



LINEAMIENTOS DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CADMIO EN SUELOS, HOJAS, GRANOS Y PRODUCTOS DERIVADOS DE CACAO



Documento elaborado en el marco de la implementación de la Estrategia Cooperación en el País del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), con las opiniones aprobadas de las instituciones que forman el "Grupo Técnico Nacional de Cadmio en Cacao"





PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Dirección General Agrícola

ÍNDICE

I. ANTECEDENTES	3
II. OBJETIVO	4
III. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CADMIO EN SUELOS, HOJAS, GRANOS Y PRODUCTOS DERIVADOS DE CACAO	5
1. METODOS DE ANALISIS DE LABORATORIO	5
2. LINEAMIENTOS PARA MUESTREO DE SUELOS.....	5
3. LINEAMIENTOS PARA MUESTREO DE HOJAS DE PLANTACIONES DE CACAO.....	8
4. LINEAMIENTOS PARA MUESTREO DE GRANOS DE CACAO.....	9
5. LINEAMIENTOS PARA EL MUESTREO DE CADMIO EN EL AGUA EN ZONAS CACAOTERAS	10
6. LINEAMIENTOS PARA EL MUESTREO DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL CACAO (PASTA DE CACAO, POLVO Y CHOCOLATE).....	10
IV. RECOMENDACIONES PARA LA MITIGACIÓN DE CADMIO EN CACAO	12
1. ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DE CADMIO EN EL CACAO	12
1.1. En plantaciones nuevas:.....	12
1.2. En plantaciones ya instaladas:.....	12
A. Estrategias para inmovilizar el cadmio en el suelo y disminuir su disponibilidad en el suelo:	12
B. Fito extracción de metales pesados (Cd).....	13
C. Manejo Agronómico del cultivo de cacao	13
V. RECOMENDACIONES GENERALES.....	14
VI. ANEXO	15
Tabla A-1: Aportes estimados de metales pesados agregados a suelos agrícolas por diferentes fuentes (mg/kg).....	15
Tabla A-2: Concentración de cadmio en las rocas.....	15
Tabla A-3: Resumen de métodos oficiales y/o referentes internacionales para muestreo y analíticos de laboratorio.....	16
Tabla A-4: Resumen de principales métodos de muestreo utilizados en trabajos de investigación de cadmio en productos de cacao realizados.....	18





LINEAMIENTOS DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CADMIO EN SUELOS, HOJAS, GRANOS Y PRODUCTOS DERIVADOS DE CACAO

I. ANTECEDENTES

En el año 2014 la Unión Europea publica el “Reglamento (UE) N° 488/2014 de la Comisión Europea (12/05/2014) que modifica el Reglamento (CE) 1881/2006 en lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios”¹. En dicha modificación incluye a productos específicos de cacao y chocolates en la lista de contenidos de niveles máximos (NM), los cuales entrarán en vigencia a partir de enero del 2019 (Tabla N° 1):

Tabla N°1. Niveles Máximos para el chocolate y productos derivados en el Reglamento (UE) N° 488/2014

3.2.7	Productos específicos de cacao y chocolates	Niveles máximos (NM)
	Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%	0.10
	Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao <50%; 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

Durante el acompañamiento realizado al Ministerio de Agricultura y Riego -MINAGRI y al Comité Técnico Nacional sobre Contaminantes en Alimentos durante los años 2016’2017 ante la situación internacional del establecimiento de niveles máximos para el cadmio en productos derivados del cacao, se identificó la necesidad y demanda de que el país cuente con una directiva que oriente el desarrollo de los trabajos de investigación basada en la normativa nacional existente y en la normativa de referencia internacional. Si bien en el Perú se han realizado varios trabajos de investigación éstos no cumplen con los criterios señalados.

En este marco el presente documento “LINEAMIENTOS DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CADMIO EN SUELOS, HOJAS, GRANOS Y PRODUCTOS DERIVADOS DE CACAO” ha sido elaborado con la finalidad de poner a disposición del país una propuesta con base científica para la extracción y constitución de muestras para la determinación de los contenidos de cadmio en suelos, granos de cacao, hojas y productos derivados, que facilite el desarrollo de trabajos de investigación comparables bajo métodos estandarizados, entendiendo la situación del cadmio en las almendras del cacao, su relación o correlación con el cadmio en el suelo (cadmio total, cadmio soluble) y con sus insumos de producción, identificando las fuentes y niveles

¹ El Reglamento (UE) N° 488/2014 se sustentada en la ingesta semanal tolerable (IST) para cadmio de 2,5 µg/kg de peso corporal establecida por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés).





existentes para el diseño e implementación de un plan o estrategias de mitigación en caso de requerirse.

Para su elaboración se realizó la recolección, revisión y análisis de información secundaria tanto de trabajos de investigación como de las normativas relacionadas nacional e internacionalmente, relevándose la normativa nacional establecida, incluyéndose en los Anexos A-3 y A-4 resúmenes de los métodos oficiales de muestreo y analíticos de referencia a nivel internacional, así como los principales métodos de muestreo utilizados en los trabajos de investigación nacional e internacional.

Cabe mencionar que para su desarrollo se realizaron talleres de consulta en reuniones técnicas con los representantes del Comité Técnico sobre Contaminantes en Alimentos los días: 15 de agosto y 20 de octubre del 2017 y un taller de validación final incluyendo además a los principales actores de la cadena del cacao de los sectores público, privado, académico y de la cooperación realizada el 07 de diciembre de 2017.

Finalmente, conformó un Grupo Técnico Nacional de Cadmio en Cacao con la participación a nivel sectorial de las autoridades competentes relacionadas en la materia desde la Dirección General Agrícola – DGA, Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios – DGAAA, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA, el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA y Autoridad Nacional del Agua – ANA, el cual revisó la propuesta y emitió aportes y observaciones junto la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA del Ministerio de Salud, las cuales fueron incorporadas en la presente versión.



OBJETIVO

Establecer los métodos referentes para el muestreo de cadmio en suelos, hojas, granos y productos derivados de cacao, con un lenguaje uniforme, de acuerdo a los protocolos nacionales e internacionales, que permita a nivel nacional obtener una línea de base oficial, en las diferentes instituciones del estado y privadas, con la finalidad de poder planificar adecuadamente las medidas de mitigación y control del cadmio en las zonas cacaoteras donde se haya verificado que existen concentraciones que estén por encima de lo establecido en los estándares tanto nacionales como internacionales.



III. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MUESTREO PARA LA DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CADMIO EN SUELOS, HOJAS, GRANOS Y PRODUCTOS DERIVADOS DE CACAO

El presente capítulo desarrolla propuestas para el muestreo de cadmio en suelos, hojas, granos de cacao y productos derivados como chocolate, polvo y pasta de cacao, con base en los procedimientos establecidos en la normativa nacional peruana existente y métodos referenciales a nivel internacional.

A continuación se presentan las propuestas de lineamientos para el muestreo de cadmio en las diferentes etapas de producción y transformación:

1. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

En cuanto a los métodos para los análisis de las muestras colectadas, se recomienda el uso de la espectrometría dado que es una técnica que sirve para valorar el grado de contaminación del medio ambiente, e identifica analitos mediante el espectro emitido o absorbido por los mismos. Entre los métodos existentes están la espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS), la espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (GF-AAS), la espectrometría de absorción atómica (ETAAS) y Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP – MS). Éste último es el más sensible, de mayor precisión así como el más utilizado en Europa.

Para contar con resultados que tengan validez científica y puedan ser referenciales, los métodos a utilizar deberán estar acreditados. Tal acreditación puede ser tanto a nivel internacional como a nivel nacional.

En el Perú la acreditación de métodos de laboratorio es realizada por el Instituto Nacional de Calidad -INACAL, que cuenta con la Norma Técnica Peruana NTP N° 208.030:2015 "CACAO Y CHOCOLATE: Determinación de plomo, cadmio, cobre, hierro y zinc", que establece como método analítico la prueba la Espectrometría de absorción atómica.



2. LINEAMIENTOS PARA MUESTREO DE SUELOS

El cadmio presente en el suelo puede ser de origen natural (geoquímico), resultante del proceso de formación del suelo y la composición de la roca madre; o de origen antrópico por la incorporación en el suelo (voluntaria o involuntaria) como parte de la actividad humana.

En el marco de la normativa nacional el Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM define el término de "sitio potencialmente contaminado" como área en la cual el suelo puede contener contaminantes provenientes de actividades antrópicas; el sitio contaminado puede incluir el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, cuando estos resulten afectados por la presunta contaminación del suelo.





Se define también "sitio contaminado" como área en la cual el suelo contiene contaminantes provenientes de actividades antrópicas, en concentraciones que pueden representar riesgos para la salud o el ambiente debido a que superan los Estándares De Calidad Ambiental (ECA) para suelo. En este decreto está establecido que para suelos de "Uso agrícola" la concentración máxima de cadmio total es de 1.4 mg/kg de suelo seco, valor que coincide con los valores guía de calidad de suelos de Canadá (CCME,1999), norma internacional muy confiable.

A continuación, en la Tabla N° 2 se presentan los factores que determinan la absorción de cadmio por las plantas

Tabla N°2. Factores edáficos y del cultivo que determinan la absorción de cadmio en las plantas

Factores	Efecto en la absorción de cadmio por las plantas
Factores edáficos	
1. pH	La absorción se incrementa cuando disminuye el pH (suelos ácidos)
2. Salinidad del suelo	La absorción se incrementa con la salinidad.
3. Cantidad de cadmio	La absorción se incrementa con la concentración de Cd
4. Micronutrientes	La deficiencia de zinc y manganeso aumentan su absorción
5. Macronutrientes	Puede incrementar o decrecer la absorción
6. Temperatura	Alta temperatura incrementa la absorción
Factores del cultivo	
7. Especies y cultivares	Verduras>raíces>cereales>frutos Se lee: Las verduras absorben más que las raíces, las raíces absorben más que los cereales, y los cereales absorben más que los frutos
8. Tejido de la planta	Hoja>grano>frutos y raíces comestible
9. Edad de la hoja	Hojas viejas>hojas jóvenes

Fuente: (McLaughlin, Mike. 2016)



Para conocer la concentración de cadmio en el suelo se debe realizar el muestreo siguiendo los criterios establecidos para evaluar la contaminación por metales pesados (no aplican los criterios de muestreo de suelos con enfoque agronómico) de manera que se pueda determinar la posibilidad de traslocación del cadmio a las hojas y a los granos de cacao y para entender los procesos de "bioacumulación" y "transferencia" de este metal en el sistema suelo-planta.

Para determinar si existen concentraciones de **cadmio total** superiores a lo establecido en el ECA para "suelos de uso agrícola" (Cadmio total mayor de 1.4 mg/kg de suelo seco) en plantaciones de cacao instaladas o futuras, se deben realizar los siguientes procedimientos:

1. Para conocer la extensión horizontal de la concentración de cadmio en la superficie del suelo se deben tomar nueve muestras simples individuales en una hectárea, utilizando el método sistémico al azar dentro de la plantación representativa de cacao, a una "profundidad de 10 cm", y una cantidad de 500 g de suelo por muestra, las cuales deberán colocarse en bolsas plásticas nuevas de preferencia con cierre hermético. En casos en que los predios tengan mayores extensiones se podrá identificar sub-áreas de muestreo representativas de aproximadamente una hectárea y seguir el mismo procedimiento.





Con esta información se podría cartografiar la probabilidad de que en la superficie del suelo existan valores que estén por encima de los Estándares de calidad ambiental para suelos mediante la elaboración de mapas temáticos con "isolíneas" de la concentración de cadmio total, mediante el método de simulaciones condicionales

- Para conocer la distribución vertical del cadmio en el suelo, que permitirá determinar su origen, se realizará el muestreo en una zona representativa del predio, utilizando un auger de acero inoxidable se tomarán cuatro muestras de 500 g de suelo a diferentes niveles de "profundidad de 0-10 cm", de "10-20 cm", de "20 a 40 cm" y de "40 a 60 cm" (propuesta con base en el RM 085-2014-MINAM).

Generalmente, cuando existen concentraciones elevadas de cadmio total en la superficie y bajas concentraciones de cadmio total en el sub suelo, se concluye que el origen del cadmio total es antrópico y el sitio está contaminado; en el caso inverso, se podría interpretar que el origen es natural (geoquímico) proveniente de la meteorización de las rocas en el proceso de formación del suelo.

- En el caso del muestreo de fondo geoquímico o natural, que sirve para determinar los valores naturales de cadmio en el suelo y es aplicable sólo para metales y metaloides, se debe identificar un área de muestreo que tenga la menor actividad antrópica posible, fuera de la plantación de cacao con características orográficas, geológicas, climáticas y de vegetación similares.



Una vez identificada el área de muestreo, se obtendrán 20 sub-muestras representativas, utilizando un auger de acero inoxidable, para la conformación de una muestra compuesta de 500 g de suelo para enviar al laboratorio. En áreas homogéneas se deberá realizar un mínimo de tres muestras compuestas y en áreas heterogéneas, se debe duplicar el número muestras.

- En los casos en los que los resultados de cualquiera de las evaluaciones determinen concentraciones de cadmio total con valores mayores de 1.4 mg/kg, se deberá realizar la especiación química para conocer su grado de biodisponibilidad o forma soluble en la que el cadmio puede ser absorbido por las plantas (Cd^{2+}), mediante una extracción secuencial de tal manera que se pueda determinar el riesgo de bioacumulación en el cultivo de cacao, o los procesos de adsorción, precipitación, lixiviación y pérdidas por escorrentía. Conocimientos que permitirán proponer las estrategias de mitigación correctas, para cada caso particular (suelos ácidos, arcillosos, ricos en materia orgánica, etc.).

- El análisis químico deberá ser realizado en laboratorios que cuenten con los métodos analíticos acreditados para analizar el cadmio total. El DS 011-2017-MINAM establece que el método analítico de ensayo a utilizar para cadmio total en suelo debe ser el EPA 3050 o el EPA 3051.



3. LINEAMIENTOS PARA MUESTREO DE HOJAS DE PLANTACIONES DE CACAO

El diagnóstico foliar es una herramienta muy utilizada para resolver problemas de diagnóstico del estado nutricional (deficiencia o toxicidad), por lo que se propone utilizar para conocer los niveles de concentración de cadmio total en las hojas.

Teniendo en cuenta las experiencias realizadas en Ecuador, Colombia y Perú se propone los siguientes lineamientos:

1. Las muestras deberán tomarse de plantas de la misma variedad que tengan entre 5 y 10 años, cuando están en floración.
2. Las hojas a muestrear no deben tener daños de plagas o enfermedades, ni tener residuos de fungicidas o plaguicidas que tengan elementos metálicos en su formulación.
3. Se deberá tomar una muestra compuesta de 10 árboles al azar de la misma variedad, obteniendo 4 hojas de cada uno, de los 4 puntos cardinales, en la parte central del árbol.
4. La hoja a muestrear debe ser la cuarta hoja desde la posición apical de la rama cortada con una tijera desde su base (incluyendo en peciolo).
5. Las 40 hojas colectadas de los 10 árboles deben colocarse dentro de una bolsa de papel para luego ser llevadas laboratorio. En laboratorio deberán secarse en una estufa con ventilación calibrada a 60°C, por un tiempo mínimo de 24 horas para luego ser molidas.
6. Seguidamente se separa un gramo de la muestra molida, el cual debe ser calcinado en una mufla calibrada a 400°C por 24 horas hasta obtener las cenizas para ser procesadas por el método analítico acreditado para la cuantificación de metales en estos tejidos pudiendo ser absorción atómica o ICP-MS.
7. Se debe evitar cualquier tipo de contaminación durante los procesos de extracción y almacenamiento de las muestras.



4. LINEAMIENTOS PARA MUESTREO DE GRANOS DE CACAO

El muestreo de granos de cacao debe realizarse con base a lo establecido por el SENASA en los Procedimientos para la toma y envío de muestras de alimentos agropecuarios primarios y piensos (PRO-SIAG-07) para la determinación de contaminación por metales pesados, de la siguiente manera:

1. Los lotes de granos de cacao de gran tamaño se dividirán en sub-lotes. Para la subdivisión de lotes se utilizará la siguiente tabla en donde cada sub-lote podrá superar el peso indicado en un 20% como máximo:

Peso de lote (en toneladas)	Peso de los sublotes o número de sublotes
≥ 1500	500 toneladas
>300 < 1500	3 sub lotes
100 y 300	100 toneladas
< 100	-----

2. Se deberá tomar un número mínimo de 3 muestras elementales por lote de granos de cacao seco (si el peso del lote es menor de 50 kg) o un mínimo de 5 muestras elementales si el lote es de 50 y 500 kg y 10 muestras elementales en caso de que el lote tenga > 500 kg, como puede ser el caso de muestreo en un centro de acopio. Se recomienda seguir el mismo procedimiento para lotes de producción. Cada lote deber registrarse identificando su procedencia y otros datos necesarios para la correcta rastreabilidad de los granos de cacao.



Las muestras elementales tendrán un peso análogo. El peso de una muestra elemental deberá ser de 100 g como mínimo, lo que dará como resultado una muestra global de al menos 1 kg aproximadamente.

4. Durante el muestreo, deberán tomarse precauciones para evitar toda alteración que pueda afectar a los niveles de contaminantes, influir negativamente en la determinación analítica o hacer que las muestras globales dejen de ser representativas.



5. Para el almacenamiento se deben mantener tener todos los cuidados necesarios para evitar la contaminación de las muestras su contaminación, por lo que se recomienda envasarlas en bolsas herméticas en cajas tecnopor con refrigerantes secos.

6. El análisis de laboratorio deberá realizarse en un laboratorio con el método acreditado para análisis de contaminantes en alimentos. El SENASA cuenta con un Laboratorio de Residuos Tóxicos, donde se realizan análisis de metales pesados, con el método ICP-MS el cual se encuentra acreditado internacionalmente para realizar este tipo de análisis en alimentos.



5. LINEAMIENTOS PARA EL MUESTREO DE CADMIO EN EL AGUA DE USO AGRÍCOLA EN ZONAS CACAOTERAS

El muestreo del agua para uso agrícola en zonas cacaoteras se realizará de acuerdo al "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos superficiales", elaborada por la Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura y aprobado por Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), de la siguiente manera:

1. Las muestras a ser colectadas deben provenir de agua de riego en constante movimiento, de canales, quebradas o arroyos entre otros, que son utilizadas para riego complementario al agua de lluvia, en el ámbito de las plantaciones cacaoteras. No deben tomarse muestras provenientes de aguas estancadas.
2. El agua debe ser colectada en frascos de polietileno de alta densidad (PE-HD) de primer uso de 500 ml de capacidad, por cada unidad de muestreo.
3. El monitoreo de la calidad del agua de uso agrícola debe realizarse por lo menos dos veces al año una dentro del periodo más seco y la segunda dentro el periodo más lluvioso (en épocas de sequía y de lluvias).
4. Las muestras deben analizarse dentro del menor tiempo posible en un laboratorio acreditado con el método ICP-MS para determinar cadmio y otros metales.

6. LINEAMIENTOS PARA EL MUESTREO DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL CACAO (PASTA DE CACAO, POLVO Y CHOCOLATE)

La toma de muestras para productos derivados de cacao debe realizarse según lo establecido en la Directiva Sanitaria N°032-MINSA/DIGESA-V.01: "Procedimiento para la recepción de muestras de alimentos y bebidas de consumo humano en el laboratorio de control ambiental de la DIGESA" y considerando lo señalado en el Listado de requisitos para la recepción de muestras de alimentos, bebidas y superficies de código AT-LI-02 (Numeral 5.2 de la Directiva Sanitaria N° 032/MINSA/DIGESA V.01), de la siguiente manera:

1. Las muestras de los productos derivados de cacao envasados deben ser del mismo lote, en sus envases originales y conservando su integridad hasta su llegada al laboratorio. En caso no se encuentren envasados deberán colectarse en envases limpios, secos, herméticos, tales como frascos de vidrio de boca ancha, bolsas de plástico desechables, cuya capacidad sea adecuada para la cantidad de muestra a recolectar.
2. La muestra deberá contener 100 g. del producto. De igual manera, cuando la presentación del producto sea menor a la cantidad de muestra indicada, deberán incluirse tantas unidades como sea necesaria para alcanzar la cantidad de muestra requerida.



3. Las muestras envasadas deberán conservarse a temperatura ambiente y ser transportadas al laboratorio tan rápido como sea posible y antes de su fecha de vencimiento. Cabe precisar que, la fecha de expiración (vencimiento) deberá proporcionar un margen de tiempo adecuado para la realización del ensayo, es decir, que los productos no estén próximos a expirar.
4. La conservación y transporte de todas las muestras colectadas deberá efectuarse de tal manera que se impida su ruptura, derrame, alteración o deterioro, evitando su exposición a la luz solar directa para evitar que se modifique la composición de la muestra durante el transporte o el almacenamiento.



Se deberá registrar las condiciones en que se encuentran almacenados los productos derivados de cacao, incluyendo el lote, fecha de vencimiento y fecha de fabricación de corresponder, asimismo, información referente al lote de materia prima (cacao) con la que se elaboró el producto con fines de rastreabilidad posterior, de ser necesario.

Handwritten mark resembling a stylized '3' or '7'.

6. El análisis químico deberá realizarse en un laboratorio con el método analítico acreditado para análisis de contaminantes en alimentos. La DIGESA cuenta con el Laboratorio de Control Ambiental con el método de absorción atómica en donde se puede realizar este tipo de análisis.





IV. RECOMENDACIONES PARA LA MITIGACIÓN DE CADMIO EN CACAO

La mitigación del cadmio en el cacao consiste en el desarrollo de estrategias para disminuir su contenido en los granos a través de técnicas que limiten la absorción de este metal por las plantas. La primera acción a realizar en las áreas de producción del cultivo de cacao (sean nuevas áreas o instaladas), será realizar un análisis de suelos para conocer el nivel de cadmio presente y de acuerdo a ello identificar la necesidad de realizar estrategias de mitigación. Así mismo, deben prevenirse y evitarse las inundaciones en las áreas de producción debido a que estas podrían ser fuente de cadmio.

1. ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DE CADMIO EN EL CACAO

Para evitar la bioacumulación de cadmio en los granos de cacao se requiere la implementación de diferentes estrategias considerando las particularidades de cada sistema agroecológico y sistema de producción (orgánico y convencional) de manera que su conjunto contribuyan a mitigar los niveles de cadmio en aquellas plantaciones que lo requieran.

De acuerdo a los trabajos de investigación disponibles se recomienda:

1.1. En plantaciones nuevas:

- A. Instalar las plantaciones en suelos agrícolas que tengan menos de 1.4 mg/kg de Cd total.
- B. Utilizar un diseño de plantaciones mixtas (agroforestales) con diversas variedades de cacao y con diferentes tipos de sombra (plátanos, inga, etc.), adaptadas a cada ambiente ecológico, en vez de monocultivo de cacao, sin sombra.
- C. Instalar las plantaciones en áreas alejadas de carreteras o tomar medidas para prevenir el contacto de los cacaotales con los gases que emiten la combustión de los vehículos porque pueden contener cadmio. Así mismo en áreas alejadas de botaderos de las ciudades o zonas mineras.

1.2. En plantaciones ya instaladas:

A. Estrategias para inmovilizar el cadmio en el suelo y disminuir su disponibilidad en el suelo:

1. Incrementar los niveles de Zn y Mn en el suelo, se ha demostrado que cuando hay deficiencia de estos micronutrientes el cadmio tiene más probabilidades de ingresar a la planta y a la almendra del cacao. El análisis científico arroja que el desbalance entre los micronutrientes y el cadmio tiene un gran impacto en la absorción de cadmio y el alto contenidos de cadmio en el grano de cacao.

Aplicar niveles de encalado en bajas dosis (3 t/ha/año) y de preferencia dolomita ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$) para incrementar gradualmente el pH e incorporar calcio y magnesio que son esenciales para el crecimiento del cacao y pueden precipitar al cadmio disminuyendo su biodisponibilidad. Esto requiere mayor investigación debido a que existen variedades de cacao que crecen bien en suelos ligeramente ácidos, y podrían verse afectadas.



3. Incrementar el contenido de materia orgánica del suelo y mejorar su actividad microbiológica utilizando fertilizantes o abonos orgánicos tales como estiércoles tratados de ganado estabulado en granjas, compost, bocashi, entre otros. Para esta acción es importante conocer previamente los contenidos de cadmio en los insumos a utilizar (En el Anexo se muestran las Tablas A-1 de aportes estimados de metales pesados agregados a suelos agrícolas por diferentes fuentes (mg/kg) y A-2 de concentración de cadmio en las rocas).
4. Evitar la fertilización con fertilizantes fosfatados y roca fosfórica sedimentaria debido a que suelen tener como impureza el cadmio siendo éste menor en las fosforitas de origen ígneo.
5. Utilizar fertilizantes nitrogenados y potásicos debido a que normalmente tienen muy bajos contenidos de cadmio y de preferencia abonos compuestos como el 20-20-20 (N-P₂O₅ y K₂O), verificando el análisis de metales pesados. Está demostrado que en suelos bien provistos de nutrientes las probabilidades de bioacumulación del cadmio son menores.
6. Preparación y uso de carbono activado, utilizando diferentes tipos de materiales, de preferencia locales (biomasa residual o rastrojos) se puede aplicar para disminuir la disponibilidad de cadmio en el suelo por el mecanismo de adsorción.
7. Aplicar vinaza (sub producto de la industria de la caña), como fertilizante líquido rico como fuente de potasio, además puede promover la instalación de hongos que forman micorrizas en las raíces del cacao para incrementar la eficiencia en la nutrición de fósforo en este cultivo, darle resistencia a las sequías, protección contra enfermedades, e inmovilización del cadmio.
8. Utilizar micorrizas de preferencia nativas de la zona y otros bioremediadores que "capturen" el cadmio presente en el suelo y para que no se encuentre disponible para el cacao.



B. Fito extracción de metales pesados (Cd).

La Fito extracción es una técnica que consiste en sembrar plantas (árboles, arbustos, herbáceas, cultivos de cobertura) en suelos contaminados con metales pesados con la finalidad de extraerlos a través del sistema radicular y transferirlo hacia la masa foliar, la cual luego es cosechada, incinerada para convertirla en cenizas (450°C) y luego decidir si va a confinamiento o a un laboratorio de química analítica o industrial para que puedan reutilizar estos metales. Cabe mencionar que la aplicación de esta técnica requiere contar con un sistema implementado de bioseguridad para evitar que los follajes sean utilizados para alimentación o como piensos.

C. Manejo Agronómico del cultivo de cacao

El manejo agronómico eficiente del cultivo es importante: la poda, el número de plantas por hectárea, los sistemas de sombra, el régimen de humedad en el suelo, forma de aplicación de fertilizantes y enmiendas, dosis y momentos de realizar estas labores, permiten que el metabolismo del cacao sea el adecuado y existirá menos probabilidades de que el cadmio ingrese por las raíces, porque normalmente este metal se bioacumula en mayores cantidades en suelos de baja fertilidad,



arenosos, pobres en materia orgánica, bajas concentraciones de zinc y manganeso, fuertemente ácidos (pH < 5.5) y con un mal manejo.

Cuando la fisiología del cacao es adecuada la producción y funcionamiento de enzimas van a favorecer sus procesos metabólicos normales, disminuyendo la bioacumulación del cadmio en los granos del cacao, ya que existen mecanismos de autodefensa de las plantas frente a los contaminantes que se activan cuando las plantas están sanas y bien nutridas. A continuación se presenta una relación de problemas que generan la bioacumulación de cadmio en los granos de cacao y medidas de mitigación propuestas:

Problemas que generan la bioacumulación de cadmio en los granos de cacao	Medidas de mitigación propuestas
Suelos de baja fertilidad natural	Fertilizar el suelo con buen contenido de nutrientes
Bajo contenido de materia orgánica en el suelo	Incrementar la materia orgánica (> 4% MOS)
Baja concentración de Zn y Mn	Incorporación de Zn y Mn
Suelos arenosos	Evitar sembrar en suelos arenosos de preferencia utilizar suelos francos a arcillosos
Aguas salinas (2 mS/cm) con alto contenido de cloruros	Tratar el agua para bajar su salinidad y disminuir los cloruros
Suelos fuertemente ácidos	Encalar los suelos hasta niveles moderadamente ácidos a neutros

V. RECOMENDACIONES GENERALES

Se requiere el desarrollo de mayores trabajos de investigación que permitan entender la real situación del cadmio y otros metales pesados en los alimentos, para ello es fundamental que los métodos de muestreo y métodos analíticos sean realizados con base científica y con protocolos estandarizados

Estos trabajos de investigación podrían generarse con relación a la capacidad de las diferentes variedades para bioacumular cadmio, considerando la relación con los patrones (injertos), así como también estudiando la capacidad de translocación de las raíces a las hojas y granos, y otros bioprocesos para la fito-extracción o el mantenimiento del cadmio en el suelo. En las experiencias de países como Ecuador y Colombia son los Institutos Nacionales de Investigación quienes han liderado tales procesos de investigación.



VI. ANEXO

Tabla A-1: Aportes estimados de metales pesados agregados a suelos agrícolas por diferentes fuentes (mg/kg)

Metal pesado	Fertilizantes fosfatados	Fertilizantes nitrogenados	fitosanitarios	estiércol	Lodos de aguas residuales
Pb	7 - 225	2 - 27	60	6.6.- 15	50 - 3000
Cd	0.1 - 170	0.05 - 8.5	1.38 - 1.94	0.3 - 0.8	2 - 1500
Cu	1 - 300	1 - 15	12- 50	2 - 60	50 - 3300
Zn	50 - 1450	1 - 42	1.3 - 25	15 - 250	700 - 49000
Cr	66 - 245	3.2 - 19	13	5.2 - 55	20 - 40600
Ni	7 - 38	7 - 34	0.8 - 14	7.8 - 30	16 - 5300

Fuente: Sánchez, 2003; Mico, 2005; Peris, 2006; Delgado, 2008. Citados por Rueda, Rodríguez y Madriñan, 2011.

Tabla A-2: Concentración de cadmio en las rocas

Tipo de roca	Rango mg kg-1	Promedio mg kg-1
Rocas ígneas		
Riolitas	0.03 - 0.57	0.230
Granitos	0.01 - 1.60	0.200
Basaltos	0.01 - 1.60	0.130
Rocas sedimentarias		
Esquistos y arcillas	0.017 - 11	-
Esquistos negros	0.30 - 219	-
Piedras areniscas y conglomerados carbonatos	0.019 - 0.4	-
Fosforitas	<10 - 980	-
Carbón	0.01 - 300	-
Yacimientos Minerales De Azufre		
Esfalerita (Szn)	0.02 - 0.4 (<5%)	-
Galena (Spb)	<0.5%	-
Tetrahedrita- Tennartita Cuszn) (Sbas)S	0.24%	-
Metacinnabar (Hgs)	11.70%	-

Fuente: Alloway, 1995





Tabla A-3: Resumen de métodos oficiales y/o referentes internacionales para muestreo y analíticos de laboratorio

PAIS / ENTIDAD	SUELOS	HOJAS	GRANOS CACAO	CHOCOLATES
CODEX ALIMENTARIUS				CODEX STAN 228-2001 Métodos de análisis generales para contaminantes AOAC 999.11 Espectrofotometría de absorción atómica AOAC 999.10 Espectrofotometría de absorción atómica con incineración en microondas AOAC 986.15 Voltametría de arranque anódico CODEX STAN 234-1999 Métodos Recomendados de Análisis y de Muestreo Recomendados
PERÚ	"Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo" Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM Método de muestreo Guía de Muestreo de suelos Resolución Ministerial N°085-2014-MINAM-PERU		Procedimiento: Toma y envío de muestras de alimentos agropecuarios primarios y piensos. PRO-SIAG-07 (SENASA)	Directiva Sanitaria N° 032 - MINSA/DIGESA – V.01: Procedimiento para la Recepción de Muestras de Alimentos y Bebidas de Consumo Humano en el Laboratorio de Control Ambiental de la DIGESA
CANADÁ	Canadian Environmental Quality Guidelines (CCME- Canadian Council of Ministers of the Environment,1999)			
ECUADOR / INEN (Norma Técnica Ecuatoriana 17795) , AGROCALIDAD, INIAP	Laboratorio AGROCALIDAD - Quito Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS) - certified by ISO/IEC 17025:2006 - EPA, Method 3050B "Acid Digestion of Sediment, Sludges and Soil", 1996, certificación por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) INIAP ICP-MS	Guía para el muestreo de foliar en el cultivo del cacao, INIAP	Procedimiento detallado para muestreo de granos de cacao Laboratorio AGROCALIDAD - Quito Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS) - certified by ISO/IEC 17025:2006 - EPA, Method 3050B "Acid Digestion of Sediment, Sludges and Soil", 1996, certificación por	Procedimiento para muestreo de derivados del cacao (pasta, polvo y Chocolate) ICP-MS

Handwritten signature and two official circular stamps of the Dirección General Agrícola (DGA).



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

Dirección General Agrícola

			el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE)	
			INIAP ICP-MS	
Colombia / CORPOICA - INVIMA	CORPOICA Absorción Atómica EPA 3051 A		CORPOICA Absorción Atómica EPA 3051 A	INVIMA: Programa de muestreo para el monitoreo de cadmio en productos derivados del cacao Metodologías recomendadas por el Codex Alimentarius para la determinación de Cd
Trinidad y Tobago / Universidad de las Indias	Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS) biodisponibilidad de Cd		Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS)	
REPÚBLICA DOMINICANA / Departamento de Inocuidad Agroalimentaria del Ministerio de Agricultura			Espectrometría de absorción atómica (AAS) y Espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo	
El Salvador				AOAC 999.11 Espectrometría de absorción atómica con horno de grafito en laboratorio acreditado por el Organismo Salvadoreño de Acreditación (OSA)
Brasil				Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GF AAS) después de la digestión con ácido asistida por microondas

Handwritten signature and stamp of the Dirección General Agrícola (DGA).





Tabla A-4: Resumen de principales métodos de muestreo utilizados en trabajos de investigación de cadmio en productos de cacao realizados

PAIS / ENTIDAD	SUELOS	HOJAS	GRANOS CACAO
ECUADOR / INIAP	Muestreo a profundidad del suelo: 1 kg por muestras a 0-5, 6-10, 11-15, 16-20 cm de profundidad	Muestreo compuesta de 15 árboles/ha de 4 hojas extraídas del tercio medio de la planta)	Evaluación en cáscara, pulpa, almendra fresca
ECUADOR / AGROCALIDAD	Muestreo a profundidad de 0-10 o de 0 a 15		Evaluación en grano seco sin cáscara
ECUADOR / SPOL	Muestreo a profundidad 0-5; 5-15; 15-30; 30-50cm		Evaluación en cáscara, grano seco sin cáscara
COLOMBIA / CORPOICA	Muestreo a profundidad 0-30 y 30 -60. Evaluación de cadmio total disponible		Evaluación de granos de cacao seco con y sin cáscara
Trinidad y Tobago			Evaluación de nibs y cáscara
PERÚ - VENEZUELA / CABI	Muestreo a profundidad 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm		Evaluación de nibs
AFRICA / CHANA			Evaluación de nibs
BOLIVIA - HONDURAS / Universidad de Siuza	Muestreo a profundidad 0-10, 10-25 cm		Evaluación de granos de cacao
REPÚBLICA DOMINICANA / Departamento de Inocuidad Agroalimentaria del Ministerio de Agricultura			Evaluación de granos de cacao frescos, y secos y cáscara
PERÚ / Universidad Nacional Agraria de la Selva	Muestreo compuesto, 20 sub muestras que se mezclaron para obtener una muestra de 1 kg(1 hectárea) para realizar análisis físico químico Profundidad: 0-20 cm	Muestreo compuesto de 2 hojas por árbol de plantaciones de 7 años de edad	Evaluación de 20 mazorcas, 1 por árbol, fermentación por 5 días (promedio), almendras con 8% de humedad - almendras secas con cascara fueron al laboratorio
PERU / ICT	Se muestrearon plantaciones entre 10 y 15 años de edad Muestreo a profundidad de 0-20 cm Muestreo a profundidad removiendo la hojarasca superficial: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, para formar una muestra de 1kg de la mezcla de suelos en cada profundidad (8 muestras)	Se muestrearon 10 árboles, extrayendo una hoja de mediana edad de cada punto cardinal del árbol	Se muestrearon 10 árboles, colectando al menos una mazorca de c/u. Los granos frescos fueron extraídos de cada mazorca y mezclados en una muestra compuesta.
PERÚ / Universidad Nacional de Piura			Evaluación de cadmio en almendras frescas

