.8% en el mercado mundial (ICCO, 2021b), además, es el mayor productor de cacao fino de aroma a nivel mundial. El 80% de la producción se concentra en las provincias de Guayas, Los Ríos, Esmeraldas, Manabí, El Oro, y Santa Elena (Argüello et al., 2019a; Barrera et al., 2019; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017). El área total que el cultivo ocupa dentro del país se aproxima 559.617 ha, siendo el cultivo agrícola más extensivo. El rendimiento promedio oscila entre 390 a 510 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> dependiendo de la variedad (Barrera et al., 2019; Hütz-Adams et al., 2016). En la balanza comercial, el cacao representa el quinto producto de exportación no petrolera, generando 620 millones de dólares en el año 2021 y beneficiando a cerca de 100.000 familias de zonas rurales (Barrera et al., 2019; Ministerio de Producción comercio exterior inversiones y pesca, 2021).

### ***El problema de cadmio (Cd) en la producción de cacao en América Latina y el Caribe***

La elevada concentración de Cd en almendras de cacao pone en riesgo la sostenibilidad de la cadena productiva en la región (Argüello et al., 2019; Bravo et al., 2021a; Chavez et al., 2015; Gil et al., 2021; Vanderschueren et al., 2021a). Esta elevada concentración puede provenir de diversos orígenes como material parental meteorizado o de la adición artificial que incrementan la cantidad y biodisponibilidad de Cd (Smolders, 2001; Vanderschueren et al., 2021a). En el caso particular de Cd en productos alimenticios, la normativa europea establece límites muy estrictos para el contenido de este metal en el chocolate y van desde 0.10 a 0.80 mg kg<sup>-1</sup> dependiendo del porcentaje de sólidos de cacao en el producto como se muestra en la Tabla 1 (European Commission, 2014). Esta legislación está en rigor a partir del primero de enero del 2019.

*Tabla 1. Límites de concentración de Cd en productos derivados de cacao (European Commission, 2014)*

<b>Producto específico de cacao y chocolate enumerados a continuación</b>	<b>Límites (mg kg<sup>-1</sup>)</b>
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%	0.10
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao <50%	0.30
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥30%	0.30
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥50%	0.80
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor (chocolate para beber)	0.60





## Misión

Desarrollar conocimiento y tecnologías a través de la investigación y mejora de las capacidades institucionales, con el fin de resolver los problemas agrícolas y de calidad del sector cacaotero en América Latina

## Visión

Ser una comunidad técnico-científica consolidada y referente, que coordine con instituciones públicas y privadas actividades de investigación y desarrollo para dar respuesta de manera oportuna a las necesidades del sector cacaotero en América Latina

## Objetivo

Fortalecer las capacidades de investigación aplicada para generar información que permita posicionar a la región como productora de cacao de calidad y bajo cadmio, así como también, aprovechar el conocimiento generado y el trabajo colaborativo de los equipos multidisciplinarios de cada país



## 4. ESTRATEGIAS DE LA PLATAFORMA DE CACAO 2030-2050

Durante el tiempo de ejecución del proyecto “Plataforma Multiagencia de Cacao para América Latina y El Caribe 2030-2050”, se han realizado diferentes actividades en los cuatro componentes propuestos. Estos componentes fueron estructurados con el fin de buscar alternativas para el manejo de Cd desde diferentes aristas, como ejemplo: desde el estudio del variedades o genotipos y su respuesta en la absorción de Cd, ensayos en campo con agricultores aplicando enmiendas con potencial en la reducción del contaminante, medición de impactos socioeconómicos por la normativa vigente de regulación de la Unión Europea (UE) y finalmente, difusión, extensión y capacitación en América Latina y El Caribe LAC, de forma virtual y presencial.

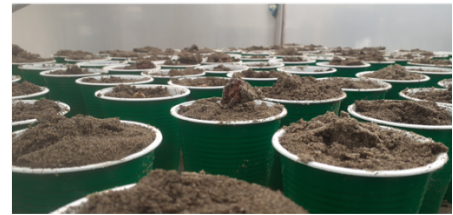
Las instituciones que conforman la Plataforma de Cacao durante todo este tiempo han puesto todo sus esfuerzos y conocimientos para la obtención de resultados de importancia para el sector cacaoero en base a investigación científica. A partir de estos resultados se definen las estrategias de la Plataforma en función del tiempo esperado de implementación.



**Estrategia I:** Fincas de mitigación de cadmio



**Estrategia II:** Fortalecimiento de laboratorios



**Estrategia III:** Variedades de cacao con baja acumulación de cadmio



## ***Estrategia I: fincas de mitigación de cadmio***

---

**Objetivo:** *Evaluar el efecto de las enmiendas de mitigación de cadmio en suelos, hojas y almendras de cacao*

---

El cacao es clave para la sostenibilidad rural ya que es una de las principales fuentes de ingreso de muchas familias agrícolas, además de ser una alternativa viable para enfrentar la adaptación al cambio climático y problemas sociales en la región. Este cultivo posee gran potencial para la integración con el sector privado y el desarrollo de nuevos mercados y canales de comercialización (MADR, 2021). Actualmente, el cacao enfrenta dificultades en su comercialización debido principalmente a normas establecidas por los países consumidores de chocolate, entre las que se destacan regulaciones de tipo ambiental, sociales e inocuidad, esta última relacionada con metales pesados como cadmio (Cd) en productos en percha (European Food Safety, 2012).

### *Intervención:*

La estrategia busca mantener el monitoreo de las fincas de mitigación ya implementadas por la plataforma de cacao ya que los trabajos de investigación en cultivos perennes requieren de muchos años de evaluación, más aún, para el escalamiento de los resultados a campo. Para el caso de mitigación de cadmio en cacao, la investigación realizada por la plataforma sugiere que se requiere de al menos cuatro años de estudios para lograr una reducción de 50 a 60% en la concentración de Cd en almendras.

Como parte de la estrategia está la extensión de las tecnologías que mejor funcionen a más fincas que se traduce a un mayor número de productores impactados. Estas fincas servirán para realizar extensión agrícola y deben desarrollarse en distintas condiciones de suelos y climas para abarcar un mayor número de escenarios. Es importante recalcar en la sostenibilidad de las fincas con respecto a su monitoreo y evaluación, por lo que se recomienda, aplicar a nuevos fondos para asegurar su seguimiento por mayor tiempo. Estos fondos adicionales también deben de utilizarse para formar escuelas de campo y formar a los técnicos responsables de diseminar las tecnologías.

En esta estrategia es importante que se muestre la eficiencia de enmiendas disponibles localmente y ajustada al contexto de cada país (e.g. disponibilidad, costos, entre otros). De forma general, se recomienda el uso de carbonato de calcio (cal agrícola) en suelos ácidos (pH < 5). Esta enmienda es ampliamente utilizada para incrementar el pH de los suelos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/17235 - Producto 5.pdf>



## **Estrategia II: fortalecimiento de laboratorios**

---

*Objetivo: Mejorar las capacidades de los laboratorios de la región para determinar las concentraciones de cadmio en diferentes matrices con alto grado de precisión y calidad generando confianza en la industria*

---

La Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) ha identificado el consumo de chocolate como una fuente de Cd en la ingesta de alimentos y ha establecido límites máximos permitidos en productos a base de cacao, los cuales varían de 0,10 a 0,80 mg de cadmio kg<sup>-1</sup> en materia seca de cacao (EFSA, 2011). Por lo tanto, determinar de forma precisa

la concentración de este metal en los productos derivados de cacao es crítico para asegurar el acceso de la materia prima de América Latina y El Caribe (LAC) a mercados regulados, como el europeo.

### *Intervención:*

Si bien la plataforma de cacao trabajó fuertemente en esta estrategia con tres laboratorios de la red<sup>2</sup>, es indispensable que más laboratorios de la región tengan la capacidad de analizar cadmio en cacao en diferentes matrices (i.e. tipos de muestras como almendras, suelo, hojas, entre otros) con estándares de calidad analítica. En cuanto a la determinación de Cd en suelo, algunos países utilizan metodologías para obtener los niveles totales del elemento (biodisponible + no disponible) o pseudototales o la cuantificación de Cd sin tener en cuenta el Cd unido a los silicatos, mientras que otros países han optado por utilizar metodologías de extracción simple para identificar la fracción de Cd fitodisponible. Pocos laboratorios utilizan ambas metodologías para identificar total y fitodisponible (Chavez et al., 2016). La medición de este metal en suelos es sin duda, un reto para los laboratorios de debido a los diferentes procedimientos que se utilizan y la gran variabilidad de Cd en los suelos cacaoteros.

La estrategia de fortalecer los laboratorios de la región tiene como fin lograr que se pueda determinar la concentración del metal de forma precisa, trazable y repetible localmente, ya que, en la actualidad una gran parte de las muestras de los países productores de cacao son enviadas a laboratorios de EEUU y Europa para asegurar la calidad de los resultados. Esto ocasiona que los resultados tarden más tiempo en poder llegar a las empresas comercializadores lo que incrementa los costos.

---

<sup>2</sup> <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/17235 - Producto 4.pdf>



La estrategia comprende en la capacitación para el uso de la metodología estandarizada por nuestro proyecto que hace énfasis en la incorporación de sistemas de control analíticos y de calidad (QA/QC) mediante el uso de: i) blancos analíticos, ii) reporte de curva de calibración, iii) determinación de repetibilidad, iv) uso de materiales de referencia certificados, y v) medición de soluciones contaminadas con Cd.

---

**Objetivo:** *Desarrollar nuevas variedades de cacao con baja acumulación de cadmio y altamente productivos*

---

### ***Estrategia III: variedades de cacao con baja acumulación de cadmio***

La evidencia científica muestra que, para la almendra de cacao producido en LAC, los valores de concentración de Cd son mayores que los encontrados en cacao proveniente de África (European Food Safety, 2012). En Ecuador se halló que la concentración

promedio de Cd en almendra fue de 0,90 mg kg<sup>-1</sup> en 570 muestras de diferentes zonas productoras del país, coincidiendo con valores similares reportados en otros países de LAC (Arguello et al., 2019 & Meter et al., 2019). Por lo anterior, es prioritario para LAC encontrar soluciones a corto, mediano y largo plazo que aseguren la disminución de la concentración de Cd en almendras (Zug et al., 2019 & Rodriguez et al., 2020).

#### *Intervención:*

Se implementaron ensayos para conocer la afinidad de las variedades de cacao y la absorción de cadmio, estos resultados preliminares<sup>3</sup>, sirven como punto de partida para nuevos estudios de mejoramiento genético con las variedades identificadas como de baja acumulación. Otros investigadores han reportado que la acumulación de metales pesados está asociado a factores genéticos heredables como genes de transporte metálicos no específicos (Bert et al., 2003 & Ueno et al., 2010).

Parte de la estrategia consiste en crear una red de investigadores en fitomejoramiento, para comprender las bases genéticas de los materiales locales asociadas al proceso de acumulación y absorción de cadmio empleando técnicas de ingeniería genética o propagación masiva asexual. Estos estudios de largo plazo deben de contemplar el análisis de producción, tolerancia a enfermedades y calidad, de las variedades identificadas como de baja absorción.

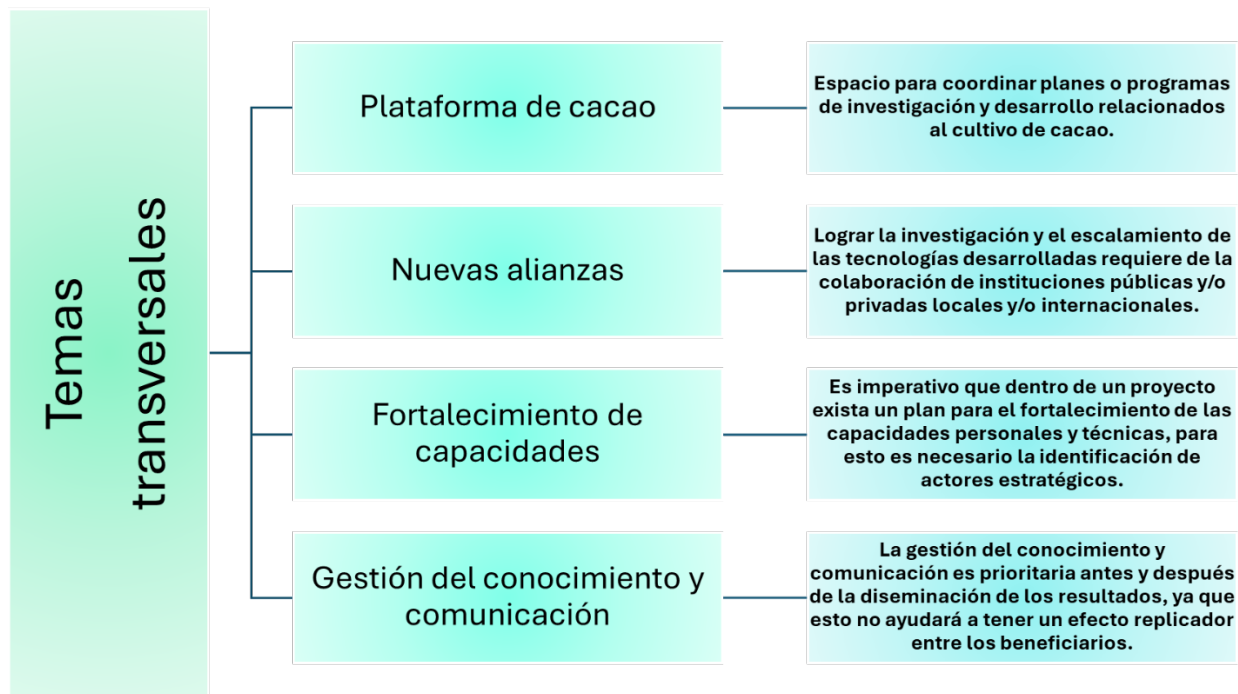
---

<sup>3</sup> <https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/17235 - Producto 1.pdf>



El uso de ingeniería genética, por ejemplo, para el silenciamiento del (o los) gen (o genes) causante de la absorción del cadmio en variedades de cacao, supone una barrera de acceso de los productos al mercado europeo. Por lo que se recomienda utilizar las variedades ya comerciales que presentan una baja acumulación de Cd. El reto del uso de estas variedades comerciales es la propagación asexual masiva, esto para asegurar la homogeneidad genética. Estos estudios podrían tomar más de 10 años, hasta llegar a probar que estas variedades alcanzan una producción interesante y poseen cualidades organolépticas deseadas.

## 5. TEMAS TRANSVERSALES





## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Bio-disponibilidad:** se refiere a las formas de cadmio que pueden migrar o ser transportadas desde el suelo hacia la planta. Esta fracción del cadmio es muy importante, porque es, finalmente, la fracción que interesa medir en almendras de cacao para la implementación de la regulación europea en chocolates, o en productos derivados de cacao.

**Cadmio:** es un elemento químico de número atómico 48 situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Cd y se denomina metal pesado por ser 4 veces más denso que el agua. También ha sido clasificado como tóxico y carcinógeno para humanos y otros animales. La forma dominante en suelo es Cd<sup>2+</sup>.

**Grano o almendra de cacao:** es la semilla de *Theobroma cacao*, del cual se extraen los sólidos de cacao y la manteca de cacao. Las almendras son la base del chocolate. En Colombia se le denomina grano, pero en otros países como Ecuador se le denomina preferencialmente como almendra. En síntesis, son sinónimos del mismo concepto.


**Finca:** en Colombia y Ecuador, corresponden al predio o espacio físico donde se desempeña el productor (en inglés farm o orchard) de cacao para cultivar, sembrar y cosechar, en algunos casos, también se realizan procesos de postcosecha y beneficiados. En Perú, por ejemplo, se usa un término distinto, denominándose así 'chacra' o parcela.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acierno, V. (2020). Following cocoa beans to chocolate: The search for intrinsic characteristics. Wageningen University and Research.
- Alarcón, E. A. (2018). Evaluación del potencial de mercado de un bioinsumo inmovilizador de cadmio en el sistema Colombiano. Universidad EAFIT.
- Amburo, D. (2017). Condiciones Productivas de Cacao de los Territorios Rurales de la Zona Norte y Caribe de Costa Rica. In Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Argüello, D., Chavez, E., Lauryssen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019a). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans : A nationwide survey in Ecuador. *Science of the Total Environment*, 649, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>
- Bert, P. Meerts, P. Saumitou-Laprade, P. Salis, W. Gruber, N. Verbruggen (2003). Genetic basis of Cd tolerance and hyperaccumulation in *Arabidopsis halleri*. *Plant Soil*. 249 9–18.
- Bravo, D., Leon-Moreno, C., Martínez, C. A., Varón-Ramírez, V. M., Araujo-Carrillo, G. A., Vargas, R., Quiroga-Mateus, R., Zamora, A., & Rodríguez, E. A. G. (2021a). The first national survey of cadmium in cacao farm soil in Colombia. *Agronomy*, 11(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040761>
- Chavez, E., He, Z. L., Stoffella, P. J., Mylavarapu, R. S., Li, Y. C., Moyano, B., & Baligar, V. C. (2015). Concentration of cadmium in cacao beans and its relationship with soil cadmium in southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, 533, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.106>
- Chavez, E., He, Z. L., Stoffella, P. J., Mylavarapu, R. S., Li, Y. C., & Baligar, V. C. (2016). Chemical speciation of cadmium: An approach to evaluate plant-available cadmium in Ecuadorian soils under cacao production. *Chemosphere*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.013>
- Comisión Interinstitucional de Cacao. (2018). Plan Nacional de Cacao 2018-2028: Hacia la consolidación de una agrocadena competitiva y sostenible. In Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sector Agroalimentario. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- European Commission. (2014). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. In *Diario Oficial de la Unión Europea* (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.1975>
- European Food Safety Authority. (2012). Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal* 10(1). <https://doi:10.2903/j.efsa.2012.2551>
- Furcal-Beriguete, P., & Torres-Morales, J. L. (2020). Determination of cadmium concentrations in





cocoa plantations (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 33, 122–137. <https://doi.org/https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>

Gil, J. P., López-Zuleta, S., Quiroga-Mateus, R. Y., Benavides-Erazo, J., Chaali, N., & Bravo, D. (2021). Cadmium distribution in soils, soil litter and cacao beans: a case study from Colombia. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03299-x>

ICCO. (2021a). *Cocoa Market Report September 2021* (Vol. 1, Issue 1).

ICCO. (2021b). *Production of cocoa beans*.

MADR. (2021). *Cadena de Cacao*. In *Dirección de cadenas agrícolas y forestales*. [https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2020-03-31 Cifras Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

Meter, R. Atkinson, B. Laliberte (2019). *Cadmium in Cacao from Latin America and the Caribbean: A review of research and potential mitigation solutions*. Bioversity International, Rome.

Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380–386. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>

Nadurille, E. (2010). *Cacao: Cadena de valor de Costa Rica*. In *Ilica - Catie*.

Oliveira, B. R. M., De Almeida, A. A. F., de Almeida Santos, N., & Pirovani, C. P. (2022). Tolerance strategies and factors that influence the cadmium uptake by cacao tree. *Scientia Horticulturae*, 293, 110733

Osorio-Guarín, J. A., Berdugo-Cely, J., Coronado, R. A., Zapata, Y. P., Quintero, C., Gallego-Sánchez, G., & Yockteng, R. (2017). Colombia a source of cacao genetic diversity as revealed by the population structure analysis of germplasm bank of *Theobroma cacao* L. *Frontiers in Plant Science*, 8(November), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01994>

PROCOMER. (2019). *Manual Técnico Siembra de cacao fino y de aroma*.

Rodríguez, B., Marín, J. A., Neyder, A., (2020). *Desarrollo de líneas de cacao (*Theobroma cacao* L.) editadas genéticamente que limiten la acumulación de cadmio en sus tejidos: FASE-I*. Universidad EAFIT. Revisado 16/03/2024 en <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/45882a9b-9174-47d5-a9ad-035ea4308cb8/content>

Smolders, E. (2001). Cadmium uptake by plants. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 14(2), 177–183.

Toxopeus, H. (2008). *Botany, Types and Populations*. In *Cocoa* (Issue 1964, pp. 11–37). <https://doi.org/10.1002/9780470698983.ch2>

Ueno, N., Yamaji, I., Kono, C.F., Huang, T., Ando, M., Yano, J.F., Ma. (2010). Gene limiting cadmium



accumulation in rice. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 107 16500–16505.

Vanderschueren, R., Argüello, D., Blommaert, H., Montalvo, D., Barraza, F., Maurice, L., Schreck, E., Schulin, R., Lewis, C., Luis, J., Umaharan, P., Chavez, E., Sarret, G., & Smolders, E. (2021a). Mitigating the level of cadmium in cacao products: Reviewing the transfer of cadmium from soil to chocolate bar. *Science of the Total Environment*, 781(2021), 19. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146779>

van Vliet, J. A., & Giller, K. E. (2017). Mineral Nutrition of Cocoa: A Review. In *Advances in Agronomy* (1st ed., Vol. 141). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.017>

World Cocoa Foundation. (2014). *Cocoa Market Update* (Issue 4).

Zug, H.A. Huamaní Yupanqui, F. Meyberg, J.S. Cierjacks, A. Cierjacks (2019). Cadmium accumulation in peruvian cacao (*Theobroma cacao* L.) and opportunities for mitigation. *Water, Air, Soil Pollut.* 230 1–18

## INSTITUCIONES PARTICIPANTES



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)