



HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA PRESENCIA DE CADMIO EN CACAO

Guía de Aprendizaje Nro. 17
Estación Experimental Tropical Pichilingue



EL NUEVO
ECUADOR 

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



**HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE PARA LA
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA PRESENCIA
DE CADMIO EN CACAO**
GUÍA PARA FACILITADORES





PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Daniel Noboa Azín

MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Danilo Palacios Márquez

DIRECTOR EJECUTIVO INIAP

Raúl Jaramillo Velastegui

AUTORES

Hugo Huaraca Huaraca

Gabriela Narváez Pavón

Manuel Carrillo Zenteno

COMITÉ DE PUBLICACIONES INIAP

Carlos Molina, Wuellins Durango, Ignacio Sotomayor, Jim Ochoa

FOTOGRAFÍAS

Carlos Erazo, Pablo Arias, Unidad de Comunicación INIAP

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Javier Albuja

Gamma Publicidad Creativa

IMPRESIÓN

Imprenta IDEAZ

ISBN

978-9942-22-605-1

CITA DE ESTA PUBLICACIÓN

Huaraca, H., Narváez, G., Carrillo, M. (2024). *Herramientas de aprendizaje para la prevención y mitigación de la presencia de cadmio en cacao*. Guía de Aprendizaje Nro.17 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito. EC. Pág. 77.

2024, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Quito - Ecuador

Teléfono: 593-2 256 7645

Correo electrónico: iniap@iniap.gob.ec

www.iniap.gob.ec

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando se cite correctamente la fuente.

Esta publicación fue elaborada en el marco del proyecto de El Fondo para la Aplicación de Normas y el Fomento del Comercio (STDF) – STDF/PG/577, titulado “**Mejorando el desarrollo de capacidades y el intercambio de conocimiento para apoyar el manejo de los niveles de cadmio en el cacao en América Latina y el Caribe**”. También se reconoce el apoyo prestado en el marco del 11° Fondo Europeo para el Desarrollo (EDF) “Apoyo a los Estados del CARIFORUM en la promoción de la implementación de su Acuerdo de Asociación Económica (EPA)” del proyecto “**Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF)**”.

Disclaimer

“Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento pertenecen completamente al autor. Estos no representan necesariamente la opinión del STDF o de alguno de sus organismos asociados o donantes”.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

PROHIBIDA SU VENTA



EL NUEVO
ECUADOR

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



Presentación

El uso de guías metodológicas como herramientas de apoyo para la transferencia de conocimientos contribuye a la adopción de alternativas tecnológicas. Por esta razón, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) desarrolla guías de enseñanza – aprendizaje que abordan diversas fases del manejo integrado de cultivos priorizados. En este contexto, estas herramientas se convierten en recursos valiosos que orientan a los facilitadores en la construcción de aprendizajes participativos.

Los procesos de capacitación previos, en el marco del proyecto INIAP – STDF titulado “Mejorando el fortalecimiento de capacidades y la gestión del conocimiento sobre los niveles de cadmio en el cacao de América Latina y El Caribe para exportación a la Unión Europea”, promovieron la formación de “master trainers” con el objetivo de difundir recomendaciones frente a la problemática del cadmio (Cd) en el cacao. A partir de las lecciones aprendidas, las herramientas de aprendizaje para la prevención y mitigación de la presencia de Cd en cacao representan un aporte significativo para fortalecer el efecto multiplicador de la formación, mejorando la calidad de la capacitación y fomentando el diálogo de saberes.

La guía de aprendizaje, destinada a facilitadores y a quienes ofrecen Servicios de Asesoramiento Rural (SAR), ha sido elaborada bajo un enfoque metodológico de gestión del conocimiento, centrado en el desarrollo de competencias necesarias para que los productores cacaoteros reconozcan la problemática de Cd. Esta guía también busca que, en colaboración con asociaciones, empresas exportadoras y otros actores clave, se implementen estrategias efectivas de prevención y mitigación. Con este propósito, se llevaron a cabo talleres participativos con una diversidad de actores involucrados en la cadena productiva del cacao, donde se analizaron competencias y se definieron objetivos de aprendizaje.

El verdadero valor de la guía radica en proporcionar orientaciones metodológicas que permitan abordar el tema durante el proceso formativo. La secuencia temática, los materiales y las estrategias empleadas son flexibles, lo que facilita su adaptación a las características particulares de cada grupo objetivo y su integración en diversas metodologías de extensión. Para ampliar el conocimiento, el facilitador deberá consultar otras fuentes bibliográficas, como manuales, artículos científicos y tesis.

Esperamos que este material a más de aportar como un recurso práctico, también inspire un cambio en la forma en que se aborda la capacitación en el sector agrícola, promoviendo un aprendizaje más participativo y efectivo, en beneficio de todos los involucrados en la cadena productiva del cacao.

Raúl Jaramillo PhD.
Director Ejecutivo del INIAP

Agradecimientos

Esta guía de aprendizaje fue construida de manera participativa a través de talleres de gestión del conocimiento. Agradecemos el valioso aporte a cada uno de los participantes en este proceso.

Los participantes del taller titulado: “Desarrollo de herramientas de aprendizaje para la prevención y mitigación de cadmio” realizado en dos etapas, el 26 de febrero y 02 de agosto de 2024. Ellos fueron: Carolina Carranza, Mario Ramos, Washington Morales, Frank Intriago, Jessica Alvarado, Juan Álvarez, Orlando Rivera, Juan Carlos Ortega, Rufo Tapia, Eithel Estrada, Consuelo Díaz, Franklin Cedeño, Jefferson Infante, Karina Peña, Silvia Bone, Arturo Bravo, Amable Inga, Gloria Avilés, Francia Sánchez, Ruperto Aguayo, Ana Cevallos, Andrés Mendoza, Jenny León, Jhonatan Loor, Rodrigo García, Domitila Ponce, Mayra Bustamante, Freddy Kaiser, Mauricio Vite y Álvaro Roca, Eduardo Chávez e Iván Garzón. Asimismo, agradecemos a las instituciones que los representaron: Asociación de Producción Agropecuaria Dos de Agosto (ASOPRODOAGO), GAD Valle Hermoso, Universidad Técnica de Manabí (UTM), A&D Sánchez ADSANCOCOA S.A., RISTOKCACAO, Unión Nacional de Pequeños Productores de Cacao del Ecuador (UNECACAO), Asociación Francisco El Recreo, Maquita, Unión de Organizaciones Cacaoteras (UNOCACE), Fortaleza del Valle, Centro Agrícola de Mocache, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) e INIAP.

También reconocemos a los participantes de los talleres que se llevaron a cabo en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos; en la parroquia Valle Hermoso, provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas, en Ecuador; y en Piura, Perú. Gracias a su colaboración, fue posible validar las herramientas presentadas en esta guía de aprendizaje.

Extendemos nuestra gratitud al proyecto SDTF por el apoyo financiero. A todos ellos, nuestro reconocimiento por su compromiso y espíritu de colaboración en el diseño de estas herramientas de aprendizaje para la prevención y mitigación de Cd en el cacao.



Participantes de los talleres para el diseño de herramientas de aprendizaje

Contenido

Introducción	10
Recomendaciones para los usuarios de la guía	12
Unidad de aprendizaje 1. Conozcamos la problemática de la presencia de cadmio en cacao	14
Práctica 1: La problemática del cadmio y su impacto en nuestra economía	16
Práctica 2: Efectos del cadmio en la salud humana	23
Práctica 3: Conozcamos nuestro suelo para comprender su relación con el cadmio	28
Práctica 4: Reconozcamos los horizontes del suelo para comprender mejor la distribución del cadmio	38
Práctica 5. Identificación de factores que influyen en la biodisponibilidad del cadmio en el suelo	42
Unidad de aprendizaje 2. Realicemos un diagnóstico integral de la finca de cacao para desarrollar un plan de manejo de cadmio	48
Práctica 6: Conformando el equipo de trabajo “cacao libre de cadmio”	50
Práctica 7: Muestreo de suelo, hojas y almendras de cacao.....	54
Práctica 8: Diagnóstico de posibles fuentes de contaminación por cadmio en fincas cacaoteras.....	60
Práctica 9: Elaboración de un plan para prevenir y mitigar la contaminación de cadmio en fincas cacaoteras.....	69
Práctica 10: Monitoreo del plan de prevención y mitigación de cadmio	73
Referencias bibliográficas.....	76



INTRODUCCIÓN

La presente guía de aprendizaje busca que, a través de los facilitadores, los productores, organizados en alianza con los actores de la cadena productiva de cacao, adquieran competencias para prevenir y mitigar la presencia de Cd en este cultivo.

Esta guía se divide en dos unidades de aprendizaje, cada una de las cuales aborda las competencias esenciales que los productores deben desarrollar. Las competencias son las siguientes:

- **Analizar** las implicaciones sociales y económicas que enfrentarían los productores y otros actores de la cadena de cacao ante la dificultad de acceder al mercado de la Unión Europea, como consecuencia de la regulación sobre la presencia de cadmio.
- **Identificar** los efectos adversos que ocasiona el cadmio en la salud humana.
- **Describir** la composición del suelo, identificando sus características físicas, químicas y biológicas, para reconocer la importancia de estas propiedades en la salud y función del suelo.
- **Identificar** los diferentes horizontes del suelo y describir sus características principales para comprender su formación.
- **Definir** los principales factores que influyen en la disponibilidad del cadmio en el suelo.
- **Conformar** un equipo de trabajo para desarrollar participativamente estrategias de diagnóstico, planificación, implementación y seguimiento de las acciones de prevención y mitigación del cadmio en finca de productores.
- **Recolectar** adecuadamente muestras de suelo, hojas y mazorcas de una plantación de cacao para análisis de cadmio.
- **Realizar** un diagnóstico integral de las actividades de manejo de una finca cacaotera, identificando potenciales fuentes de contaminación por cadmio.
- **Elaborar** un plan integral que prevenga o mitigue los efectos del cadmio en una finca de cacao, aplicando Buenas Prácticas Agronómicas.
- **Verificar** el avance del plan de manejo relacionado con las prevención y mitigación de cadmio, identificando las causas que limitan su ejecución, así como establecer acciones correctivas para su adecuado cumplimiento.

Estas competencias fueron identificadas por agricultores, extensionistas, investigadores y técnicos con experiencia en cacao, quienes determinaron las brechas de conocimiento necesarios para comprender la problemática del Cd y proponer estrategias para su manejo.

A continuación, se presentan varias características de la presente guía que deben considerarse antes de su uso:

- **Enfoque de aprendizaje:** Esta guía puede ser utilizada en diversos enfoques de aprendizaje presencial, como escuelas de campo, talleres, cursos cortos, entre otros. Emplea múltiples técnicas para facilitar el aprendizaje (por ejemplo, observación, analogías, dramatizaciones, discusiones y simulaciones) y resalta la importancia de aprovechar el conocimiento previo de los participantes para construir un aprendizaje mejorado. Por esta razón, el facilitador debe actuar como un intermediario y mediador del conocimiento, en lugar de un profesor tradicional.
- **Requisitos mínimos para usuarios y beneficiarios:** Se recomienda que tengan experiencia en el cultivo de cacao y en procesos de capacitación participativa.
- **Capacitación para el usuario:** Se sugiere que los usuarios de esta guía participen en un taller para aprender a utilizarla. Este taller puede durar de 2 a 3 días y ser impartido por personas con experiencia en la temática y en el manejo de esta guía¹.
- **Adaptación:** Esta guía debe ser probada y adaptada a las condiciones sociales y agroecológicas de cada zona, especialmente si se va a utilizar fuera de Ecuador; es posible que ciertas figuras, términos y ejemplos deban ser adaptados al contexto local.



Recursos didácticos para facilitar el aprendizaje

¹ Para mayor información contactarse al siguiente correo: capacitación@iniap.gob.ec



RECOMENDACIONES PARA LOS USUARIOS DE LA GUÍA

Los usuarios de la presente guía deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Indicaciones para el facilitador antes de iniciar la sesión

- **Secuencia temática**

Elaborar un cronograma de capacitación que permita guiar y clarificar la secuencia de temas en función a las demandas de los participantes para definir el número de sesiones o llamadas de capacitación.

- **Revisar detenidamente los contenidos de la guía**

La guía provee de información esencial e instrucciones al facilitador para abordar una temática de capacitación; sin embargo, cada práctica debe ser probada y adaptada a las condiciones sociales y agroecológicas de cada zona. Esta guía no pretende tratar los temas a profundidad, otras fuentes bibliográficas, como manuales, trípticos, artículos científicos; deben ser revisados por el facilitador si se requiere ampliar sus conocimientos.

- **Conseguir los materiales descritos para el desarrollo de cada práctica**

Disponer los materiales que se utilizarán en la capacitación y revisar si son adecuados para los participantes.

- **Ubicar un espacio físico apropiado**

Entre las prácticas se desarrollan actividades como elaboración de dibujos, trabajos en papel periódico, observación de muestras, prácticas de campo, entre otras, que requieren seleccionar el espacio adecuado para el desarrollo de la capacitación de tal manera que permita crear un ambiente apropiado para el aprendizaje.

- **Opcional**

En caso de ser necesario evaluar de manera objetiva los conocimientos de los participantes, se deben preparar materiales para una evaluación inicial y final.

Actividades a desarrollar con los participantes durante la sesión

- **Presentación y aclaración de expectativas**

- 1.- Bienvenida a los participantes, se recomienda ser breves.
- 2.- Presentación de los participantes, se recomienda utilizar dinámicas para crear un entorno amigable, ayudar a los participantes a relajarse, conocerse, romper el hielo, promover la



confianza y estimular el interés. Para implementar una actividad rompehielos considere: a) Selección de la dinámica acorde con el objetivo del taller y el tiempo disponible, b) Instrucciones claras para que comprendan su propósito y cómo participar, c) Ejemplo práctico para que vean cómo se lleva a cabo y d) Reflexión posterior para relacionar la dinámica con el contenido del taller.

- 3.- Presentación del facilitador y de los temas a tratar.
- 4.- Para conocer lo que los participantes esperan de la capacitación se puede proponer preguntas tales como ¿para qué nos hemos reunido este día?
- 5.- Es indispensable dar a conocer la agenda o el tiempo que se empleará en la sesión.

- **Evaluación inicial de conocimientos**

Para motivar a los participantes a interesarse en el tema, rescatar sus conocimientos y, al mismo tiempo, establecer una idea general sobre su nivel de conocimiento, se pueden realizar preguntas exploratorias referentes al tema a tratar.

- **Desarrollo de la temática de capacitación**

Iniciar compartiendo con los participantes los objetivos de aprendizaje, éstos pueden ser escritos de manera resumida sobre un papel periódico o tarjetas para así, todos tener presente hacia dónde se prevé llegar. Durante el desarrollo de la capacitación asegurarse de que todos los participantes se involucren en el proceso de aprendizaje.

- **Cada práctica presenta la siguiente estructura**

- 1.- **Tema.** Descripción de la temática a abordar con los participantes.
- 2.- **Objetivo de aprendizaje.** Lo que el participante estará en capacidad de realizar al término de la práctica.
- 3.- **Tiempo.** La duración varía de acuerdo a cada práctica.
- 4.- **Recursos necesarios.** Lista de materiales o insumos requeridos para emplearse en la práctica.
- 5.- **Orientaciones para el aprendizaje.** Instrucciones sistemáticas para que el facilitador guíe el desarrollo del proceso de aprendizaje.
- 6.- **Notas técnicas.** Información técnica a ser estudiada por el facilitador.

Actividades finales

- **Síntesis**

Para reforzar los objetivos de aprendizaje, al final de la sesión el facilitador hará una síntesis sobre los temas tratados en la capacitación.

- **Evaluación final de conocimiento**

Para evaluar si los objetivos de aprendizaje se cumplieron se recomienda pedir a varios participantes seleccionados al azar realizar algunas actividades referentes a las prácticas desarrolladas.

- **Retroinformación**

Preguntar el criterio de los participantes respecto a las prácticas abordadas, así como a la logística del evento.

UNIDAD DE APRENDIZAJE

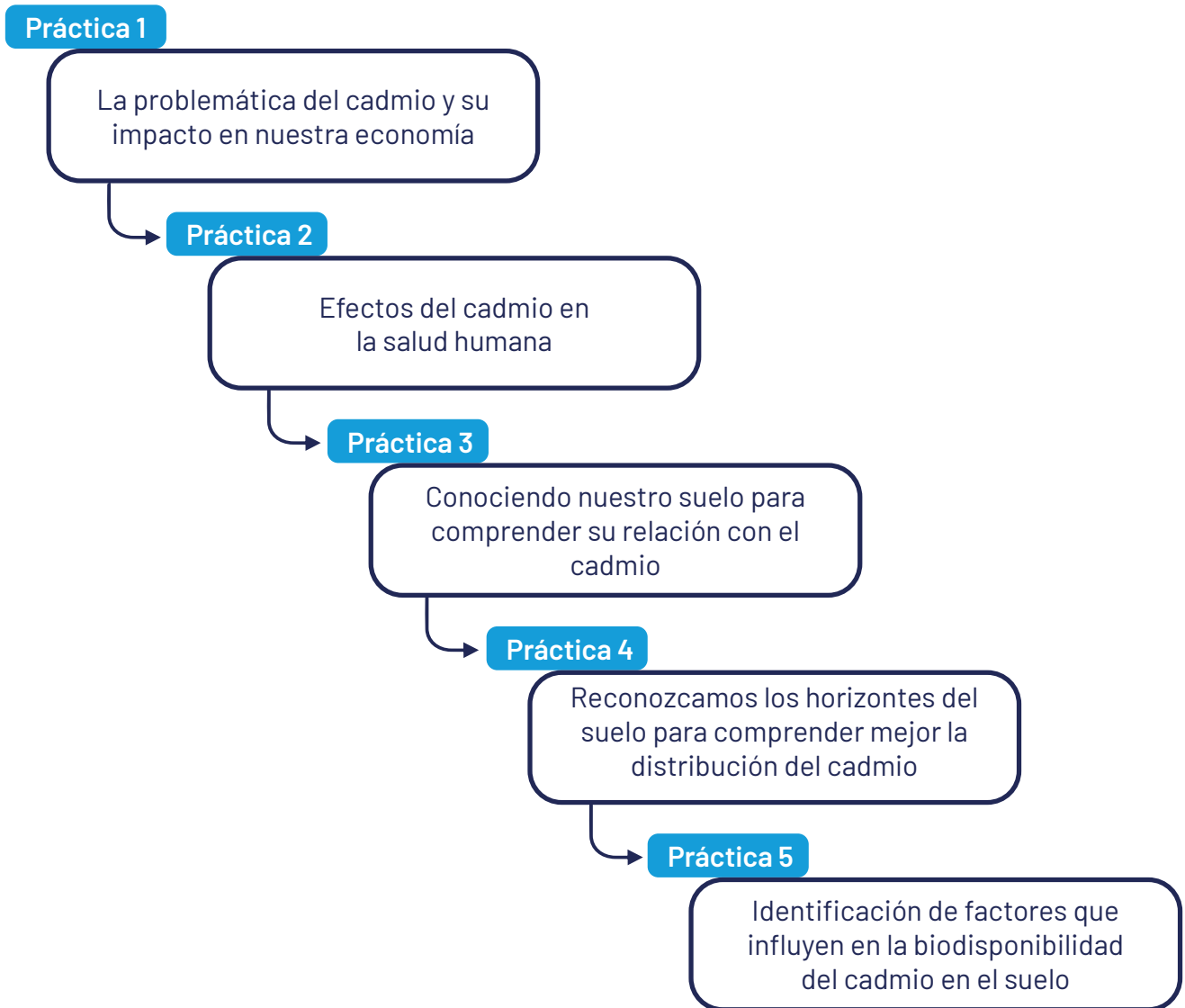
1



CONOZCAMOS LA PROBLEMÁTICA DE LA PRESENCIA DE CADMIO EN CACAO

Introducción

La presencia de cadmio (Cd) en el cacao es una problemática que ha cobrado relevancia debido a sus implicaciones económicas, ambientales y en la salud humana. Esta Unidad de aprendizaje, titulada “Conozcamos la problemática de la presencia de Cd en cacao”, está diseñada para brindar una comprensión integral de esta situación. A través de diversas prácticas, se abordarán temas clave como el impacto económico del Cd, sus efectos en la salud humana, la relación del Cd con el suelo y la identificación de los factores que influyen en su biodisponibilidad. Cada práctica busca aportar herramientas para entender y enfrentar este desafío en la producción de cacao.





PRÁCTICA 1: La problemática del cadmio y su impacto en nuestra economía



Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de:

- Analizar las implicaciones sociales y económicas que enfrentan los productores y otros actores involucrados en la cadena de cacao ante la dificultad de acceso al mercado de la Unión Europea, como consecuencia de la regulación sobre la presencia de Cd en el chocolate y otros productos derivados del cacao.
- Localizar en el mapa del contenido de Cd en almendras de cacao en Ecuador la ubicación aproximada de su finca e interpretar el rango de Cd en esa provincia.



Recursos necesarios

- Matriz de la oferta de cacao de la finca, pág 17.
- Matriz del plan de compra de la empresa exportadora, pág 18.
- Mazorcas de cacao.
- Datos actualizados sobre la producción nacional de cacao, mano de obra y volumen de exportación hacia la Unión Europea.
- Mapas de concentración de cadmio en almendras de cacao en Ecuador.
- Papel periódico, marcadores.



Tiempo

1 hora, 30 minutos



Orientaciones para el aprendizaje

1.- Reflexión inicial: Preguntar a cada participante: ¿Por qué es importante el cacao para usted? Anotar las respuestas en tarjetas y colocarlas sobre un papel periódico visible. Agrupar las respuestas por similitudes para definir los criterios comunes, haciendo énfasis en que estos criterios pueden verse afectados por la presencia de Cd.

2.- Ejercicio de análisis: Para resaltar la importancia económica y social del cacao, los participantes representarán a diferentes actores de la cadena productiva² (esta información puede presentarse en un cartel):

- **Comprador internacional de cacao.** Dos participantes representarán a los compradores, uno para el mercado de los Estados Unidos (EE. UU.) y otro para la Unión Europea (UE) este último puede ser interpretado por el facilitador.
- **Organización o Empresa de exportación.** Tres participantes formarán esta organización, eligiendo un nombre y lema. Deben llenar la matriz plan de compra, una vez que las fincas expongan su oferta de cacao.
- **Productor y Trabajadores.** Los demás participantes se dividirán en tres grupos, cada uno representando una finca. Cada grupo elegirá un representante como propietario de la finca, mientras que los demás representarán a los trabajadores. Deben llenar la matriz de la oferta de cacao.

3.- Oferta de cacao de la finca: Cada finca deberá completar la siguiente matriz de trabajo, asumiendo la producción en una superficie y época acordados al interior de cada grupo:

MATRIZ: OFERTA DE CACAO DE LA FINCA			
Nombre de la finca	Número de plantas sembradas	Producción total (toneladas)	Número de trabajadores

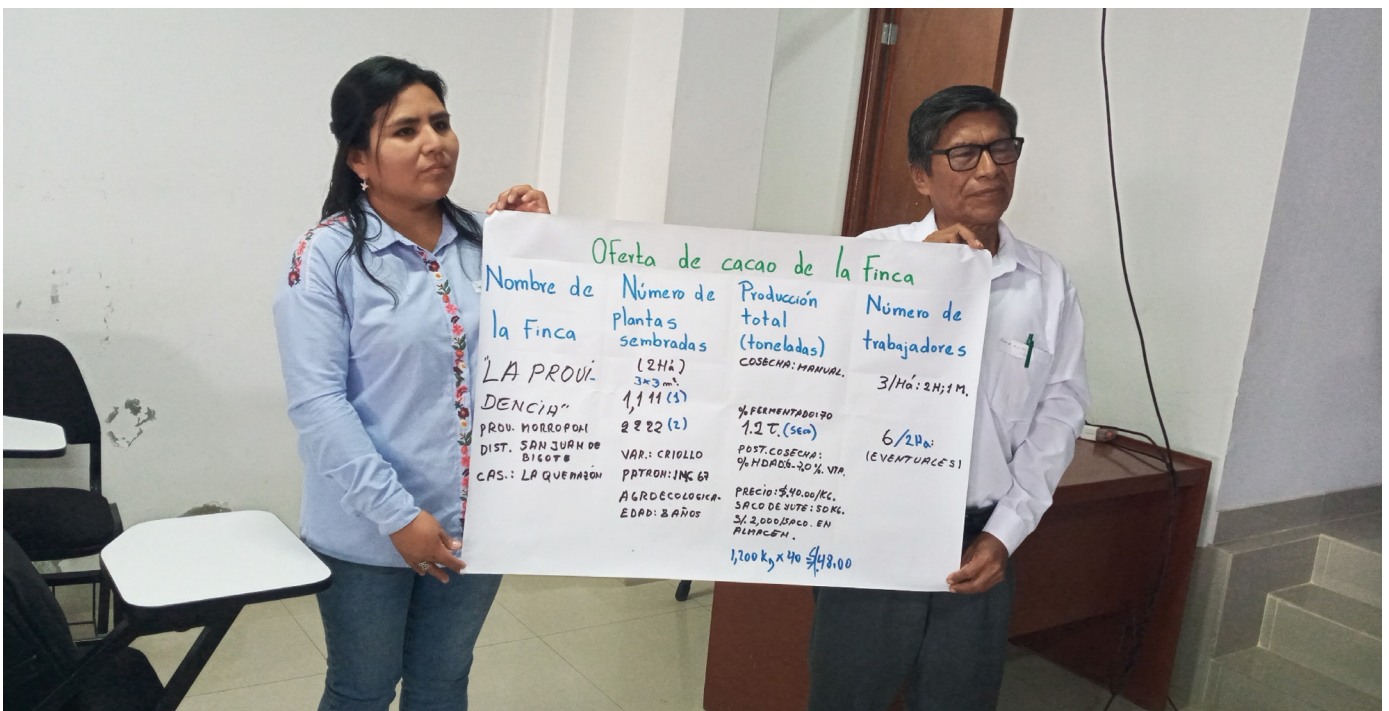
² La cadena de valor de cacao en Ecuador está compuesta por una diversidad de actores a nivel micro, meso y macro, que cumplen diferentes funciones en las etapas de producción primaria, acopio, transformación, distribución interna, exportación y consumo. Para fines didácticos de la práctica de aprendizaje, se han seleccionado cuatro actores: comprador internacional, organización exportadora, productor y trabajadores.



4.- Presentación de la oferta: Cada finca presentará su oferta de cacao exponiendo su matriz transcrita sobre un papel periódico y exhibiendo las mazorcas de muestra. La empresa exportadora participará en la exposición y, según los datos presentados, planificará su compra completando la siguiente matriz (la empresa acordará con el comprador internacional la cantidad que destinará a cada mercado):

MATRIZ: PLAN DE COMPRA DE LA EMPRESA EXPORTADORA				
Nombre de la empresa:				
Nombre de la finca	Cantidad que le interesa comprar (toneladas)	Total a comprar (toneladas)	Mercado de destino	Cantidad acordada con el comprador internacional (toneladas)
			Estados Unidos	
			Unión Europea	

5.- Simulación de la Compra/Venta: En plenaria, la empresa exportadora presentará su plan de compra. Asumiendo que el producto cumple con los requisitos del mercado de Estados Unidos, se llevará a cabo la transacción mediante la entrega de mazorcas de cacao. Sin embargo, en el caso de la Unión Europea, el comprador internacional simulará la evaluación de la concentración de Cd en las almendras antes de realizar la compra, teniendo como resultado un valor de 1,2 mg/kg. Con esta concentración de Cd preguntar a la audiencia ¿Qué decisión deberá tomar el comprador?



Presentación de la oferta de cacao para el ejercicio de compra/venta

6.- Discusión sobre el cadmio: A partir de esta información, preguntar a los participantes qué conocen sobre el Cd. El facilitador explicará que el Cd es un metal pesado y tóxico que se encuentra en la atmósfera, el agua y el suelo como producto de la meteorización de las rocas y erupciones volcánicas y por aporte de actividades humanas como la explotación minera de zinc y cobre, la quema de combustibles fósiles, la aplicación de fertilizantes fosfatados, entre otros (López et al., 2021). En el cacao, el Cd puede ser absorbido y acumulado en raíces, tallos, hojas, frutos y semillas.

7.- Regulaciones del cadmio: Actualmente, sigue una discusión activa de los límites máximos recomendados de Cd en 2023, los valores adoptados por el Codex Alimentarius son 0,3 mg/kg para la categoría de chocolate que contiene hasta un 30% de sólidos totales de cacao sobre la base de materia seca y 0,7 mg/kg para la categoría del 30 al 50%, si bien se toman nota de las reservas de algunas delegaciones, incluida la de la UE (CAOBISCO/ECA, 2023). El facilitador presentará el Reglamento 488/2014, como se observa en la Tabla 1, sobre los niveles máximos permisibles de Cd en el chocolate que aprobó la Unión Europea, a partir del 01 de enero de 2019.

Tabla 1. Niveles máximos de Cd para chocolates y cacao en polvo aprobado por la Unión Europea.

Producto	Nivel máximo permisible mg / kg
Chocolate con leche con un contenido de materia seca de cacao < 30%	0,10
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50%; 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 final (chocolate para beber)	0,60

Fuente: Adaptado del Reglamento de la Comisión Europea 488/2014

Si bien el reglamento no establece límites máximos permisibles de Cd para el cacao en almendra, los límites aplicados al chocolate y productos derivados del cacao impactan directamente en la exportación de la almendra, ya que la industria y los comercializadores los utilizan como referencia para sus procesos de compra y fijación de precios.

8.- Análisis de implicaciones: Para profundizar el análisis del ejercicio plantear las siguientes preguntas a los actores:



Exportadores:

- ¿Qué decisiones tomarían si su producto es rechazado por alto contenido de Cd?
- ¿Afecta la compra del cacao a alguna finca en particular? ¿Cuánto dejaría de comprarle?



Propietarios de fincas:

- ¿Cómo les afectaría si la organización exportadora deja de comprar su producto?
- ¿Qué impacto económico tendría?



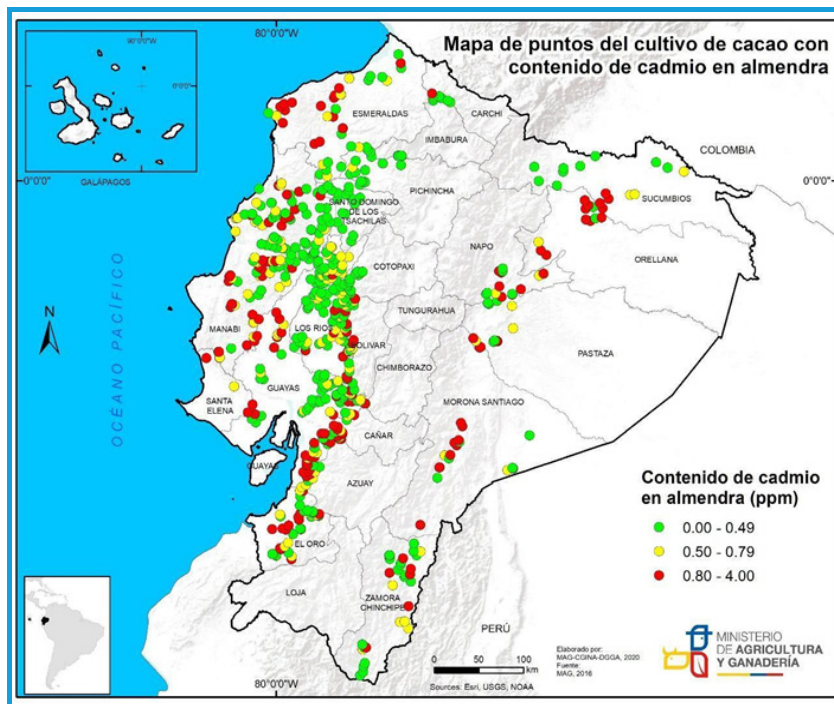
Trabajadores:

- ¿Cómo afectaría a su entorno familiar si el país no puede exportar cacao a la Unión Europea?



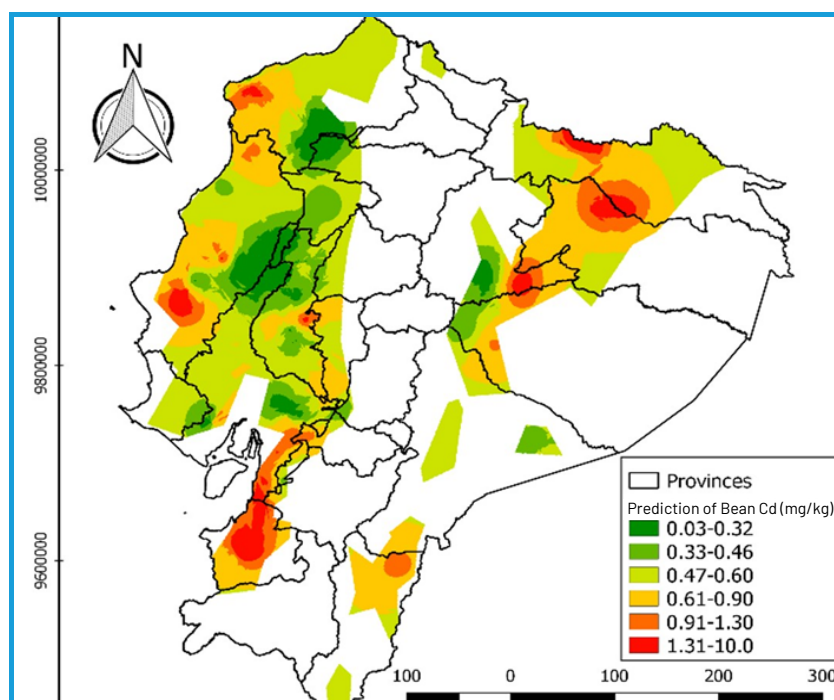
9.- Escalamiento del análisis: Para escalar el análisis a la realidad nacional, el facilitador presentará estadísticas de producción y exportación de cacao hacia la Unión Europea, resaltando su importancia para el país. Mostrar los mapas de la figura 1 y 2 del contenido de Cd en almendras de cacao y solicitar a los participantes que localicen su finca (aproximadamente) e interpreten el rango de Cd. Recordar que los mapas son referenciales y que puede haber heterogeneidad en la distribución de este metal dentro de una misma finca, por lo que se requiere verificar mediante análisis en laboratorio.

Figura 1. Mapa de contenido de Cd en almendra de cacao en Ecuador.



Elaborado por: MAG-CGINA-DGGA, 2020.

Figura 2. Mapa de zonas de presencia de Cd en almendra de cacao en Ecuador.



10.- Conclusión: La regulación europea para los valores de Cd en cacao, supone una limitante para las asociaciones y agricultores que desean acceder a mercados que exigen cacaos de alta calidad con estrictos estándares de inocuidad alimentaria.



Notas técnicas

El sector cacaotero en Ecuador

El cultivo de cacao es uno de los rubros más representativos en la economía ecuatoriana. A nivel mundial, Ecuador se posiciona como el tercer productor y exportador de cacao en grano, destacándose, además, como el principal productor de cacao fino de aroma, lo que contribuyó con el 6,9% al Valor Agregado Bruto Agropecuario y el 4,8% a las exportaciones no petroleras en 2022 (MAG, 2022). Actualmente, el cacao representa el 26% de la superficie agrícolas del país, abarcando un total de 509.179 ha.

El cacao se produce en 23 de las 24 provincias del Ecuador. En 2021, las principales provincias productoras de cacao en almendra seca fueron: Los Ríos (27,70%), Guayas (23,94%), Manabí (14,80%), Esmeraldas (12,14%) y Santo Domingo de los Tsáchilas (4,80%). En la región amazónica, las provincias con mayor participación fueron Sucumbíos (3,36%), Napo (1,36%) y Orellana (0,93%) (MAG, 2022).

En términos de producción, Ecuador alcanzó en 2021 una cifra de 302.094 t de grano seco, con una tasa de crecimiento promedio anual del 12% desde 2014 (MAG - SIPA, 2022). Este crecimiento ha sido impulsado por el aumento en la superficie cultivada como por mejoras en las técnicas de producción.

El sector cacaotero es también una fuente significativa de empleo. En 2022, se generaron 397.502 puestos de trabajo, con una participación del 75% de hombres y el 25% de mujeres, siendo la edad promedio de los trabajadores de 56 años (MAG, 2022).

Gran parte de la producción de cacao en Ecuador está destinada a la exportación. Según datos del Banco Central del Ecuador (MAG, 2022), entre enero a diciembre de 2022, se exportaron 403.499 t de cacao por un valor de USD 1.003 millones. La tabla 2 detalla los principales destinos de exportación de este producto estratégico.

Tabla 2. Principales destinos de exportación para el cacao ecuatoriano.

Detalle	Destino de exportación		
Destino	ANSA+3	TLCAN	UE
Porcentaje (%)	35	33	25
Ingresos (USD)	356 millones	329 millones	250 millones

ANSA+3: Asociación de Naciones del Sureste Asiático más Corea del Sur, Japón y China

TLCAN: Tratado de Libre Comercio de América del Norte

UE: Unión Europea

Fuente: MAG, 2022.



Para ampliar la información, usted puede revisar las siguientes fuentes bibliográficas:

- Guía 1: El cadmio en el cultivo de cacao. Caja de Herramientas para la Prevención y Mitigación de la Contaminación de Cadmio en la Cadena de Cacao-Ecuador. https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/Caja%20de%20Herramientas_Cadmio_Cacao/
- Impactos en la cadena de valor del cacao en Ecuador como consecuencia del Reglamento (UE) No. 488/2014. <https://hdl.handle.net/10568/125722>.
- Análisis de la cadena de valor de cacao del Ecuador y percepciones sobre la regulación europea de cadmio en chocolate y otros derivados del cacao y el cambio climático. <https://hdl.handle.net/10568/122788>.



Ubicación aproximada de finca para interpretar del rango de Cd

PRÁCTICA 2: Efectos del cadmio en la salud humana



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de describir los efectos adversos que ocasiona el Cd en la salud humana, identificando los órganos que pueden verse afectados por este metal pesado.



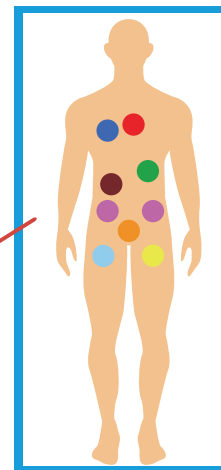
Tiempo

1 hora



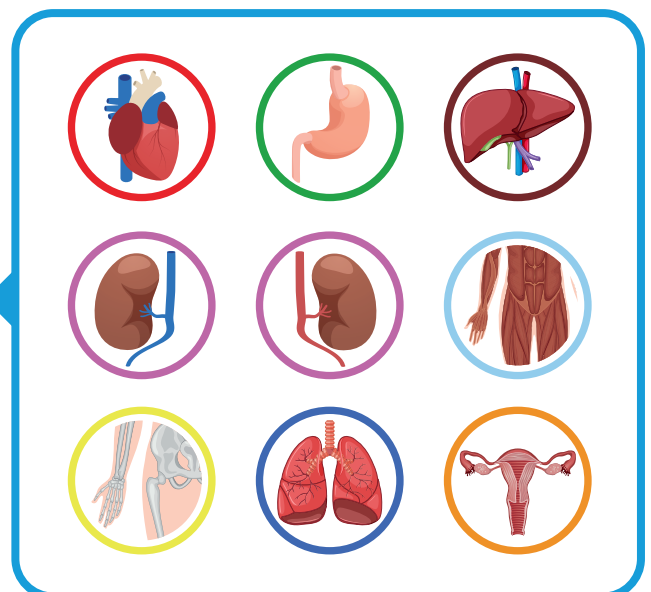
Recursos necesarios

- Una balanza para pesar personas.
- Cartel con la silueta de una persona, señalando ocho puntos de distintos colores (considere que el color que represente a los riñones se repetirá dos veces) como la imagen de referencia.



Para cada grupo:

- Cinta masking.
- Papel periódico.
- Marcadores.
- Kit de órganos del cuerpo humano, presentados en tarjetas circulares del mismo tamaño y con bordes del mismo color a los representados en la silueta.





- kit de tarjetas que describen los efectos del Cd en el cuerpo humano.

Mayor riesgo de hipertensión y enfermedades cardíacas

Cáncer de pulmón y otros tipos

Debilitamiento óseo, riesgo de osteoporosis

Afectación del hígado y páncreas

Daños en los riñones

Dolor y malestar muscular (Mialgia)

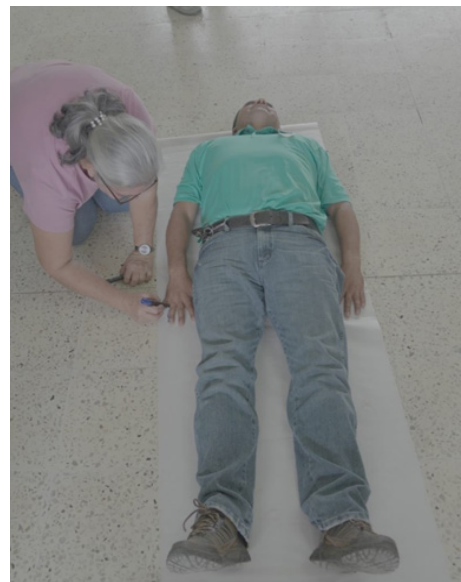
Problemas digestivos, vómitos

Problemas reproductivos y riesgos en el embarazo



Orientaciones para el aprendizaje

- 1.- Formación de grupos:** Conformar grupos de trabajo integrado por cinco a seis personas para fomentar la colaboración y el intercambio de ideas durante el desarrollo de las actividades.
- 2.-** Presentar el cartel con la silueta de una persona y distribuir los materiales a cada grupo.
- 3.- Dibujo de una persona:** Cada grupo deberá dibujar la silueta de una persona en dos papeles periódicos. Luego, colocar los círculos que representan a los órganos del cuerpo humano, de acuerdo con el color del cartel de referencia.



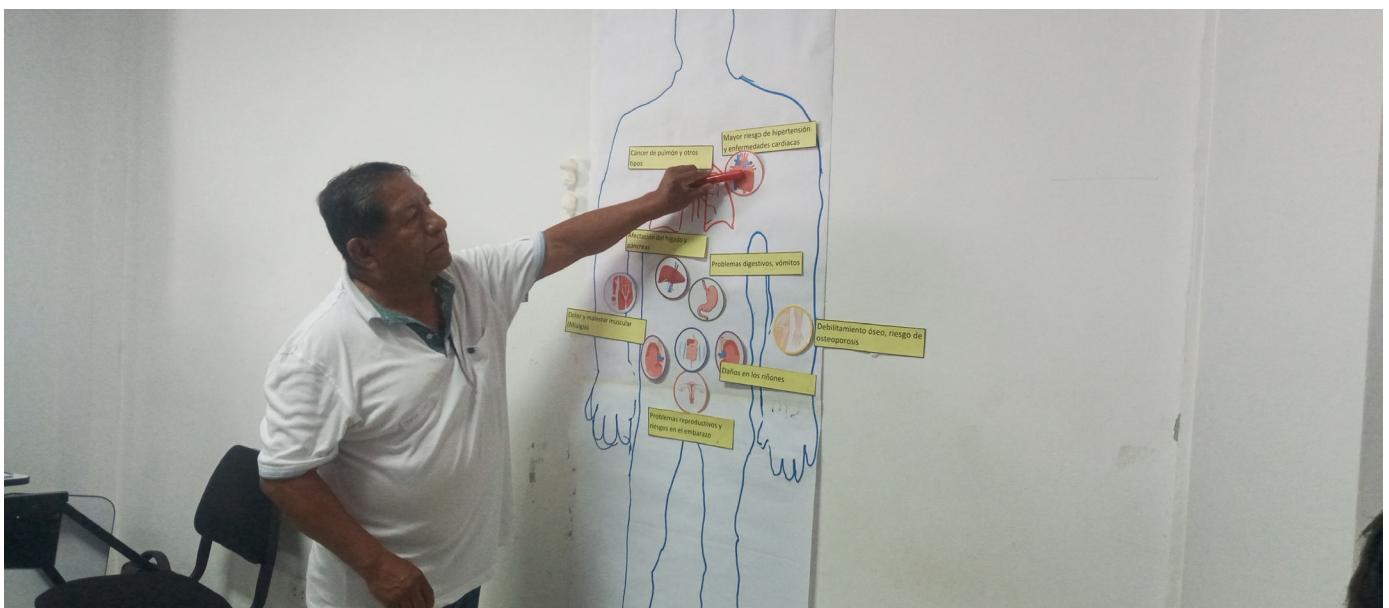
Dibujo de la silueta de una persona

4.- Análisis de los efectos del cadmio: Proveer a cada grupo las tarjetas que describen los efectos del Cd en el cuerpo humano. Los participantes analizarán el contenido y determinarán a qué órgano corresponde cada efecto, colocándolas en su silueta dibujada.



Relacionamiento de tarjetas de los órganos del cuerpo con los efectos del Cd

5.- Una vez que cada grupo haya organizado sus tarjetas en la silueta, se llevará a cabo una presentación en plenaria. Cada grupo compartirá su análisis, explicando los órganos afectados y los efectos del Cd que han relacionado con ellos.



Presentación de los efectos del Cd en los órganos del cuerpo humano

6.- Análisis de la exposición al cadmio: El facilitador planteará la pregunta: ¿Cómo ingresa el Cd en nuestro cuerpo? Se proporcionará información sobre cómo la dieta puede contribuir de manera significativa a la exposición del Cd, destacando que según la FAO/WHO(2013), siete grupos alimenticios representan del 40 al 85% de la exposición total al Cd. Se enfatizará que el cacao tiene una alta afinidad para absorber y acumular Cd en las distintas partes de la planta, incluyendo la almendra.

7.- Ejercicio del consumo de chocolate: Para evaluar si la cantidad de chocolate que consumimos se encuentra bajo las concentraciones tolerables de Cd, se realizará un ejercicio práctico:



En el ejemplo, un individuo que pesa 70 kg y consume 7 kg/año de chocolate, se calcula que esta persona está ingiriendo el 61% de la ingesta máxima tolerable de Cd.

8.- Finalmente, invitar a participantes voluntarios a repetir el ejercicio utilizando su peso y los datos de consumo per cápita de chocolate de otros países. Se le pedirá que registren los resultados obtenidos sobre un papel periódico. Se concluirá con la observación de que, en nuestro país, existe una baja ingesta de productos derivados del cacao en comparación con los estándares internacionales.



Notas técnicas

Efecto del cadmio en la salud humana

El Cd es clasificado como un contaminante de alta peligrosidad para la salud pública, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020). Su toxicidad en humanos fue identificada por primera vez como la enfermedad Itai-Itai en Japón, cuya traducción al inglés sería "ouch-ouch", en español es "ay-ay", onomatopeya que expresa el dolor intenso asociado a la osteomalacia, una afección caracterizada por el debilitamiento y deformación de los huesos (Kobayashi, 1978; Zug et al., 2019).

Los efectos tóxicos del Cd dependen de la vía de acceso, la cantidad ingerida y el grado de exposición. Este metal se elimina con dificultad del organismo, lo que favorece su acumulación en diferentes tejidos, como se describe en la tabla 3. La exposición prolongada al Cd ha sido asociada a múltiples problemas de salud, afectando el desarrollo y la funcionalidad de varios órganos y sistemas. Entre los daños más comunes se encuentra alteraciones neurológicas, óseas, cardiovasculares, reproductivas, endocrinas, e inmunológicas, así como un aumento en el riesgo de desarrollar diversos tipos de tumores (Duvilanski & Cabilla, 2014).

Tabla 3. Toxicología del Cd y su permanencia en el cuerpo humano.

Vía de exposición	Permanencia
Vida media en nasofaringe y traqueobronquios	Menor a 24 horas
Vida media en sangre	2.5 meses
Vida media en riñón	4 a 60 años
Vida media en hígado	4 a 19 años
Vida media en el organismo total	30 a 40 años
Promedio del periodo total de absorción	14 días
Porcentaje de absorción gastrointestinal	5%
Excreción urinaria: vida media	10 a 40 años

Fuente: Adaptada de la compilación de Kjellstrom T. and Nordberg G. F., Zenz C., Ellemhorn M. y ACGIH.

La exposición a niveles bajos y prolongados de cadmio, a través del aire, los alimentos o el agua, puede provocar una acumulación gradual en los riñones, lo que incrementa el riesgo de desarrollar enfermedades renales (ATSDR, 2008).

En el Ecuador, la mayor parte de la producción de cacao está destinada a la exportación, y se estima que solo el 2% de esta es consumida a nivel nacional (Arvelo et al., 2016). El consumo per cápita de chocolate en Ecuador se sitúa entre 300 y 800 g/año, muy por debajo de los niveles en países europeos como Alemania, donde el consumo alcanza los 9 kg/año (Líderes, 2023).

Aunque el cadmio representa un riesgo potencial para la salud, en el país hay una baja ingesta de productos derivados del cacao. Ramírez et al. (2022) señalan que la regulación europea sobre los niveles permitidos de Cd en los productos de cacao no ha generado impactos significativos en la comercialización masiva del cacao ecuatoriano. No obstante, estas normativas suponen un desafío para las asociaciones de productores y pequeños agricultores que buscan acceder a mercados que exigen cacaos de alta calidad con estrictos estándares de inocuidad alimentaria.



Almendras de cacao



PRÁCTICA 3: Conozcamos nuestro suelo para comprender su relación con el cadmio



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de describir cómo está compuesto un suelo, identificando sus características físicas, químicas y biológicas para comprender la importancia de estas propiedades en la salud y función del suelo.



Recursos necesarios

- Cartel con un gráfico de pastel con porcentajes de los componentes del suelo (cubrir el nombre de cada componente).
- Cartel con la matriz del método del cordón cilíndrico para identificar la textura del suelo.
- Letrero que relacionan al cadmio con la textura, pH y materia orgánica.
- Cartel con el procedimiento de la práctica para determinar textura, pH y materia orgánica.
- Papel tornasol para estimar el pH.
- Vasos plásticos para preparar la solución del suelo.
- Palas de jardinería.
- Agua.
- Agua oxigenada.
- Fundas para recolectar muestras de suelos.



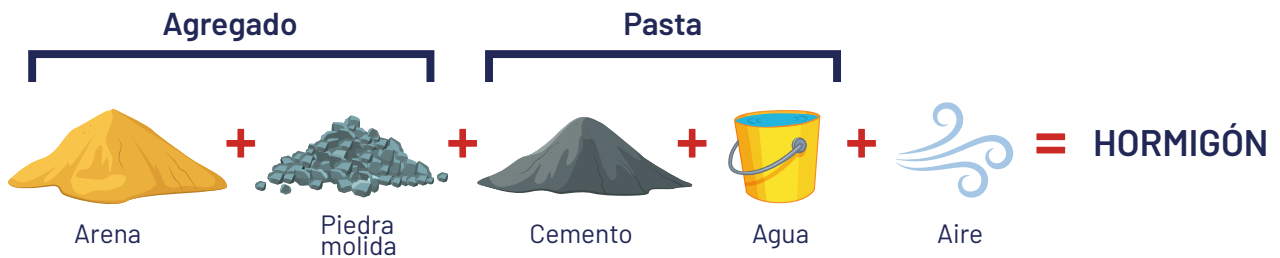
Tiempo

1 hora, 30 minutos



Orientaciones para el aprendizaje

1.- **Analogía con el hormigón:** Iniciar con una analogía entre el hormigón y el suelo preguntando ¿Qué materiales se utiliza para elaborar el hormigón? Registrar las respuestas en un papel periódico.



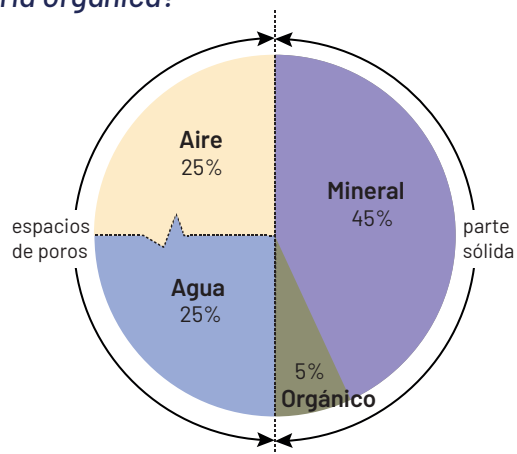
2.- Del mismo modo, el suelo presenta una variedad de componentes. ¿De qué elementos se compone el suelo? Anotar las respuestas en tarjetas individuales.



3.- Para discutir los ejercicios, se plantea las siguientes preguntas:

- ¿Qué función cumple el cemento en el hormigón?
- ¿Qué pasa si se utiliza poco cemento?
- ¿En el suelo, qué componente cumple la función de pegante?
- ¿Qué sucede si un suelo carece de materia orgánica?

4.- **Componentes del suelo:** Utilizar un gráfico de pastel con porcentajes de los componentes del suelo. Solicitar a los participantes que coloquen las tarjetas con los nombres de los componentes en el gráfico según consideren. El facilitador ajustará la información de ser necesario.





5.- Ejercicios con diferentes proporciones de los componentes del suelo: Hacer ejercicios con diferentes proporciones de los componentes del suelo para interpretar con los participantes el efecto de esa variación en las características del suelo.

Componente del suelo	Ejercicio 1	Ejercicio 2
Minerales (%)	45	60
Agua (%)	45	20
Aire (%)	5	15
Materia orgánica (%)	5	5
<i>Interpretación</i>	Suelo saturado	Suelo compactado

6.- Concepto de suelo: Con los elementos analizados, los participantes formarán un concepto de suelo con sus propios términos. Recuerde que el suelo requiere un equilibrio de sus componentes que interactúan entre sí para garantizar su funcionalidad.

7.- Prácticas para conocer las características físicas, químicas y biológicas del suelo: Los componentes del suelo interactúan de manera compleja para determinar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Para analizar estas características, los participantes organizados en tres grupos realizarán un recorrido por una parcela. Cada grupo tomará muestras de suelo de diferentes zonas (pendiente, parte plana, debajo de las plantas, del camino y terrones) aproximadamente una libra por zona. Una vez tomada la muestra retornar al aula de reunión.

8.- Asignar a cada grupo un tema: Textura, pH o Materia orgánica. Entregar el letrero que relaciona al Cd el tema asignado, el cartel con el procedimiento para cada práctica y la matriz para registrar las observaciones y proceder a realizar la práctica. Al grupo que trabajará el tema Textura también se entregará el cartel método del cordón cilíndrico.

Textura

Suelos de textura fina (arcillas) tienen mayor capacidad de adsorber (adherir) el cadmio

pH

A menor pH mayor cadmio disponible para la planta

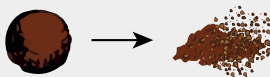
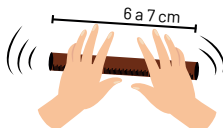
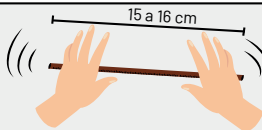




Materia orgánica

A mayor contenido de materia orgánica menor cadmio disponible para la planta

Grupo 1: Textura del suelo

9.- Revisar el cartel del método del cordón cilíndrico para identificar la clase textural del suelo, Tabla 4.

Tabla 4. Método del cordón cilíndrico para identificar la textura del suelo.

Descripción	Figura	Clase textural	Tipo de suelo
La bola se deshace		Gruesa	Arenoso
Forma un cilindro de 6 cm de largo y se deshace		Gruesa	Arenoso franco
Forma un cilindro de 15 cm de largo y se deshace		Gruesa	Franco arenoso
Forma una curva que se quiebra		Media	Franco
Forma un círculo (3 cm de diámetro) y se quiebra		Media	Limoso o franco limoso
Forma un círculo, se mantiene y se agrieta		Fina	Franco arcilloso
Forma un círculo y presenta pocas o ninguna grieta		Fina	Arcilloso

Fuente: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/.!33791!x6706s06.htm

10.- Cada participante tomará una porción de suelo en su mano.

11.- Humedecer la muestra, poco a poco, hasta que pueda ser moldeada.



Adición de agua para moldear la muestra de suelo



Formación de figuras de acuerdo el tipo de suelo

12.- Amasar el suelo y formar diferentes figuras conforme la matriz del método del cordón cilíndrico.



Figuras de diferentes muestras de suelo

13.- Identificar a qué clase textural corresponde la muestra de suelo, registrando los resultados en la matriz de trabajo:

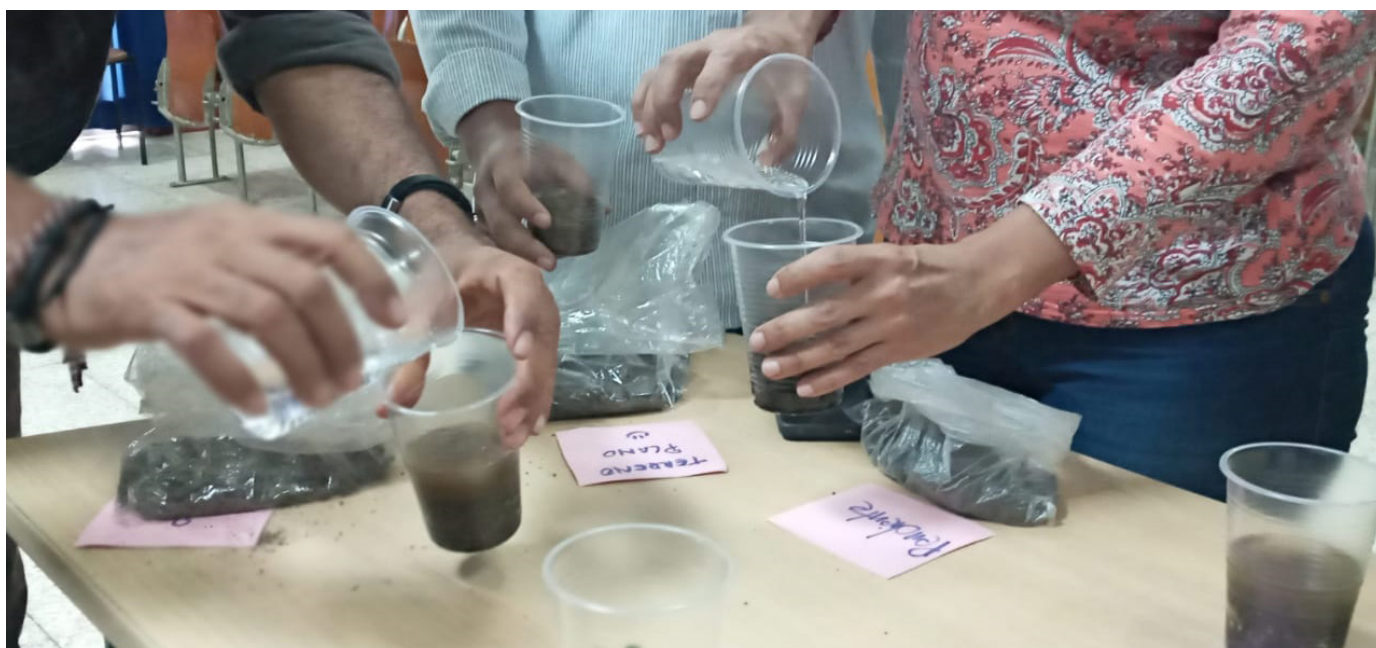
MATRIZ: TEXTURA				
Muestra	Figura que forma	Clase textural	Tipo de suelo	Capacidad para retener cadmio (Mayor, Menor)
Pendiente				
Parte plana				
Debajo de las plantas				
Camino				
Terrones				

14.- Designar a los participantes que presentarán los resultados de la actividad.

Grupo 2: pH

15.- De las muestras de suelo tomadas, separar las raíces y restos de vegetación y colocarlo en un vaso plástico (aproximadamente la cuarta parte).

16.- Agregar a la muestra de suelo la misma porción de agua y mezclar.



Adición de agua en muestras de suelo para determinar pH

17.- Mojar la punta de la banda de papel tornasol en la solución del suelo y compararla con la escala de colores del empaque para estimar el pH de ese suelo.



Introducción del papel tornasol en la solución del suelo



Comparación del papel tornasol con la escala de colores



18.- Los valores de pH observados en cada muestra registrarlos en la siguiente matriz para su presentación.

MATRIZ: pH		
Muestra	Valor de pH	Disponibilidad de cadmio en el suelo (Mayor, Menor)
Pendiente		
Parte plana		
Debajo de las plantas		
Camino		
Terrones		

19.- Otras alternativas para estimar pH puede encontrarlas en el enlace: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/soil-doctors-programme/es/>

Grupo 3: Presencia de materia orgánica

20.- Colocar una muestra de suelo en el interior de un vaso, hasta la mitad.

21.- Aplicar 20cc de agua oxigenada en los vasos.



Adición de agua oxigenada en muestras de suelo

22.- Observar la reacción del suelo con el agua oxigenada y anotar las observaciones sobre la siguiente matriz de trabajo para su presentación.

MATRIZ: MATERIA ORGÁNICA			
Muestra	Reacción al agua oxigenada (Efervescencia Fuerte, Media, Leve)	¿Cómo considera que está la materia orgánica en ese suelo? (Alta, Media, Baja)	Capacidad para retener cadmio (Mayor, Menor)
Pendiente			
Parte plana			
Debajo de las plantas			
Camino			
Terrones			

23.- Cada grupo expondrá los resultados de sus observaciones en plenaria.

24.- El facilitador complementará la información pertinente a la relación del cadmio con la textura, pH y materia orgánica:

- Textura:** La disponibilidad de Cd es mayor en suelos francos y arcillosos que en los suelos arenosos, pero el tipo de arcilla y su grado de meteorización también es importante. Revisar la Guía 3 de la Caja de Herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación en la cadena de cacao en Ecuador. https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/Caja%20de%20Herramientas_Cadmio_Cacao/
- Materia orgánica:** Al mantener contenidos altos de materia orgánica del suelo y pH neutros o alcalinos permitirá que la biodisponibilidad relativa de Cd en el suelo disminuya al incrementarse los sitios de contacto y la formación de complejos estables (Khan et al., 2017).
- pH:** Es uno de los factores más importantes, que controla la absorción del Cd, a medida que el pH disminuye, aumenta la absorción del Cd por las plantas. Al incrementar el pH del suelo, el Cd es removido de la solución y adsorbido por los coloides del suelo, restringiendo su movilidad y biodisponibilidad (Huaraca-Fernández et al., 2020).



Notas técnicas

Componentes del suelo

Un suelo ideal está compuesto por agua en un 25%, aire 25%, partículas minerales 45% y una porción variable de materia orgánica, que generalmente oscila entre el 2% y el 10% (FAO, 2024a). La interacción entre estos componentes define propiedades cruciales del suelo, como su textura, estructura, consistencia, porosidad, capacidad de drenaje y profundidad efectiva. Estos factores son determinantes para el comportamiento y la productividad del suelo en relación con el crecimiento de los cultivos.

Textura del suelo

Hace referencia a la proporción relativa de las partículas de distintos tamaños: arena, limo y arcilla. La textura influye directamente en la retención y disponibilidad de agua, la estructura y aireación del suelo, la biodiversidad y la capacidad para suministrar nutrientes esenciales (FAO, 2024b). Un conocimiento adecuado de la textura del suelo es esencial para optimizar su manejo, ya que tiene implicaciones directas en la eficiencia del riego, la fertilización y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Por ello, el análisis de la textura contribuye a una mejor planificación y toma de decisiones agronómicas.

pH

Este parámetro del suelo expresa la actividad de los iones de hidrógeno en la solución del suelo, lo que determina si el suelo es ácido, neutro o alcalino. El pH se mide en una escala de 0 a 14, donde un valor inferior a 5,5 indica acidez y está asociado a altas concentraciones de aluminio (Al) y manganeso (Mn). Por otro lado, un pH superior a 8,5 señala una alta alcalinidad, lo que puede llevar a la dispersión de las partículas del suelo. La acidez excesiva inhibe el desarrollo de organismos beneficiosos, mientras que la mayoría de los cultivos agrícolas se desarrollan óptimamente en suelos minerales con un pH cercano a 6,5 (FAO, 2024c).



Presentación de trabajos grupales sobre componentes del suelo

Prueba del agua oxigenada para reconocer la presencia de materia orgánica

Esta es una prueba sencilla para determinar la alta o baja presencia de materia orgánica en el suelo. La catalasa, una enzima presente en las células animales y vegetales juega un papel clave en el metabolismo celular. Cuando el agua oxigenada o peróxido de hidrógeno (H_2O_2) entra en contacto con la catalasa, ocurre la siguiente reacción:



El desprendimiento de oxígeno (O_2), visible en forma de burbujas, indica la presencia de catalasa, a mayor cantidad de burbujas, mayor es el contenido de materia orgánica en el suelo.

Es importante señalar que un mayor contenido de materia orgánica no siempre es beneficioso para la agricultura. El aporte que realice la materia orgánica está influenciado por otras variables como el pH del suelo, la actividad microbiana y la relación carbono - nitrógeno (C/N) de sus compuestos.

El contenido de materia orgánica en los suelos está determinado principalmente por el clima, tipo y cantidad de arcilla presente. El clima, a través de factores como la precipitación y la temperatura, determina el grado de acumulación de carbono orgánico en el suelo, lo que impacta directamente en la cantidad de materia orgánica disponible.



Reacción de muestras de suelo al agua oxigenada



PRÁCTICA 4: Reconozcamos los horizontes del suelo para comprender mejor la distribución del cadmio



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de identificar los diferentes horizontes del suelo y describir sus características principales como textura, coloración y presencia de raíces, entre otros elementos para comprender su formación.



Recursos necesarios

- Herramientas para cavar una calicata.
- Tarjetas individuales con el nombre de las partes del cuerpo: Cabeza, Tronco, Extremidades.
- Tarjetas con el nombre de los horizontes del suelo: Horizonte 0, Horizonte A, Horizonte B, Horizonte C, Roca Madre.
- Cartel con los horizontes del suelo (cubrir el nombre de cada horizonte).
- Cuchillo o varilla metálica.
- Papel periódico, tarjetas de cartulina, marcadores, cinta masking.



Tiempo

1 hora, 30 minutos



Orientaciones para el aprendizaje

- 1.- **Analogía con el cuerpo humano:** Pedir a un voluntario, dibujar a una persona sobre un papel periódico, cerca del dibujo pegar el cartel de los horizontes del suelo.
- 2.- Proporcionar a los participantes, tarjetas con el nombre de las partes del cuerpo humano y de los horizontes del suelo. Pedir que en consenso ubiquen los nombres sobre los dibujos.



Reconocimiento de los horizontes del suelo

- 3.- Para motivar el análisis, comparar la relación que pueda existir entre las partes del cuerpo con los horizontes del suelo:

MATRIZ DE COMPARACIÓN		
Parte del cuerpo humano	¿Con qué horizontes del suelo los relacionaría?	¿Cómo se relacionan?
CABEZA		
TRONCO		
EXTREMIDADES		

- 4.- **Excavación de calicata:** En la parcela de cacao, cavar una calicata u hoyo de 1 m de ancho x 1 m de largo x 1 m de profundidad, para observar las características de los horizontes del suelo. Los participantes registrarán:



- Profundidad y colores de los horizontes.
- Presencia de raíces y su dirección de crecimiento (cuando crece hacia los costados puede ser a causa de la presencia de capas compactas).
- Resistencia a la penetración usando un cuchillo o varilla metálica.
- Identificar la textura y estructura del suelo en cada horizonte.
- Estimar el pH en cada horizonte.
- Determinar la presencia de poros.

5.- Plenaria: Discutir con los participantes las características del suelo como textura, estructura, balance de nutrientes, materia orgánica y pH, analizando si favorecen a un adecuado funcionamiento para sostener la vida de las plantas.

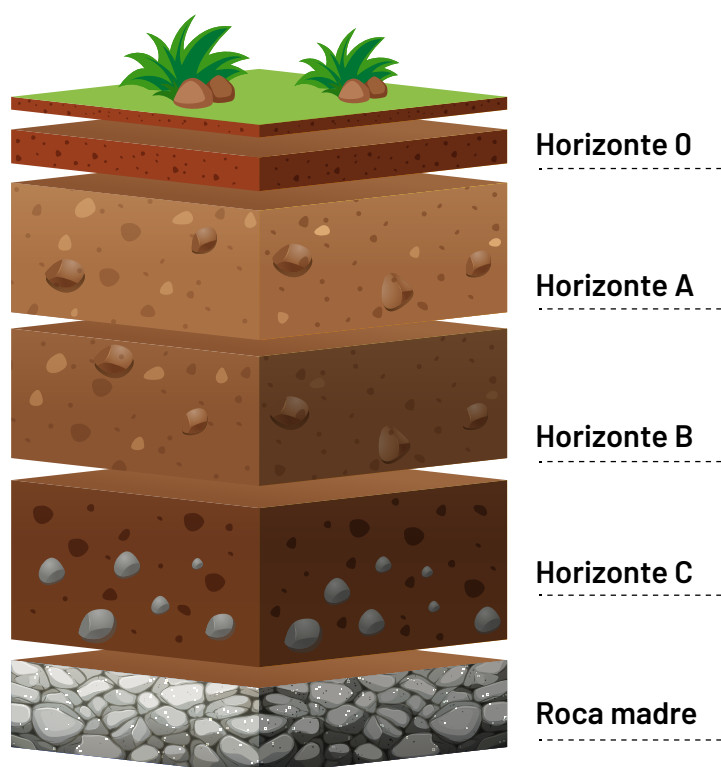


Notas técnicas

El perfil del suelo

El perfil del suelo es un corte vertical que revela una serie de capas, denominadas "horizontes", distribuidos paralelamente como se presenta en la Figura 3. Estas capas están compuestas por minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua, con propiedades físicas y químicas que varían en cada horizonte (Osorio et al., 2022).

Figura 3. Horizontes del suelo.



- **Horizonte O:** Compuesto por hojas, ramas y restos vegetales, es conocido como la capa orgánica.
- **Horizonte A:** En esta capa se desarrollan las raíces de las especies herbáceas. Es rica en materia en descomposición y humus, lo que le confiere un color más oscuro en comparación con las capas inferiores. Muchos de sus materiales, tanto orgánicos como minerales, son susceptibles de ser arrastrados hacia las capas más profundas por el agua.
- **Horizonte B:** Prácticamente desprovista de humus, por eso su color es más claro que el del horizonte A. En esta capa se depositan materiales arrastrados desde las capas superiores, como arcillas, óxidos e hidróxidos.
- **Horizonte C:** También conocido como el subsuelo, está compuesto por material rocoso fragmentado en diversos grados.
- **Roca Madre:** Corresponde al material rocoso inalterado que da origen al suelo.

El suelo por condiciones naturales presenta una gran variedad de metales pesados, formando parte de los minerales o provenientes de rocas, uno de estos metales es el Cd. Este metal también puede llegar al suelo de manera antropogénica, el cual tiende a acumularse en los horizontes superficiales del suelo, donde es más disponible para las plantas que el Cd que proviene de la meteorización de la roca madre (Fernández y Yanchatipán, 2024). La absorción de este metal por las plantas depende de las propiedades del suelo y del tipo de cultivo, razón por la cual es importante conocer nuestro suelo, así como los factores que favorecen la movilidad del Cd.



Representación inicial de los componentes del suelo



PRÁCTICA 5: Identificación de factores que influyen en la biodisponibilidad del cadmio en el suelo



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de identificar los principales factores que influyen en la biodisponibilidad del cadmio en el suelo.



Recursos necesarios

- Papel periódico.
- Figuras que representen a partículas de arcilla y materia orgánica conteniendo imanes circulares en sus extremos.
- Fichas metálicas representando cadmio y otros cationes (Ca, Mg, K, Al, H y NH_4).
- Fichas plásticas representando aniones (Cl , SO_4 y NO_3).
- Representación de planta de cacao con raíces imantadas.



Tiempo

1 hora



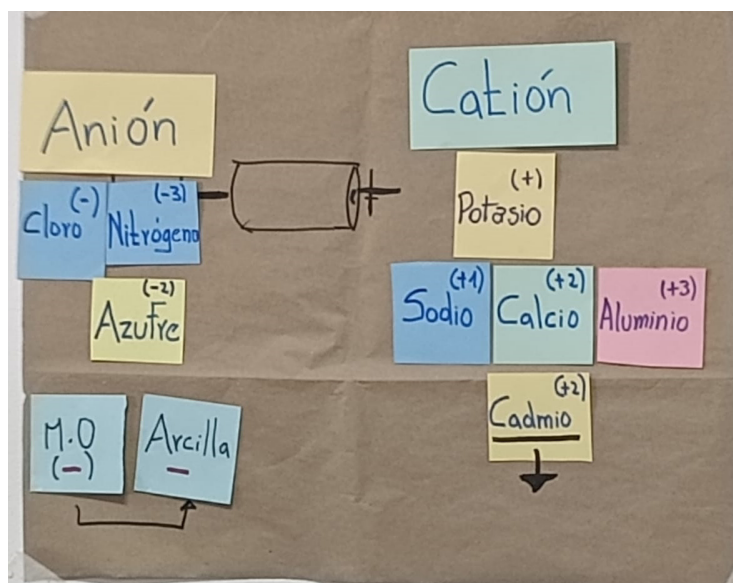
Orientaciones para el aprendizaje

1.-Introducción: Preguntar a los participantes cuáles son los componentes del suelo. Fomentar un breve diálogo para activar el conocimiento previo.

2.- Conceptos de Cationes y Aniones: Explicar que entre los componentes del suelo existen diversas reacciones químicas que influyen en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

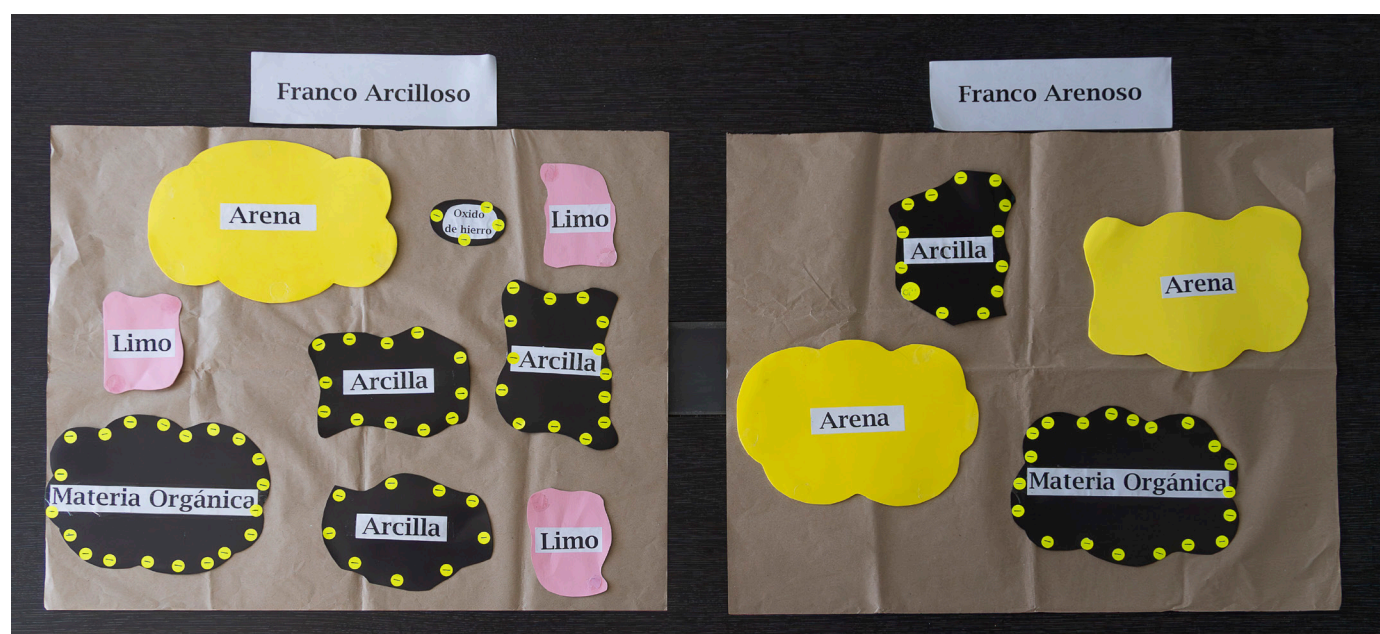
3.- Solicitar a un participante que dibuje una pila en un papel periódico, resaltando los extremos con carga positiva (+) y negativa (-).

4.- Entregar tarjetas con símbolos de diferentes macro y micronutrientes con su valencia correspondiente. Los participantes deben clasificar en cationes y aniones, ubicándolos debajo de los extremos de la pila. Los elementos que tienen la carga (+) se los conoce como cationes y los que tienen carga (-) se denominan aniones.



Clasificación de elementos en aniones y cationes

5.- **Maquetas de tipos de suelos:** Colocar dos papeles periódicos, sobre una mesa o en el piso. Solicitar que los participantes representen un suelo franco arcilloso y un suelo franco arenoso utilizando las láminas que representan a la arena, limo, arcilla y materia orgánica.



Representación de tipos de suelos

6.- **Simulación de la biodisponibilidad del cadmio:** Prover fichas de Cd y otros nutrientes para que los participantes las coloquen dentro de los tipos de suelos. Solicitar fijarse en las cargas positivas y negativas.



7.- Explicar que las partículas de arcilla y materia orgánica, al tener carga negativa, atraerán cationes como el Cd.



Representación de la adsorción del Cd en las arcillas y materia orgánica

8.- **Análisis guiado:** Facilitar un análisis con las siguientes preguntas:

- ¿Qué diferencias observa en los tipos de suelos?
- ¿Quedan Cd libres y por qué?
- ¿Cómo podrían retener el Cd libre?

9.- **Capacidad de Intercambio Catiónico:** Para introducir este concepto preguntar: ¿Qué suelo tiene mayor capacidad de retener cationes? Explicar que la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida que refleja la capacidad del suelo para retener cationes (+).

10.- Pedir a los participantes colocar las tarjetas en cada tipo de suelo, según corresponda:

A mayor contenido de arcilla y materia orgánica, hay más espacios para aceptar (adsorción) cationes

Bajo contenido de arcilla y materia orgánica, hay menos posiciones para retener cationes.

11.- **Absorción por las plantas.** : Entregar a los participantes una representación de la planta de cacao y pedir que coloquen las raíces al interior de las maquetas de los suelos. Mover suavemente la planta, levantarla y comentar los resultados.



Representación de la absorción de Cd por la planta de cacao

12.- Realizar preguntas para el análisis:

- ¿Qué sucedió?
- ¿Qué tan fácil fue para la planta de cacao absorber el Cd?
- ¿Qué pasaría con el Cd si el suelo es pobre en materia orgánica?
- ¿Qué ocurre en el suelo arenoso?

13.- **Influencia del pH:** Explicar que otro factor que influye en la biodisponibilidad del Cd es el pH del suelo, a menor pH mayor Cd disponible para la planta. Para graficar este concepto, seleccionar uno de los tipos de suelos representados previamente en el papel periódico, en su base dibujar la escala del pH.

14.- En el extremo del pH ácido, adicionar una mayor cantidad de fichas de Aluminio (Al), Hidrógeno (H), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe). En el pH alcalino, fichas de Calcio (Ca), Sodio (Na), Magnesio (Mg). En ambas situaciones, los cationes reemplazarán al Cd adsorbido en las partículas del suelo, dejando Cd libre.



Demostración de la influencia del pH en la biodisponibilidad del Cd



15.- Aclarar que en pH menores a 6, el Cd está más disponible para las plantas, mientras que en suelos ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos (pH 6,0 a 8,0), el Cd es menos disponible, porque tiende a unirse fuertemente a las partículas del suelo o precipitarse como carbonatos e hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos los hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos.

16.- Cierre: Al término de la actividad preguntar: ¿Qué harían para conocer la concentración de Cd en el suelo? Resalte la importancia del análisis de suelo para evaluar la concentración de Cd.



Notas técnicas

Factores que influyen en la biodisponibilidad del Cd en el suelo

La biodisponibilidad se refiere al Cd disponible en el suelo, que la planta de cacao puede absorber (Marchive et al., 2021). Los principales factores que influyen en su biodisponibilidad son: el potencial de hidrógeno (pH) del suelo, la materia orgánica y la capacidad de intercambio iónico (CIC). Estos factores influyen en la solubilidad de los compuestos de Cd y la liberación de Cd en la solución del suelo o afectan la capacidad de las plantas para absorber el Cd del suelo (Sarwar et al., 2010).

La distribución natural del Cd en el suelo varía significativamente debido a factores como el tipo de material parental (roca) del cual se origina el suelo, el clima, la topografía y la edad del suelo. Estos elementos influyen en que algunas áreas presenten suelos naturalmente ricos en Cd en comparación con otras (Khan et al., 2017). Adicionalmente, la deposición de sedimentos, provocada por inundaciones en zonas cercanas a ríos, puede ser una fuente clave de acumulación de Cd en las capas superficiales del suelo (Gramlich et al., 2018).

pH del suelo

El pH del suelo es el factor más influyente en la biodisponibilidad del Cd en el suelo (Marchive et al., 2021). A pH ácidos (< 6), el Cd está más disponible para ser absorbido por las plantas. Esto ocurre porque, en condiciones ácidas, disminuye la adsorción del Cd a las partículas del suelo, lo que incrementa la solubilidad y la absorción por parte de las raíces de las plantas (Kabata-Pendias & Szteke, 2015). Por el contrario, al incrementar el pH en suelos ácidos, se reduce la biodisponibilidad de Cd (Shahid et al., 2016). Sin embargo, este efecto puede verse contrarrestado por la salinidad, que facilita la formación de sales solubles como los cloruros y sulfatos de Cd (Eisler, 1985).

En suelos neutros y ligeramente alcalinos (pH 7,5 - 8,0), el Cd es menos biodisponible, porque tiende a unirse fuertemente a las partículas del suelo o precipitarse como carbonatos e hidróxidos. No obstante, en suelos muy alcalinos, los hidróxidos de Cd pueden volver a disolverse, aumentando la presencia de hidroxicomplejos en la solución del suelo (Marchive et al., 2021).

Materia orgánica

Desempeña un papel importante en la retención de cationes metálicos como el Cd (He et al., 2015). La aplicación de materia orgánica puede reducir significativamente la biodisponibilidad de metales pesados como Cd, Cu, Zn y Pb en suelos contaminados, al aumentar la capacidad de adsorción y disminuir la movilidad de estos metales (Houben et al., 2012).

Además, la aplicación de cal dolomítica ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) puede ser una estrategia eficaz para incrementar gradualmente el pH del suelo, mejorar la biodisponibilidad de nutrientes esenciales como calcio (Ca) y el magnesio (Mg), y precipitar el Cd, reduciendo así su biodisponibilidad. Sin embargo, debe evitarse el encalado excesivo, ya que puede reducir la biodisponibilidad de micronutrientes y, paradójicamente, aumentar la biodisponibilidad del Cd (FAO y OMS, 2002).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Se define como la cantidad total de cationes intercambiables que un suelo puede retener, lo que está directamente relacionado con la cantidad de cargas negativas presentes en el suelo. La CIC del suelo es un indicador clave del potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes e influye directamente en la cantidad y frecuencia de las aplicaciones de fertilizantes.

La CIC está influenciada principalmente por la presencia de arcillas y materia orgánica del suelo. Mientras que las arcillas tienen una capacidad de retención de cationes que oscila entre 10 y 150 $\text{cmol (+)}/\text{kg}$, la materia orgánica presenta una CIC mucho mayor, de entre 200 y 400 $\text{cmol (+)}/\text{kg}$ (INTAGRI, 2015). Además de incrementar la CIC, la materia orgánica mejora la estructura física del suelo, incrementa la infiltración de agua, reduce la erosión y aporta nutrimentos a la planta.



Registro de resultados de la práctica de biodisponibilidad de Cd

UNIDAD DE APRENDIZAJE

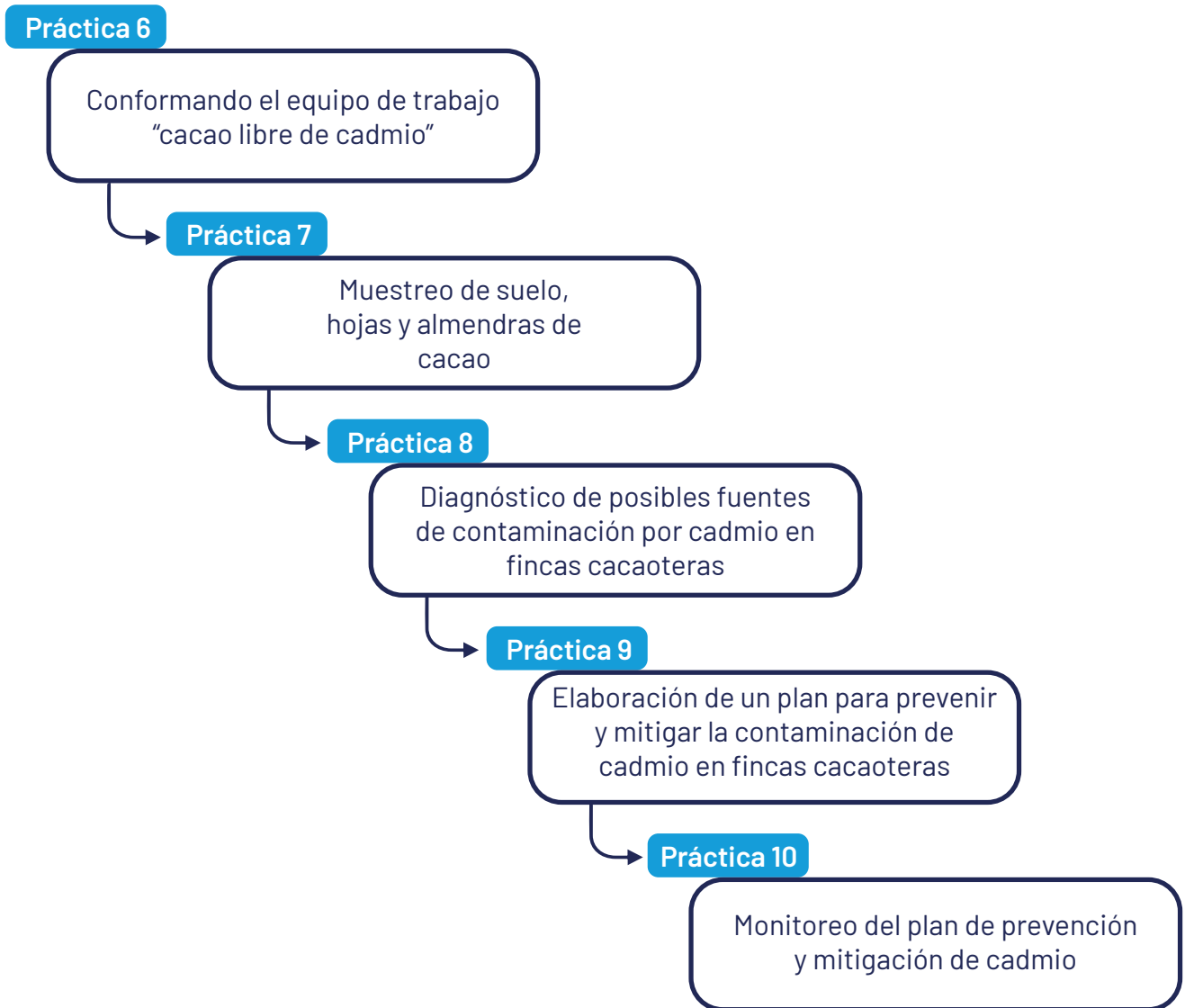
2



REALICEMOS UN DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LA FINCA DE CACAO PARA DESARROLLAR UN PLAN DE MANEJO DE CADMIO

Introducción

Esta Unidad de aprendizaje está diseñada para guiar a las organizaciones de productores y empresas vinculadas a la cadena productiva del cacao en la identificación y mitigación de la presencia de Cd en el cultivo. A través de cinco prácticas clave, se abordarán temas fundamentales como la conformación de un equipo de trabajo multidisciplinario para el muestreo adecuado de suelos, hojas y almendras, el diagnóstico de posibles fuentes de contaminación en fincas cacaoteras y la elaboración de un plan integral para su prevención y mitigación. Asimismo, se enfatiza la importancia del monitoreo continuo para asegurar que las medidas adoptadas sean efectivas y sostenibles a largo plazo.





PRÁCTICA 6: CONFORMANDO EL EQUIPO DE TRABAJO “CACAO LIBRE DE CADMIO”



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar la actividad, la organización de productores estará en la capacidad de conformar un equipo de trabajo para desarrollar participativamente estrategias de diagnóstico, planificación, implementación y seguimiento a las acciones de prevención y mitigación de Cd en finca de productores.



Recursos necesarios

- Tarjetas de cartulina en forma de triángulo, cuadrado y círculo.
- Tarjetas de cartulina rectangular para lluvia de ideas.
- Papel periódico.
- Marcadores de diferentes colores.
- Cinta masking.



Tiempo

45 minutos



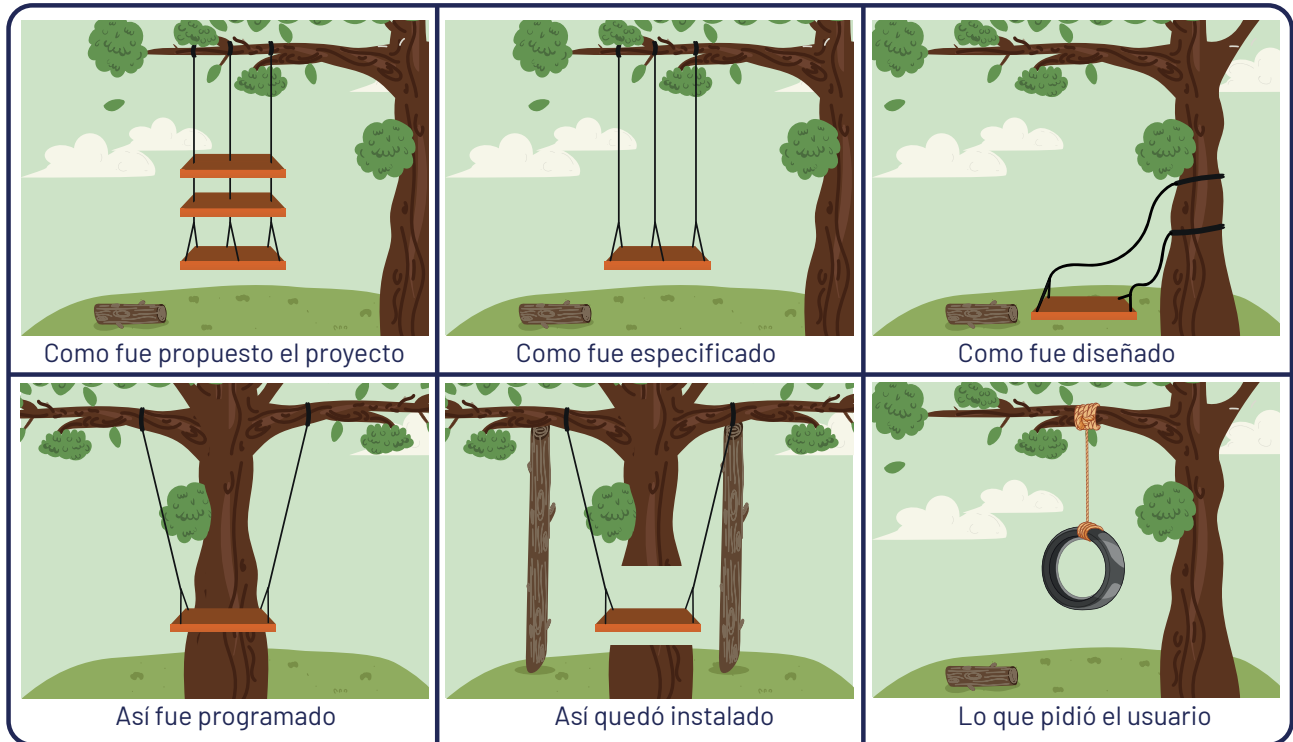
Orientaciones para el aprendizaje

1.- Convocatoria previa a reunión: La organización de productores invitará a una reunión de trabajo a distintas instituciones públicas y privadas que consideran relevantes para abordar la problemática de cadmio en el cacao.



7.- Presentación de la “Fábula del Columpio”: Para identificar las principales etapas de una intervención de desarrollo se puede presentar la Fábula del columpio de la Figura 4, a partir del cual se resalta la importancia de realizar un diagnóstico situacional, para que, en función de sus resultados planificar, implementar las acciones y realizar un seguimiento y evaluación del proceso.

Figura 4. Fábula del columpio.



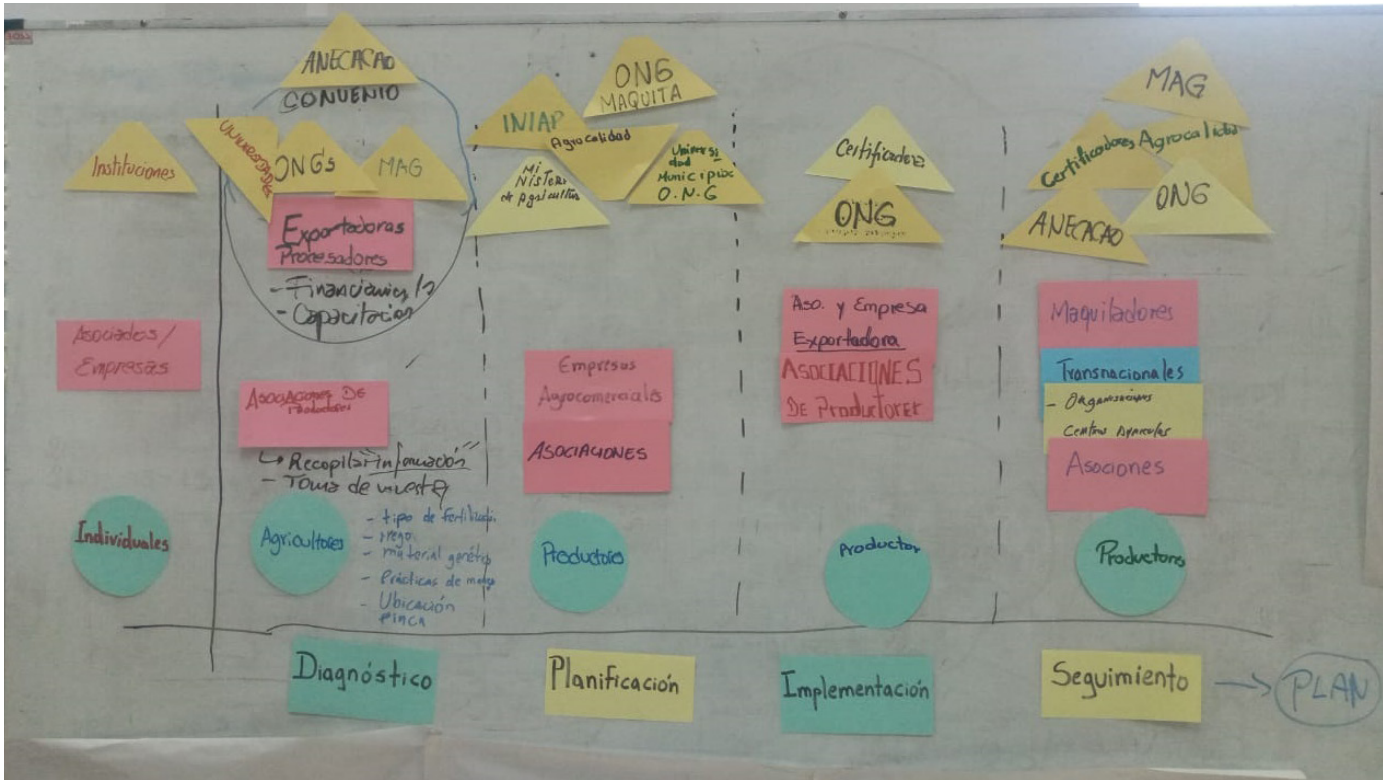
Juego de los pares sobre fuentes de contaminación de Cd

8.- Construcción de un eje de intervención de los actores: Dibujar un eje vertical y un eje horizontal en un papel periódico.

- **Eje vertical:** Se dividirá en tres categorías, en la base se colocarán los actores individuales, en el medio a los actores organizados y en la parte superior los actores institucionales.
- **Eje horizontal:** Se dividirá en cuatro segmentos, cerca al eje vertical se ubicará la tarjeta Diagnóstico, a continuación, la tarjeta Planificación, en el tercer segmento la tarjeta Implementación y finalmente la de Seguimiento y Evaluación.

9.- A partir de la lista de actores identificados, consensuar con los participantes en qué etapas deben situarlos según su posible aporte. Para ello, se puede utilizar las siguientes preguntas guías en cada etapa:

- ¿Qué necesitan conocer?
- ¿Qué deben saber hacer?
- ¿Qué recursos son necesarios?



Intervención de actores según etapas del plan de manejo de Cd

10.- Cierre y reflexión: Reunir a los participantes para analizar las decisiones realizadas y la relevancia de cada actor identificado en el manejo del Cd.

11.- Reflexionar sobre cómo una colaboración efectiva entre los diferentes actores puede contribuir a la formación de un equipo de trabajo que asegure un "Cacao libre de Cd".



Notas técnicas

La conformación de un equipo de trabajo multidisciplinario es esencial para abordar de manera integral la problemática del Cd en el cultivo de cacao. Este equipo debe incluir actores clave como productores, extensionistas, técnicos agrícolas, científicos, autoridades reguladoras y representantes del sector comercial, quienes puedan complementar sus capacidades y conocimientos. Al trabajar de manera conjunta, se pueden desarrollar soluciones más eficaces y sostenibles, considerando las diversas dimensiones de la problemática, desde la mejora de prácticas agrícolas hasta el cumplimiento de normativas internacionales.

Es fundamental que este enfoque colaborativo se articule dentro de la cadena de valor del cacao, entendida como una red o alianza estratégica que vincula a diversos actores independientes que participan en las diferentes etapas productivas. Según el reporte "Análisis de la cadena de valor de cacao del Ecuador y percepciones sobre la regulación europea de cadmio en chocolate y otros derivados del cacao y el cambio climático" (disponible en el enlace <https://hdl.handle.net/10568/122788>), el análisis de las actividades desde la producción hasta la entrega final del producto permite no solo entender cómo funciona la cadena, sino también identificar puntos críticos donde la gestión del Cd puede mejorarse.



PRÁCTICA 7: Muestreo de suelo, hojas y almendras de cacao



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en capacidad de recolectar muestras de suelo, hojas y mazorcas de una plantación de cacao para análisis de cadmio, considerando las características específicas para cada tipo de muestra, tales como:

- Profundidad de muestreo del suelo y su distancia de la planta.
- Número de hoja seleccionada en una rama funcional.
- Características de la mazorca a recolectar e identificación adecuada.



Recursos necesarios

- Barreno o pala limpia.
- Balde limpio de 10 l de capacidad.
- Fundas de polipropileno con cierre hermético.
- Fundas de papel Kraft.
- Tijeras de podar.
- Guantes limpios.
- Tarjeta para identificación.
- Lápiz.
- GPS.
- Libreta.



Tiempo

1 hora



Orientaciones para el aprendizaje

Parte 1: Muestreo de suelo

- 1.- División de la finca:** Los participantes organizados en grupos, elaborarán un mapa de la finca y dividirán la plantación de cacao en áreas homogéneas basadas en factores como: pendiente (zona plana o inclinada), material genético (clon o híbrido), manejo o características visibles como tipo de suelo, pedregosidad, edad de la plantación, historial del suelo, sistema de cultivo, entre otros. Por cada área diferente se deberá enviar una muestra de suelo para el análisis de Cd.
- 2.- Muestreo aleatorio:** De cada área homogénea realice el muestreo aleatorio en forma de zig-zag. Para la toma de submuestras de suelo, puede utilizar un barreno para extraer el suelo a una distancia de 70 cm del tronco principal del árbol o en la zona de gotera, dependiendo de la edad del árbol.
- 3.-** Si se utiliza una pala, retire la hojarasca de la superficie y cave un hoyo de 10 cm de profundidad en forma de "V" para tomar la submuestra.
- 4.- Recolección de submuestras:** Se colecta de 3 a 4 submuestras de suelo alrededor de cada árbol seleccionado. Coloque las submuestras en un balde limpio.
- 5.-** Asegúrese de evitar la contaminación al usar las herramientas durante el proceso.



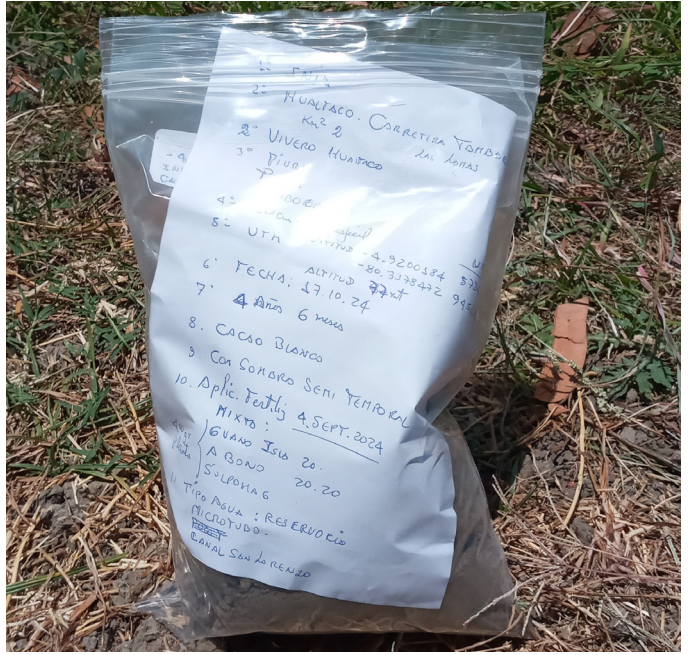
Limpieza de hojarasca



Hoyo en forma de "V"



Submuestras en un balde limpio



Identificación de la muestra

- 6.- Repita el procedimiento para tomar submuestras de 10 árboles por hectárea o área homogénea.
- 7.- **Extracción de la muestra representativa:** Mezclar bien todas las submuestras para formar una muestra compuesta.
- 8.- Extraer 1 kg de suelo en una funda con cierre hermético. Etiquete la muestra incluyendo datos como: fecha de muestreo, nombre del lote o parcela, nombre del propietario, georreferencia del lote, Provincia, Cantón, Parroquia y datos de contacto.
- 9.- **Envío al laboratorio:** Enviar la muestra a un laboratorio registrado por AGROCALIDAD para el análisis de concentración de Cd.



Muestreo de suelo

Parte 2: Muestreo de hojas frescas

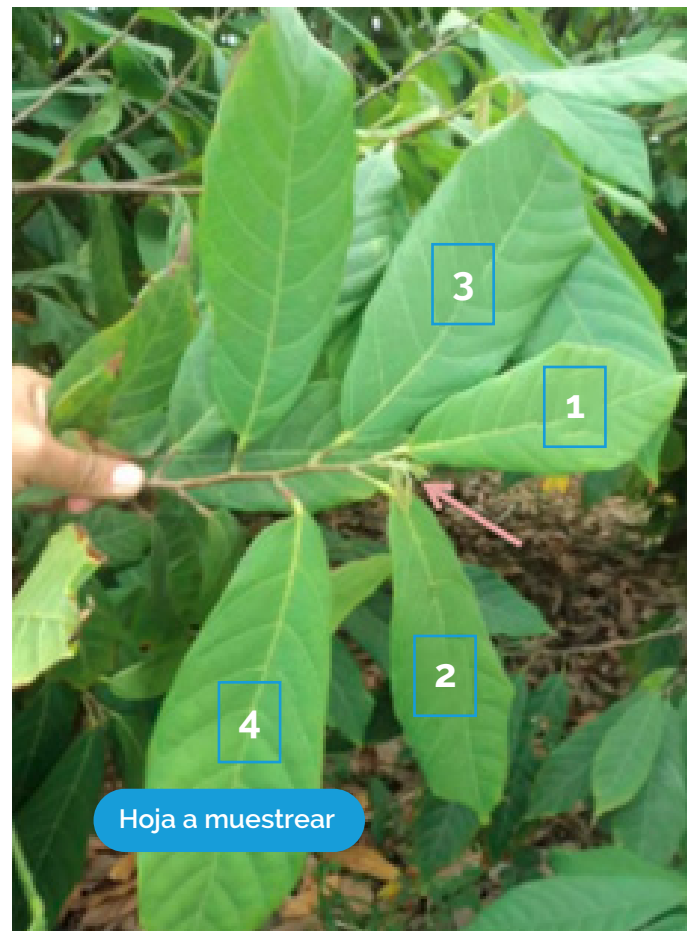
10.- Selección de ramas: En los mismos árboles donde se tomó la submuestra de suelo, seleccione ramas funcionales que se encuentren sanas y maduras, evitando los chupones.

11.- Recolección de hojas: Se debe coleccionar la hoja número 4 contado a partir del ápice, que debe corresponder a la hoja en transición entre joven y vieja. Esta hoja no debe presentar daños por plagas e incluir el pecíolo. Evite recolectar hojas muy jóvenes, ya que no reflejan la condición nutricional del árbol.

12.- Recolectar 4 hojas por planta, en las mismas plantas donde se tomaron las muestras de suelo, eligiendo hojas de la zona media de la copa en los 4 puntos cardinales, lo que da un total de 40 hojas para su envío al laboratorio.



Zona de muestreo en el tercio medio de la planta



Identificación de la cuarta hoja

13.- Embalaje y etiquetado: Las hojas de los árboles muestreados se deben colocar en una funda de papel Kraft con orificios. Etiquete la muestra con la misma información de la muestra de suelo.



Parte 3: Muestreo de almendras (mazorcas)

14.- Recolección de mazorcas: Colectar una mazorca madura de cada árbol seleccionado. Las mazorcas no deben presentar signos de enfermedad o daño físico.



Recolección de mazorcas

15.- Etiquetado: Usando la cinta masking o un material adherido a la corteza de la mazorca, etiquetar cada muestra.

16.- Embalaje y conservación: Colocar las mazorcas en un saco nuevo o fundas de tela. Si no se envían inmediatamente al laboratorio, mantenga las muestras en un lugar fresco, libre de contaminación.



Notas técnicas

Análisis de la concentración de Cd

El análisis de suelo, hojas y almendras de cacao es fundamental para identificar la concentración de Cd y tomar decisiones informadas sobre el manejo del cultivo. Diversos autores citados por Martínez et al. (2023) destacan que la variabilidad espacial del Cd en fincas menores a 2 ha es, en promedio, del 39% (medido como coeficiente de variación), pero puede llegar hasta el 125% en fincas de mayor superficie (Vanderschueren et al., 2021). Esta variabilidad también puede darse en espacios relativamente cercanos con diferencias geológicas y topográficas importantes (Bravo et

al., 2021). Por ello, las muestras deben recolectarse siguiendo un “plan de muestreo” que garantice la representatividad de las muestras y minimice las posibles variaciones espaciales en unidades geológicas o de paisaje (Gil et al., 2021).

Además, es importante identificar las plantas muestreadas para realizar un monitoreo y evaluar el impacto de las estrategias de manejo implementadas.

El agua es otra posible fuente de contaminación por Cd. Las plantas de cacao pueden absorber Cd a través del agua de riego, por lo que igualmente esencial realizar un análisis de los niveles de Cd en el agua utilizada en las fincas, lo que contribuirá a una gestión más precisa y a mitigar riesgos.



Variabilidad del sistema productivo de cacao



PRÁCTICA 8: Diagnóstico de posibles fuentes de contaminación por cadmio en fincas cacaoteras.



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de realizar un diagnóstico integral de las actividades de manejo de una finca cacaotera, identificando potenciales fuentes de contaminación por cadmio tanto de origen natural como producidas por actividades humanas.



Recursos necesarios

- Cuestionario para el diagnóstico de cadmio en fincas de productores.
- Apoya manos.
- Esferográficos.
- Cartas de fuentes de cadmio para el "juego de los pares", con dos cartas por cada figura (dimensiones aproximadas: 15 cm x 12 cm).



Tiempo

2 horas

Cartas de fuentes de Cadmio



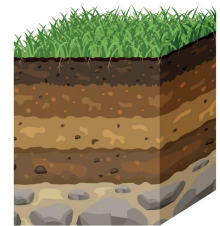
Actividad volcánica



Derrumbes y sedimentos



Roca fosfórica



Roca madre



Lodos y aguas residuales



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



Fertilizantes fosfatados



Quema de basura



Estiércol de granja



Carreteras y vías (vehículos)



Carbón y otros combustibles fósiles



Agua de riego



Abonos orgánicos



Industria de hierro y acero



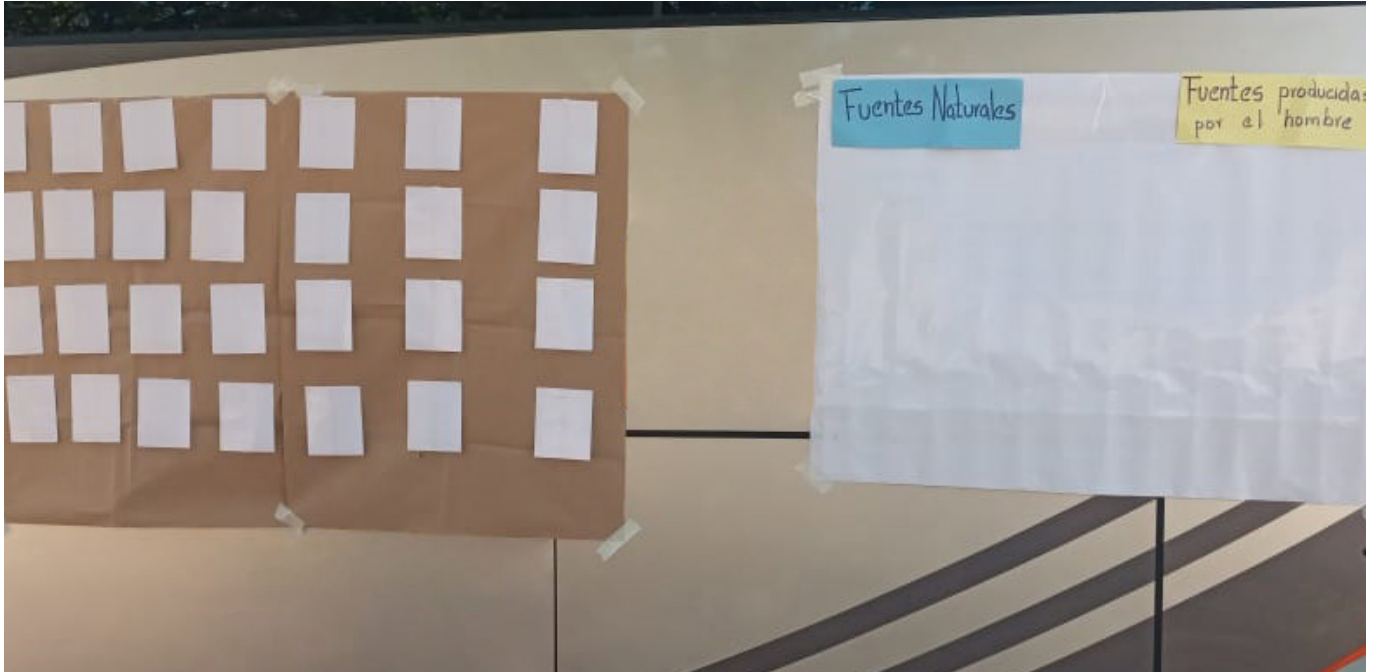
Orientaciones para el aprendizaje

1.- Convocatoria a equipo de trabajo: Convocar a los actores priorizados en la etapa de diagnóstico, incluyendo al administrador de la finca y otros trabajadores claves, para organizar y planificar las actividades a realizar.



2.- Dinámica de las fuentes de Cd: Para facilitar el entendimiento de este tema, organizar un “juego de los pares”, para lo cual se conformará dos grupos de participantes que competirán entre sí.

3.- Barajar las cartas y colocarlas boca abajo, al azar, en una pizarra o pared, de manera que no sea posible ver las imágenes que contienen.



Cartas para identificar fuentes de contaminación de Cd

4.- Un jugador de cada grupo escogerá dos cartas. Si coincide la imagen, el grupo clasificará la carta como “Fuente Natural” o “Producidas por el Hombre” y la fijará en un papel periódico preparado previamente. El grupo tiene derecho a escoger otras dos cartas. Si las cartas son diferentes, se devolverán a su posición original y se cederá el turno a un jugador del otro grupo. El grupo que logre más pares de cartas se declarará ganador.



Juego de los pares sobre fuentes de Cd

5.- En cada fuente de Cd cuyas imágenes coincidan, el facilitador proporcionará una descripción adicional para enriquecer el aprendizaje. Se recomienda revisar la “Guía 1: Cadmio en cultivo de cacao. Disponible en la Caja de Herramientas para la Prevención y Mitigación de la Contaminación de Cadmio en la Cadena de Cacao-Ecuador” https://balcon.mag.gov.ec/mag01/magapaldia/Caja%20de%20Herramientas_Cadmio_Cacao/

6.- Socialización de matrices: Presentar a los participantes las matrices que se utilizarán para el diagnóstico, resolviendo inquietudes y clarificando los procedimientos. Si es necesario, definir un cronograma para las fincas a diagnosticar.

7.- Implementación del diagnóstico: Realizar un recorrido por la finca y utilizando las fichas de diagnóstico disponibles en las páginas 66 - 68, levantar la información correspondiente.

8. Entrevistar al administrador o a los trabajadores claves, responsables del manejo en la finca para obtener datos relevantes sobre las prácticas de manejo y el uso de insumos en la producción de cacao.



Levantamiento de información en finca

9.- Análisis de la información recolectada: Posterior al levantamiento de información en campo, el equipo responsable sistematizará y analizará los datos obtenidos, identificando las posibles fuentes de contaminación por Cd.

MATRIZ: POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN		
FINCA:		
Etapa	Posibles fuentes de contaminación por cadmio	
	Naturales	Producidas por el hombre
Vivero		
Manejo del cultivo		
Cosecha y poscosecha		
Manejo de residuos		



10.- Socialización de resultados: Una vez que la información del diagnóstico haya sido sistematizada, se llevará a cabo una reunión para socializar los hallazgos con los productores, promoviendo un espacio para planificar acciones de manejo adecuadas que aborden las fuentes de contaminación identificadas.



Notas técnicas

Fuentes de acumulación de Cd en el suelo

Para caracterizar el entorno y realizar un diagnóstico de las prácticas de manejo en las fincas de cacao es crucial para identificar las posibles fuentes de Cd que afectan la calidad del cultivo. El Cd está presente en el ambiente tanto por causas naturales como antropogénicas, lo que requiere un enfoque integral para su manejo.

Fuentes naturales de Cd

La contribución de los procesos naturales a la contaminación con Cd del suelo es de 3 a 10 veces menor que la de las fuentes antropogénicas. En los suelos naturales, no contaminados, la concentración de Cd está influenciada en gran medida por la cantidad de Cd en la roca madre y por las condiciones de meteorización locales, así como por el transporte y deposición en los sedimentos y el agua por los ríos. Comparando diferentes tipos de suelos, los derivados de rocas ígneas suelen contener cantidades bajas de Cd, los suelos derivados de rocas metamórficas son intermedios, y los suelos derivados de rocas sedimentarias (especialmente lutitas) contienen altas cantidades (He et al., 2015).

Gramlich et al. (2018) encontraron que los niveles de Cd en los suelos de cultivo de cacao variaron significativamente a lo largo de diferentes sustratos geológicos en Honduras y fue el más alto en los suelos aluviales originados de material sedimentario. De acuerdo con Meter et al., (2019) otras fuentes naturales de Cd del suelo incluyen la actividad volcánica, incendios forestales, partículas de suelo arrastradas por el viento y polvo de roca.



Posibles fuentes de contaminación por Cd

Fuentes antropogénicas de Cd

La actividad humana puede incrementar la concentración de Cd en suelos agrícolas mediante la aplicación de fertilizantes fosfatados, agua de riego de áreas con altas concentraciones de Cd y actividades industriales como la minería, la fundición de minerales y la quema de combustibles fósiles. Si bien la deposición de sedimentos de los ríos es un proceso natural, las actividades como la minería y la degradación causada por el cambio del uso de la tierra en suelos ricos en metales aguas arriba de las áreas agrícolas probablemente aumentarán la concentración de estos metales en los sedimentos aguas abajo Meter et al., (2019).

Los materiales aplicados al suelo pueden contener Cd. Estos incluyen lodos de aguas residuales, compost, estiércol animal y fertilizantes de fosfato. La cantidad de Cd que se aplica a una plantación de cacao mediante el uso de fertilizantes contaminados depende no solo de la concentración en la roca de origen, sino también del programa de fertilización que se está siguiendo. El uso pasado de la tierra también puede ser importante, ya que puede haber resultado en una acumulación de Cd en el suelo (Gramlich et al. 2018), aunque se espera que la lixiviación eliminara esto con el tiempo (Smolders, 2017).

De acuerdo con el Codex Alimentarius, como se observa en la Tabla 5, los aportes estimados de Cd que se añaden a los suelos agrícolas provenientes de diferentes fuentes expresados en mg/kg incluyendo los rangos mínimos corresponden a:

Tabla 5. Aporte de Cd al suelo con la incorporación de diferentes fuentes.

Metal pesado	Fertilizantes fosfatados	Fertilizantes nitrogenados	Productos fitosanitarios - plaguicidas	Estiércol	Lodos de aguas residuales
Cadmio (mg/kg)	0,1 - 170	0,05 – 8,5	1,38 – 1,94	0,3 – 0,8	2 - 1500

Fuente: CODEX, 2020.

Otras enmiendas de suelo también pueden contener altos niveles de Cd. Estos incluyen compuestos de zinc y piedra caliza, los cuales a menudo se fabrican a partir de subproductos de la minería u otras industrias (Mortvedt 1985), citado por Meter et al., (2019).



Agua de riego como una posible fuente de contaminación por Cd



FICHA DE DIAGNÓSTICO DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES DE CADMIO EN FINCA

Fecha de aplicación del diagnóstico: _____

INFORMACIÓN GENERAL

Ubicación de la Finca			Identificación del Propietario				
Provincia:			Nombre del propietario:				
Cantón:			Edad:				
Parroquia:			Información de contacto	Celular:			
Sector:				Convencional:			
Coordenada UTM:	X:			E-mail:			
	Y:		¿Pertenece a alguna organización, asociación, gremio, etc?	Si		No	
	Altitud:			¿Cuál?			

IDENTIFICACIÓN DE LA FINCA

Nombre de la finca:				Aptitud del suelo de acuerdo al mapa de zonificación agroecológica de cacao	Óptima	
Área total de la finca:					Moderada	
Temperatura promedio (°C):					Marginal	
Precipitación promedio (mm/año):					No apta	
¿Existe presencia de ceniza volcánica?	Si		No			No aplicable

MAPA ACTUAL DE LA FINCA



Información interna: Identificar lotes de producción, caminos, fuentes de agua, áreas de compostaje o de acumulación de residuos, zonas de inundación, drenajes, zonas de acumulación de sedimentos por acción de la gravedad o del agua, viveros, bodegas, corrales, vivienda, otros.

Información externa: Identificar cercanía a fuentes de agua, industrias, carretera, rellenos sanitarios o centros poblados, cultivos aledaños, otros.

Descripción de los lotes de cacao									
Información	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4		
Coordenadas	X:		X:		X:		X:		
	Y:		Y:		Y:		Y:		
Semilla (híbrido):									
Enraizado (varetas):									
Patrón utilizado (nombre):									
Injerto (nombre):									
Superficie (ha):									
Diseño de la plantación (triángulo, cuadro, otro):									
Distancia de siembra (m):	Entre plantas		Entre plantas		Entre plantas		Entre plantas		
	Entre hileras		Entre hileras		Entre hileras		Entre hileras		
Textura del suelo:									
Calidad del drenaje:	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno		
	Regular		Regular		Regular		Regular		
	Malo		Malo		Malo		Malo		
Profundidad del suelo:									
¿Dispone de análisis de suelo?									
Profundidad de capa freática: distancia desde la superficie del suelo hasta el nivel donde se acumula el agua subterránea (en m):									
Método de riego:									
Cercanía a áreas de quema de basura o residuos (distancia en m):									
Procedencia de agua para riego:									
VIVEROS									
Cercanía a áreas de quema de basura o residuos (distancia en m):					Fuentes de agua				
Sustrato utilizado:	Comercial				Procedencia del agua:				
	Elaboración propia				¿Dispone de análisis de agua para riego?	Si		No	
¿Dispone de análisis de cadmio del sustrato?	Si		No		¿Dispone de análisis de contenido de cadmio?	Si		No	
¿Utiliza material de propagación de locales acreditados por MAG o AGROCALIDAD?	Si		No						
MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO									
Fecha	Actividad	Insumo (nombre comercial)	Ingrediente activo	Cantidad o Dosis por hectárea	Frecuencia de uso	Procedencia de insumos	Producto registrado en AGROCALIDAD		



MANEJO EN COSECHA Y POSCOSECHA									
Beneficia el cacao:	Si				Si comercializa en baba, ¿qué material utiliza para transportar?				
	No								
Higiene					Cosecha, apertura y desgranado de mazorcas				
¿Dispone por escrito los procedimientos de higiene desde la cosecha hasta la comercialización?	Si		No		¿Qué recipiente utiliza para colocar el cacao en baba que cosecha?	Metálico:			
¿Reciben capacitación?	Si		No			Plástico:			
¿Dispone de instalaciones de higiene (servicios sanitarios, equipos de lavado de manos)?	Si		No			Reciclado:			
¿Dispone de insumos de limpieza para las personas?	Si		No		¿Utiliza pallets para el traslado del cacao a la zona de fermentación?	Si		No	
¿Dispone de áreas destinada para limpieza de materiales, equipos y herramientas?	Si		No		¿Para el traslado del cacao en vehículo al área de fermentación que recipiente utiliza?				
¿Cada que tiempo limpia los equipos y vehículos utilizados para el transporte del grano?						Distancia de áreas de desgrane, fermentación, secado y almacenamiento respecto a posibles fuentes de contaminación o a áreas de almacenamiento de productos químicos, combustibles y repuestos (metros):			
Fermentación					Secado, almacenamiento y transporte				
¿Qué método utiliza para fermentación?	Cajones:				¿De qué forma realiza el secado del cacao?	Natural		Artificial	
	Sacos:				¿En el secado natural usa tendales en áreas cubiertas?	Si		No	
	Método del montón:				¿Realiza el secado sobre la carretera?	Si		No	
¿Los cajones de fermentación son exclusivos para el cacao?	Si		No		¿Si realiza el secado artificial el horno cuenta con un intercambiador de gases?	Si		No	
Si utiliza sacos o el método del montón, ¿el cacao está en contacto directo con el suelo?	Si		No		¿Durante el proceso de secado mezcla diferentes tipos o variedades de cacao?	Si		No	
Si utiliza sacos o el método del montón, ¿la masa de cacao está cubierta?	Si		No		¿La bodega de almacenamiento es de uso exclusivo para cacao?	Si		No	
¿Lleva registros diarios de temperatura del proceso de fermentación de cada lote?	Si		No		¿Qué embalaje utiliza para ensacar el grano seco de cacao?				
¿Con qué remueve la masa de cacao durante la fermentación?	Pala de madera:				¿Utiliza pallets de madera como base para colocar las bolsas de cacao?	Si		No	
	Pala de metal:				¿Los pallets de madera son curados contra insectos?	Si		No	
	Con las manos:				¿Realiza análisis del contenido del cadmio en almendras?	Si		No	
Manejo de desechos orgánicos e inorgánicos									
Manejo de agua residuales:					Fecha de último muestreo:	Agua			
						Suelo			
Manejo de cáscaras cosechadas:						Almendra			
						Foliales			
Datos del encuestador									
Nombre y Apellido del encuestador:					Correo electrónico del encuestador:				

PRÁCTICA 9: Elaboración de un plan para prevenir y mitigar la contaminación de cadmio en fincas cacaoteras



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de elaborar un plan integral que prevenga o mitigue los efectos del cadmio una finca de cacao, aplicando Buenas Prácticas Agronómicas (BPA) en las etapas de vivero, manejo del cultivo, cosecha, poscosecha y manejo de residuos; considerando las posibles fuentes de contaminación de cadmio.



Tiempo

1 hora



Recursos necesarios

- Diagnóstico sistematizado de las posibles fuentes de contaminación de cadmio en las fincas.



Orientaciones para el aprendizaje

1.- Consulta previa del técnico asesor: Antes de la reunión, el técnico asesor deberá consultar con un especialista sobre las mejores opciones de enmiendas, tomando como base los resultados del diagnóstico. Se recomienda la revisión de las fuentes bibliográficas citadas en las notas técnicas.

2.- Plan de manejo: Con el equipo de trabajo “cacao libre de cadmio”, analizar los resultados del diagnóstico y establecer un plan de manejo enfocado en acciones concretas, responsables y cronograma para prevenir o mitigar la contaminación por Cd, conforme la siguiente matriz:



MATRIZ: PLAN DE MANEJO							
Etapa	Posible fuente de contaminación	Qué puedo hacer para prevenir o mitigar cadmio	Responsable (Agricultor, Empresa, Otro)	Cronograma			
				Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes X
Vivero							
Manejo del cultivo							
Cosecha y Poscosecha							
Manejo de residuos							

Si entre las acciones se define realizar muestreo para conocer la concentración de Cd, se recomienda iniciar por el muestreo de almendras de cacao, en función a sus resultados planificar el muestreo de suelo.



Participantes realizando el plan de manejo de Cd

3.- Implementación del plan: El técnico asesor brindará soporte en la implementación del plan de manejo, verificando que se cumplan las condiciones adecuadas para la aplicación efectiva de las acciones de prevención y mitigación.

4.- Registro de actividades: El administrador de cada finca deberá mantener un registro sistemático de las actividades implementación conforme a lo planificado, documentando los procesos y resultados obtenidos para posteriores referencias.



Notas técnicas

Plan de manejo

Contar con un plan de manejo integral para prevenir y mitigar la presencia de Cd en fincas de cacao es fundamental para reducir los riesgos de contaminación y cumplir con los estándares internacionales. Un enfoque integral permite identificar las fuentes de Cd en el suelo y aplicar prácticas que limiten su movilidad y absorción por las plantas. Esto incluye la implementación de buenas prácticas agronómicas, el uso de enmiendas inorgánicas y orgánicas, así como un monitoreo continuo de la concentración de Cd en el suelo y las plantas.

Estrategias para la prevención y mitigación de Cd

Estrategias para la prevención y mitigación de Cd

- **Prevención:**
 - a. Evitar el establecimiento de nuevas plantaciones de cacao en suelos con valores de Cd superiores a 1,4 mg/kg.
 - b. Reducir las entradas de Cd al suelo mediante las siguientes prácticas:
 - Implementar Buenas Prácticas Agrícolas previo al establecimiento de una nueva plantación.
 - No utilizar aguas residuales para el riego.
 - Evitar el uso de abonos orgánicos que contengan altas concentraciones de metales pesados.
 - Limitar la aplicación de fertilizantes fosfatados con concentraciones elevadas de Cd.
- **Mitigación:**

Las enmiendas minerales y orgánicas tienen la capacidad de adsorber el Cd, disminuyendo su disponibilidad en el suelo y concentración en la almendra del cacao. Sin embargo, para su correcta aplicación, es necesario conocer las características físicas y químicas del suelo y de las enmiendas.



Tabla 6. Consideraciones para el uso de enmiendas.

Estrategias para inmovilizar el Cd en el suelo	Detalle
Enmiendas minerales	Carbonato de calcio (CaCO_3): Neutraliza el Cd por precipitación como CdCO_3 , al subir el pH del suelo. Se utiliza en suelos con bajos contenidos de calcio.
	Carbonato de magnesio (MgCO_3): Neutraliza el Cd por precipitación. Se utiliza en suelos con bajos contenidos de magnesio.
	Carbonato doble de calcio y magnesio ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$): Neutraliza el Cd por precipitación. Se utiliza en suelos con bajos contenidos de calcio y magnesio.
	Zeolita: Actúa por adsorción de Cd, disminuyendo su solubilidad y reactividad.
	Yeso (CaSO_4): Remueve y moviliza el Cd del suelo. Recomendado para suelos con alto contenido de arcillas.
	Sulfato de Zinc (ZnSO_4): Tiene un efecto antagónico con el Cd, se recomienda aplicar en suelos con deficiencia de zinc.
Enmiendas orgánicas	Humus, biochar, vinaza, torta de filtro caña, otras: La mayoría de las enmiendas orgánicas disminuyen el Cd disponible para las plantas, principalmente, a través de la adsorción, precipitación y los procesos de formación de complejos (Shaheen et al., 2014). Estas enmiendas se caracterizan por la presencia de lignina, celulosa, taninos y carbonatos que aumentan la capacidad natural del suelo para retener metales pesados (Sebastian y Prasad, 2013).

Para conocer sobre las alternativas de mitigación de Cd, se recomienda las siguientes fuentes bibliográficas:

- **Cómo disminuir la contaminación de cadmio en el cacao: Enmiendas minerales.**

<https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/03/2.-EnmiendasMinerales.pdf>

- **Cómo disminuir la contaminación de cadmio en el cacao: Enmiendas orgánicas.**

<https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/03/3.-EnmiendasOrganicas.pdf>

- **Guía 7:** Recomendaciones de buenas prácticas agronómicas para prevenir el riesgo de contaminación con cadmio en la cadena de cacao.
- **Guía 10:** Mitigación de cadmio en el suelo mediante enmiendas inorgánicas.
- **Guía 11:** Mitigación de cadmio en el suelo mediante enmiendas orgánicas.

https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/Caja%20de%20Herramientas_Cadmio_Cacao/

PRÁCTICA 10: Monitoreo del plan de prevención y mitigación de cadmio



Objetivo de aprendizaje

Al finalizar esta práctica, los participantes estarán en la capacidad de verificar el avance del plan de manejo relacionado con la prevención y mitigación de cadmio, identificando las causas que limitan su ejecución, así como establecer acciones correctivas y condiciones favorables para su adecuado cumplimiento.



Recursos necesarios

- Plan de manejo para la prevención y mitigación de cadmio.
- Papel periódico.
- Tarjetas.
- Marcadores.
- Cinta masking.



Tiempo

1 hora



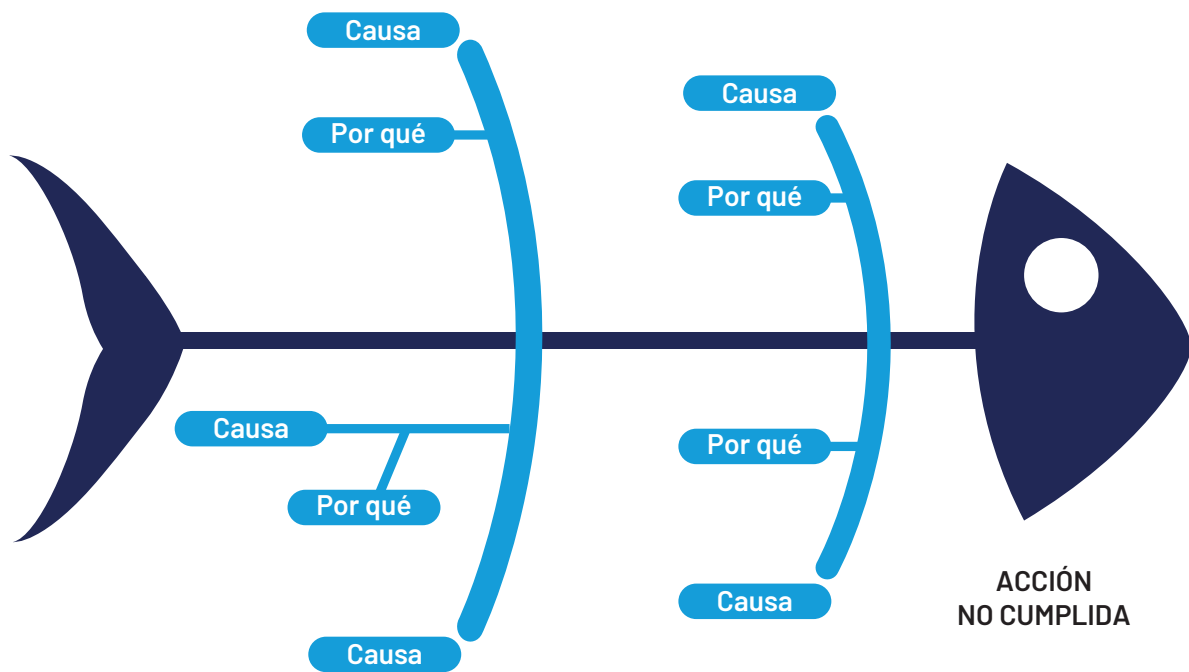
Orientaciones para el aprendizaje

1.- Revisión del plan de manejo: El equipo de trabajo comenzará revisando el plan de manejo previamente establecido para la prevención y mitigación de Cd. Esta revisión permitirá tener un claro entendimiento de las acciones planificadas, su propósito y el estado actual de su implementación.



2.- Identificación de acciones ejecutadas: Con la colaboración del productor o administrador de la finca, se identificarán las acciones que se han ejecutado parcialmente o que no se han ejecutado en absoluto, documentando estas observaciones para su análisis posterior.

3.- Análisis de causas: Para cada acción cumplida parcialmente o no cumplida, se realizará un análisis de las causas que impidieron su cumplimiento utilizando el diagrama de Ishikawa (o diagrama de espina de pescado). Este proceso incluye:



- Seleccionar una acción específica del plan de manejo que no se haya ejecutado como se esperaba.
- Realizar una lluvia de ideas para generar posibles causas que han impedido la ejecución de la acción.
- Jerarquizar las causas más relevantes, si es necesario agrúpelas por categorías (p. ej., recursos, ambiente, materiales, etc.) y ubíquelas en el diagrama de pescado.
- Profundizar el análisis para identificar el por qué o las causas de raíz.

4.- Plan de mejora: Una vez se han identificado las limitantes, el equipo de trabajo elaborará un plan de mejora enfocado en las acciones correctivas que se pueden implementar.

MATRIZ: PLAN DE MEJORA						
Acción no cumplida	Causas identificadas	Acción correctiva	Responsable	Tiempos		Recursos (Fuente)
				Inicio	Fin	

5.- Registro: Finalmente, se recomienda registrar todos los resultados obtenidos durante el monitoreo, así como de la aplicación del plan de mejora. Esto puede incluir:

- Resúmenes de las acciones ejecutadas y no ejecutadas.
- Diagrama de Ishikawa con causas identificadas.
- Informe del plan de mejora con acciones y responsables.

6.- Reflexión grupal: Concluir la práctica con una reflexión grupal donde los participantes puedan compartir sus aprendizajes y proponer sugerencias adicionales para mejorar el proceso de monitoreo y la implementación de plan de manejo. Este espacio fomentará un aprendizaje colaborativo y el compromiso continuo hacia la prevención y mitigación de la problemática del Cd en las fincas cacaoteras.



Notas técnicas

Monitoreo y manejo de registros

El monitoreo continuo del avance en la implementación de un plan de prevención y mitigación de Cd en cacao es esencial para asegurar que las estrategias aplicadas sean efectivas y permitir la toma de decisiones correctivas de manera oportuna. Mantener un control adecuado mediante registros es clave para evaluar tanto los resultados técnicos como los económicos, lo que garantiza una gestión eficiente de la finca.

Los registros proporcionan información valiosa para analizar el impacto de las acciones implementadas y permiten al productor ajustar sus prácticas a tiempo. Para ser efectivos, los registros deben ser sencillos, completos, actualizados y confiables, asegurando que la información generada facilite decisiones acertadas a nivel técnico, económico y ambiental. Además, el seguimiento a través de registros es fundamental para detectar problemas antes de que se agraven y asegurar que las acciones del plan se cumplan dentro de los plazos establecidos.



Referencias Bibliográficas

- Argüello, D., Chávez, E., Lauryssen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E. & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cocoa beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of the Total Environment*, 649,120-127.
- Arvelo, M; Delgado, T; Maroto, S; Rivera, J; Higuera, I y Navarro, A. (2016). Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en América. San José, C R : IICA: CIATE. <http://www.iica.int>
- ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). (2008). ToxFAQs™ - Cadmio (Cadmium) disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html
- CAOBISCO/ECA. (2023) Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements. (End, M.J. and Dand, R., Editors), CAOBISCO/ECA, Brussels.
- Duvilanski, B y Cabilla, J.(2014). El cadmio como citotóxico y como metalohormona: efectos sobre el eje hipotálamo-hipofisario. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/15262>
- Eisler, R. (1985). Cadmium Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. U. S. Dep. Int. Biological Report 85 (1.2), Contaminant Hazard Reviews Report 2.
- FAO (2024a). Programa global de doctores de los suelos. Propiedades físicas del suelo-ejercicio P=1 <https://www.fao.org/global-soil-partnership/soil-doctors-programme/es/>
- FAO (2024b). Programa global de doctores de los suelos. El pH del suelo. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/soil-doctors-programme/es/>
- FAO (2024c). Programa global de doctores de los suelos. Las propiedades biológicas y químicas del suelo. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/soil-doctors-programme/es/>
- FAO y OMS. (2002). Código de prácticas sobre medidas aplicables en el origen para reducir la contaminación de los alimentos con sustancias químicas. Código de prácticas del Codex Alimentarius, n.º CXC 81-2002. Comisión del Codex Alimentarius. Roma.
- FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Meeting, & World Health Organization. (2013). Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants: Seventy-Seventh Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (Vol. 77). World Health Organization.
- Fernández, L. y Yanchatipán, L. (2024). Cadmium in the Soil and its Presence in Cocoa. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 3(2), 85-96. DOI 10.18502/epoch.v4i1.15805.
- Gramlich, A., Tandy, S., Gauggel, C., López, M., Perla, D., Gonzalez, V., & Schulin, R. (2018). Soil cadmium uptake by cocoa in Honduras. *Science of The Total Environment*, 612 (September 2017), 370-378.
- He, S., He, Z, Yangg, X, Stoffella P, Baligar, V. (2015). Soil Biogeochemistry, Plant Physiology, and Phytoremediation of Cadmium- Contaminated Soil, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.06.005>, *Advances in Agronomy*, 134, 135-225 (2015).
- Houben, D., Piricar, J. y Sonnet, P. (2012). Heavy Metal Immobilization by Cost-effective Amendments in a Contaminated Soil: Effects on Metal Leaching and Phytoavailability, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.10.004>, *Journal of Geochemical Exploration*.
- Huaraca-Fernandez, Jhon N., Pérez-Sosa, Lourdes, Bustinza-Cabala, Leonor S., & Pampa-Quispe, Noé B. (2020). Organic amendments in the immobilization of cadmium in contaminated agricultural soils: a review. *Información tecnológica*, 31(4), 139-152. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>
- INTAGRI. (2015). La Capacidad de Intercambio Catiónico del Suelo. Serie Suelos. Núm. 09. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>.

- Kabata-Pendias, B. Szteke. (2015). Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. CRC Press, Florida.
- Khan, M., Khan, S., Khan, A. y Alam, M. (2017). Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. Science of the Total Environment.
- Kobayashi, J. (1978). Pollution by cadmium and the Itai-Itai disease in Japan. In: Oehme, F.W., Dekker, M. (Eds.), Toxicity of Heavy Metals in the Environment. Marcel Dekker, New York, pp. 199-260
- López-Ulloa, M., Jaimez, R. & Orozco, L. (2021). Guía 1: El cadmio en el cultivo de cacao. Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador (1.ª ed., pp. 1-20). Quito, Ecuador.
- Marchive, L., López, M., Chávez, E. & Atkinson, R. (2021). Guía 3: Factores que influyen en la biodisponibilidad de cadmio en suelo y su acumulación por la planta. Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador (1.ª ed., pp. 1-24). Quito, Ecuador.
- Meter, A., Atkinson, R.J. y Laliberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. Bioersivity International, Roma.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2020). Preventing disease through healthy environments - Exposure to cadmium: a major public health concern. World Health Organization, Geneva 27, Switzerland. Recuperado el 2 de junio de 2020. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/329480/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.3-eng.pdf?ua=1>
- Osorio, M., Carrillo, W., Negrete, J. (2022). Suelos caracterización e importancia. Puerto Madero Editorial. Lima, Perú.
- Ramírez, K., Zambrano, G., Santos, A., Charry, A., Chávez, E. (2022). Análisis de la cadena de valor de cacao del Ecuador y percepciones sobre la regulación europea de cadmio en chocolate y otros derivados del cacao y el cambio climático. Publicación CIAT No. 535. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 64 p.
- Revista Líderes. (2024, noviembre 5). Sabor dulce preferido en Ecuador. Recuperado de <https://www.revistalideres.ec/lideres/sabor-dulce-preferido-ecuador.html>
- Sarwar, N., Saifullah, S., Sukhdev, S., Munir, H., Asif, N., Sadia, B. y Ghulam, F. (2010). Role of Mineral Nutrition in Minimizing Cadmium Accumulation by Plants, <https://doi.org/10.1002/jsfa.3916>, Journal of the Science of Food and Agriculture, 90, 925-937.
- Sebastian, A. y Prasad, M.N.V., (2013). Cadmium Minimization in Rice. A review, <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0152-y>, Agronomy for Sustainable Development, 34(1), 155-173.
- Shaheen, S.M., Rinklebe, J. y Selim, M.H., (2014). Impact of Various Amendments on Immobilization and Phytoavailability of nickel and zinc in a contaminated floodplain soil, <https://doi.org/10.1007/s13762-014-0713-x>, International Journal of Environmental Science and Technology, 12(9), 2765-2776.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Niazi, N. K., & Antunes, P. M. C. (2016). Cadmium Bioavailability, Uptake, Toxicity and Detoxification in Soil-Plant System, 241. <https://doi.org/10.1007/398>
- Smolders, E. (2017). Scientific aspects underlying the regulatory framework in the area of fertilisers – state of play and future reforms. IP/A/IMCO/2016-19 – PE 595.354. European Union. 30 pp.
- Zug, K. L. M., Huamaní Yupanqui, H. A., Meyberg, F., Cierjacks, J. S., y Cierjacks, A. (2019). Cadmium Accumulation in Peruvian Cacao (*Theobroma cacao* L.) and Opportunities for Mitigation. Water, Air, & Soil Pollution, 230.

**HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE PARA LA
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA PRESENCIA
DE CADMIO EN CACAO**
GUÍA PARA FACILITADORES

ISBN: 978-9942-22-605-1



EL NUEVO
ECUADOR

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Con el apoyo de:

STDF

FONDO PARA la APLICACIÓN
de NORMAS y el FOMENTO del COMERCIO



@iniapecuador



@iniapec



@iniapecuador

www.iniap.gob.ec