

Incidencia de contenido de cadmio en el chocolate

Incidence of cadmium content in chocolate

Lilian Bonifaz Brito¹ , Frank Intriago Flor² 

¹Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo – Ecuador

Correo de correspondencia: lbonifaz4685@utm.edu.ec, frank.intriago@utm.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
25/05/2023

Aceptado:
05/07/2023

Publicado:
12/08/2023

Revista:
DATEH

RESUMEN

El cacao ecuatoriano es bien demandado en el mercado extranjero por su sabor y aroma, sin embargo, por los contaminantes de cadmio que existe, genera una preocupación a nivel nacional a los agricultores y la industria cacaoera por la existencia de metales pesados en el chocolate. Debido a que absorbe estos componentes la almendra de cacao, este metal puede causar enfermedades graves cuando se acumula en el cuerpo y se deteriora lentamente, a partir de 2011 la Comunidad Europea comenzó a exigir niveles máximos permisibles de cadmio en el cacao y sus derivados, a nivel internacional, no está claro cuál es el verdadero estatus legal de este contaminante en el cacao, Europa es un mercado importante para el cacao y sus derivados, existiendo otros países de destino para las exportaciones de estos productos, que son importantes para el mercado ecuatoriano. Este artículo tiene como objetivo revisar el estatus legal del cadmio como contaminante del cacao y sus derivados en algunos países del mundo, y el consumo per cápita de chocolate en algunos de estos países, con el fin de reflexionar sobre si la necesidad de una legislación sobre contaminantes en matrices alimentarias depende de su prevalencia en poblaciones específicas y sobre la importancia de la dieta humana.

Palabras claves: *Análisis, cacao, disminución, fermentación, metales pesados.*

ABSTRACT

Ecuadorian cocoa is well demanded in the foreign market for its flavor and aroma, however, due to the cadmium contaminants that exist, it generates a national concern to farmers and the cocoa industry for the existence of heavy metals in chocolate. Because these components are absorbed by cocoa almond, this metal can cause serious illness when it accumulates in the body and slowly deteriorates. Although it is known that from 2011 the European Community will begin to require maximum permissible levels of cadmium in cocoa and its derivatives, at international level, it is not clear what the true legal status of this contaminant in cocoa is, Europe is an important market for cocoa and its derivatives, there are other destination countries for exports of these products, which are important for the Ecuadorian market. This article aims to review the legal status of cadmium as a contaminant of cocoa and its derivatives in some countries of the world, and the per capita consumption of chocolate in some of these countries, in order to reflect on whether the need for legislation on contaminants in food matrices depends on its prevalence in specific populations and on the importance of the human diet.

Key words: *Analysis, cacao, decrease, fermentation, heavy metals.*



Forma sugerida de citar (APA): López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados como el arsénico y el cadmio forman parte de rocas, suelos, rocas fosfóricas, rocas madres y aguas, alcanzando inusualmente valores tóxicos (Tierra et al., 2018). Las actividades antropogénicas han liberado grandes cantidades de estos elementos al entorno natural en formas móviles y biodisponibles estas fuentes causantes del 90% de cadmio y las fuentes principales son el uso indiscriminado de agentes agroquímicos y fosfatados como a su vez detergentes, material pétreo, minería y esto representa una amenaza para la salud humana (Huaraca et al., 2020) (Gramlich et al., 2017). El cultivo y transformación del cacao en el Ecuador contribuye significativamente a la economía del País (Quiroz & Cusme, 2023). Al observar los datos

proporcionados por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO), observamos que las exportaciones de productos semielaborados (pasta, manteca y tortas de cacao) y cacao terminado (barras de chocolate y pralinés) alcanzaron los 24,19 millones de toneladas en 2015, según (León et al., 2016).

El (*Theobroma cacao L.*) pertenece al grupo de mayor valor y sobresaliente con lo que respecta a la economía del Ecuador, por lo cual es de preferencia en los mercados internacionales (Alcívar et al., 2021)

Estudios demuestran una amplia gama de beneficios del consumo de derivados de cacao sobre la salud humana, uno de los más difundido el chocolate en sus diversas presentaciones.

La implementación del Reglamento N° 2021/1323 (Comisión Europea, 2021) estableció límites tolerables entre 0,1 a 0,8 $\mu\text{g g}^{-1}$ a productos derivados del cacao, también se menciona que en los reportes científicos muestran niveles altos de cadmio en suelos (Vanderschueren et al., 2021) (CdS) y granos (CdA) (Vasquez et al., 2022).

El chocolate es considerado como un alimento nutricionalmente completo, porque contiene aproximadamente 30% de materia grasa, 6% de proteínas, 61% de carbohidratos, y 3% de minerales (fósforo, calcio, hierro), asimismo aporta vitamina A y complejo B.

La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, la que contiene 35% de ácido oleico, 35% de ácido esteárico, y 25% de ácido palmítico (Gómez et al., 2011), actualmente dicho chocolate está provocando una serie de trastornos en la salud, con afecciones en órganos vitales: pulmones, riñones, hueso y probablemente desarrollo de carcinogénesis (Jiménez, 2015).

consecuencia de su alta movilidad y poder bioacumulativo (Naga-Raju et al., 2020), estudios recientes discurren al cadmio junto con el plomo, mercurio y cromo como elementos muy peligrosos para la alimentación humana (Salazar & Vera, 2021). Los principales riesgos del Arsénico, Cadmio y Plomo son su toxicidad este afecta parcialmente gran parte de los órganos y sistemas del organismo (Kataoka et al., 2018); este metal es tan perjudicial que el cuerpo humano demora entre alrededor de 20 a 30 años en degradarse siendo los que consume chocolate mayormente son los niños (Ramírez, 2013), por esta razón las entidades reguladoras que existen cuya finalidad de proteger la salud de la población, las mismas establecen los niveles máximos permisibles para determinados contaminantes, la Comisión del Codex Alimentarius establece las concentraciones máximas permisibles de Arsénico, Cadmio y Plomo, las cuales son de 1 mg kg^{-1} para los 3 metales en chocolates (Codex Alimentarius Commission, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente review article se efectuó con ayuda de búsqueda exhaustiva de literatura sobre cadmio en cacao, contaminación de cadmio en cacao, cadmio en almendras de cacao enfocándose en el tema de cadmio, los cuales se realizó restringiendo los resultados con las palabras claves: cadmio, cadmio en cacao, incidencia de contaminación de cacao, cadmio en chocolate, de artículos de revistas en bases de datos de Scielo, Web of Science y Scopus indexadas en Scopus (Elsiever), MDPI, Scielo, Redalyc y regionales Latindex, se utilizó búsquedas de base de datos tanto de dependencia privadas y públicas.

Se utilizó fuentes primarias y secundarias como la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura "FAO", la Unión Europea "UE", Codex Alimentarius y además de sectores gubernamentales del Ecuador tales como: Ministerio de Agricultura y Ganadería, lo cual además se amplió la búsqueda a otras revistas como Google Scholar, se hizo una selección exhaustiva de investigaciones de los últimos 10 años.

Cadmio Antecedentes

En varias localidades del planeta los metales pesados como lo es el cadmio se ha vuelto un tema trascendental ya que consumir concentraciones elevadas genera riesgos en la salud de las personas que ingieren estos alimentos (FAO, 2019).

En el año 2005 en el país de la India se encontraron trazas de níquel, plomo y cadmio presentes en 69 diferentes marcas de chocolates y productos a partir del cacao expandidos en los mercados locales de las zonas suburbanas de Mumbai, India; la gran mayoría de estos chocolates son principalmente elaborados como materia prima predominante de los sólidos de cacao, leche, frutas secas, sabores de fruta y azúcar. Entre las 69 marcas de chocolates estudiadas, 23 de ellas fueron a partir de materia prima de cacao, 22 a base de leche además otras 24 eran de sabor a frutas y de base de azucarada. La concentraciones de cadmio varió desde 0,001 mg kg^{-1} hasta 0,273 mg kg^{-1} con un promedio de 0,105 mg kg^{-1} y la concentración de plomo varió desde 0,049 mg kg^{-1} hasta 0,804 mg kg^{-1} con un promedio de 0,393 mg kg^{-1} (Echeverry & Reyes, 2016). Chocolates a base de cacao se encuentra que tienen un mayor contenido de metales pesados analizados que los chocolates a base de leche, dulces de sabor o a base de azúcar de la frutas (Vanderschueren et al., 2023).

En Nigeria en el año 2011, se efectuó un análisis sobre concentraciones de metales (Cd, Ni, Cr, Cu, Pb, Mn, Zn, Fe y Co) en dulces y chocolates que se adquieren al sur de Nigeria. Las concentraciones medias de metales en ambas confiterías oscilaron desde; 0,001 mg kg^{-1} - 0,2 mg kg^{-1} para el cadmio; y 0,08 mg kg^{-1} - 2,3 mg kg^{-1} para el plomo (Chukwukindu, 2011).

En Honduras en el año 2011, se realizó un estudio preliminar de niveles de cadmio y plomo en cacao hondureño, como resultado de la demanda de productos alimenticios inocuos en el mercado internacional. Se recolectó un total de 98 muestras de semilla y 83 de suelos en los departamentos de Atlántida, Cortés, Yoro, Colón, Gracias a Dios, Santa Bárbara y Olancho. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Químico Agrícola de la fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA). El 83,7% de las muestras de semilla estuvieron por debajo de 0,1 mg de plomo/kg y 6,1% estuvo arriba de 2 mg de plomo/kg. El 42,8% del muestreo de semilla presentaron concentraciones arriba de 0,4 mg kg^{-1} de cadmio, niveles relativamente altos

considerando los límites establecidos por lo establecido de la Unión Europea para productos de cacao (Romero, 2021).

En Perú en el año 2012 se realizó un trabajo de investigación para determinar la presencia de metales pesados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico, se evaluaron los contenidos de cadmio y plomo en suelos y hojas del cacao en la región Huánuco y Ucayali. Para el efecto se recolectaron y analizaron en laboratorio muestras tomadas en 22 parcelas con cultivos orgánicos de esta especie, 17 en la región Huánuco y 5 en la región Ucayali. Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre los contenidos de plomo y cadmio disponibles en el suelo con variables foliares (P, Mg, Ca, Zn, Cd, Pb) y del suelo (arena, arcilla y K). En los suelos, sólo en el caso de potasio se presentan deficiencias; mientras que en el tejido foliar se presentaron deficiencias de N, P, K, Mg y Zn. Los valores promedio de cadmio y plomo disponible en los suelos fueron 0,53 mg kg⁻¹ y 3,02 mg kg⁻¹ y en las hojas de cacao de 0,21 mg kg⁻¹ y 0,58 mg kg⁻¹ respectivamente (Huamaní et al., 2012).

Cadmio en América Latina

En la instancia del año 2014 y posterior al 2019 son los años de estructuración del reglamento de cadmio en la Unión Europea, por las altas incidencias de metales pesados presentes en almendras de cacao en varios sectores según investigaciones realizadas por Velásquez et al., (2022), menciona Intriago et al., (2019) en su investigación que el contenido de cadmio para la elaboración de chocolate en zonas del litoral del Ecuador tiene mucha incidencia de cadmio. En lo que respecta según lo que menciona Vanderschueren et al., (2021) que los elevados contenidos de cadmio en los suelos que se encuentran en las áreas productivas de cacao pueden estar originarias por el origen geogénico más que con la contaminación de origen antropogénico

Reglamento 2021/1323

En la actualidad el reglamento 2021/1323 de la Unión Europea quien fue el responsable en su proceso la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) por cual tuvo su elaboración por la Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria, en cuanto la autoridad de seguridad alimentaria tuvo la potestad para modificar consecutivamente los contenidos permisibles de cadmio los cuales fueron asignados en el reglamento 488/2014 lo cual incorpora una actualizada información del Codex Alimentarius, en la tabla 1 se observa los límites permisibles en cuanto a los productos específicos de cacao y chocolate.

Productos alimenticios de origen de cacao	Contenido máximo (mg kg ⁻¹ peso fresco)
---	--

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

Tabla 1. Productos específicos de cacao y chocolate

Nota. Reglamento (Comisión Europea, 2021) N° 2021/1323 por cuanto respecta a los contenidos permisibles máximos de cadmio en los productos alimenticios.

Contaminación de chocolate por almendras con incidencias de cadmio

Las almendras del cacao (*Theobroma cacao* L.) perteneciente a la familia de *Malvaceae*, los cuales son la materia principal para la elaboración de barras la elaboración de barras de chocolate, como también manteca de cacao, licores de cacao y cocoa, sin embargo la preocupación a nivel mundial es muy considerable con respecto a la presencia de contenidos de cadmio en los tejidos del cacao y sus subderivados (Rosales et al., 2020).

Actualmente existen estudios que han probado que el cadmio puede acumularse en las almendras de cacao, como también en la cascara, hojas y productos a base del cacao (Rosales et al., 2020).

En si el árbol de cacao tiene la capacidad de absorber los metales pesados desde el suelo y dirigiéndose a sus tejidos lo cual representa una fuente de contaminación de chocolate lo cual también puede existir contaminación en el proceso de fabricación (Furcal & Torres, 2020).

Se ha mencionado en varias investigaciones que las almendras de cacao en el Ecuador tiene alta incidencia de cadmio, según Mite et al., (2010) y Rubio & Carrillo, (2018) , los valores de concentraciones de máximo encontrados superan los 2.0 mg kg⁻¹ de Cd tanto en las provincias de El Oro, Guayas, Manabí, Orellana, Napo y Zamora Chinchipe, según Estévez et al., (2019). El Oro presenta los contenidos de cadmio más altos en cacao alrededor de 4,08 mg kg⁻¹ de cadmio, le sigue Guayas y Manabí con 3,57 y 3,460 mg kg⁻¹ de cadmio.

Incidencia de Cd en las barras de chocolate

La actividad de transmisión de cadmio del grano de cacao a los productos terminados hacia al consumidor en la ingesta del ser humano, se ha tornado en un hincapié que causa preocupaciones y prevención en gran parte de localidades del mundo (Vanderschuren et al., 2023), lo cual al poseer muchos contenidos de este metal puede generar grandes problemáticas a la salud de tanto niños, hombres, mujeres y de edad avanzada; el efecto de polución que genera el Cd en el producto final como el chocolate o derivados del (*Theobroma cacao* L.) lo cual es de suma importancia el tema en el campo económico de los países productores, no obstante la problemática que existe y en cuestión de los reglamentos establecidos de niveles máximos permisibles de Cd para los chocolates y derivados podrían causar problemas a la exportación de varios países como la Unión Europea (Naga-Raju et al., 2020).

Un grupo de investigadores que se dedican a los contaminantes en la cadena de alimentos como en sus siglas (CONTOM) los cuales acompañan las autoridades europeas de seguridad alimentaria (EFSA) se accedió a un establecido de consumo semanal que es tolerable de 2,5 µg/kg de peso corporal para el cadmio, en cuanto a la FAO y la OMS mencionan que si sobrepasa estos niveles permisibles podrían afectar a la salud y al organismo (Rosales et al., 2020).

Según la Villa et al., (2014), indica si 0,025 mg kg⁻¹, un ser humano de edad madura de un peso que rodee entre 70 Kg se recomendaría que debe tener la ingesta aproximadamente de 44 barras de chocolate de 20gr lo cual es el valor tolerable de ingesta provisional mensual de productos de (*Theobroma cacao* L.).

El Cd y la repercusión en la salud humana

Los metales pesados son muy perjudiciales para el ser humano lo cual el cadmio ha causado preocupación en los mercados internacionales, la primera enfermedad causada por este metal en el año 1912 causada por la contaminación de riego en cultivos de arroz en cuanto al consumo de las personas de aquella localidad, este metal se concentra en los órganos como riñones y el tiempo de vida biológico en el humano es alrededor entre 10 a 35 años (Rahimzadeh et al., 2017), lo cual la acumulación causaría difusión renal tubular, lo cual resulta una afectación en estado metabólico de calcio y la generación de cálculos renales, además causando problemas al sistema ósea y pulmonar y sistema inmunológico (Wade et al., 2022).

Según Berglund et al., (2015) en su investigación siendo el único estudio biomonitorio en niños del continente Europeo que menciona un papel de chocolate en este estudio de toda la Unión Europea que se pudo identificar un factor de 1.08 alto de cadmio urinario en niños con el

alto consumo de chocolates en comparación de otros infantes con baja ingesta de chocolates.

Cultivos de cacao

El cacao es unas de las materias primas de mayor importancia en el sector de Ecuador siendo el sustento de muchas familias ecuatorianas (Intriago et al., 2022), lo cual el manejo de los cultivos es de suma importancia, el uso indiscriminado de agentes agroquímicos o fosfatados con altas trazas de metales pesados como el cadmio afectan a los cultivos de cacao y al suelo, suele suceder que por la falta de conocimiento en cuanto al agricultor en cuanto parte técnica suceda aquello, por motivo que el árbol (*Theobroma cacao* L.) es un tiene su capacidad de absorber como un bioacumulador ya que el cadmio no cumple ninguna función vital en el árbol, algunos componentes de estos fertilizantes es el glifosato es uno de los más letales y perjudiciales en el agro causando daños muy graves tanto en corto y largo plazo (Afione et al., 2021), en su vez el uso de estos agroquímico es sumamente amigable con el medio ambiente el manejo orgánico lo cual menciona Salazar & Vera, (2021) que el uso de bioles para mantener la producción cacaotera como la parte de suelos, foliar y las copas, ayuda a que exista mayor germinación, mejor producción además disminuyendo la presencia de enfermedades como Monilla o escoba de bruja, en cuanto al análisis de metales pesados como cadmio y plomo presentó valores altamente significativos y dentro de lo que menciona la normativa 2021/1323.

El riego debe ser de fuentes de agua con bajos contenidos de metales pesados evitando contaminación por medio de esta actividad; siempre realizar un análisis de agua y suelos.

Lo cual la presencia de cadmio en las almendras de cacao representa una amenaza en la seguridad alimentaria, estos granos de *Theobroma cacao* L. presentan diferentes concentraciones de cadmio dependiendo de variedades y de la ubicación geográfica, es curioso que las plantas juveniles absorben mayores contenidos de cadmio que árboles adultos, llegando a la conclusión que en el caso de los árboles adultos las raíces son de mayor profundidad, lo cual el subsuelo posee menor contenido de cadmio que la capa superior del suelo, lo cual que suele tener calcio y esto a su vez bloquea la entrada de cadmio, es de preocupación que los altos valores de Cd en habas de cacao y chocolate son de América están menores valores que los de otros continentes como África (Velásquez et al., 2022).

Postcosecha

Se procede a elaborar la actividad de cosecha lo cual se debe realizar con mucho cuidado y utilizando materiales inocuos de preferencia que no estén oxidados lo que puede desencadenar contenidos de metales pesados y al momento de almacenarlo en recipientes limpios, es

perjudicial colocarlos en tachos que hayan sido de algún pesticida.

Fermentación

En cuanto al proceso de fermentación, existe una actividad microbiológica, variaciones en cuanto pH, temperatura, pH y humedad, por la formación de alcoholes, como ácidos y compuestos polifenólicos lo cual al tener una temperatura no menor de 40°C si es menor de este valor no va existir una fermentación adecuada y al contrario si es mayor a 50°C existirá una sobrefermentación de los granos de cacao, ya que el cacao sufre dos fenómenos tanto anaeróbica sin presencia de oxígeno para que exista una actividad de microorganismos y la fase aeróbica ya con presencia de oxígeno, sufre 3 fases: alcohólica, acética y oxidativa, esto ayuda a los precursores de aroma y la producción de reacciones bioquímicas que posee el chocolate (Teneda, 2016).

Existen varias formas para realizar la fermentación:

- Fermentación en cajas de madera
- Fermentación en montones
- Fermentación en sacos
- Fermentación en tambor

Se debe tener en cuenta el proceso de fermentación que no exista alrededor agentes químicos o contaminantes que puedan afectar a la calidad de los granos de cacao, no fumar alrededor de las habas de cacao, no realizar quemadas de basura, en caso de colocar hojas de plátano procurar que no sean de alguna bananera que contengan cadmio.

Secado

Cuando se cosecha las mazorcas de cacao las almendras poseen una humedad de 60% lo cual en esta etapa se proceda que tenga una humedad 7% para asegurar la calidad, este secado no debe realizarse en carreteras donde transcurran carros lo que generan gases, no es recomendable colocar en el cemento por la contaminación de manera directa el cadmio.

El proceso de secado debe efectuarse con ayuda de los rayos solares y de preferencia utilizar tendales de madera debes de cemento.

Causas de contaminación de cadmio por mal manejo de sacado tradicional

El mal manejo o por poco conocimiento en el proceso de productividad de cacao se debe minimizar este problema de secado al borde de las carreteras asfaltadas en la calzada, y estos gases y monóxidos de carbono además del óxido de nitrógeno por los hidrocarburos genera una pérdida importante de la calidad del cacao y la incidencia de cadmio en cuanto a la elaboración de chocolate.

Contaminación en la elaboración de chocolate

Al momento de tener la materia prima se debe almacenarla en un lugar que este libre contaminantes de origen toxico o de gases que poseen cadmio, en el proceso del descascarillado se debe prevenir contaminación cruzada y no obstante en la fabricación de las barras de chocolate debe ser lo más inocuo posible aplicando las Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM), porque puede existir la probabilidad que puedan contaminarse de cadmio en el proceso de elaboración.

Métodos de determinación de Cd

Es recomendable realizar un análisis de cadmio en las almendras de cacao para cuanto posee de este metal no obstante es apropiado usar el método de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito lo cual según es el método más recomendado y seguro (Araujo et al., 2020).

Investigaciones de disminución de cadmio en cacao

En la región del litoral del Ecuador existe contaminación por cadmio en los granos de cacao; no obstante, no se ha investigado el impacto de esta contaminación sobre el chocolate (Sánchez et al., 2019).

En lo que respecta la investigación realizada por Vásquez et al., (2022), investigó las concentraciones de cadmio induciendo de manera exógena microorganismos eficientes nativos (MEN) del género *Rhizobium japonicum* en la masa fermentativa de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y Trinitario y su disminución de cadmio y mejoramiento en la postcosecha potenciando sus propiedades organolépticas, describe que en relación a los parámetros físicos químicos de la % de testa e I.S, se vio favorables al inducir de 5% (100ml) de *Rhizobium japonicum* lo cual dio buenos resultados, logrando cumplir con los parámetros de aceptabilidad que rigen las normas INEN:176. La inoculación de *Rhizobium japonicum* en la masa fermentativa de cacao con una cantidad de 5% presento una disminución de cadmio de 0.36 mg kg⁻¹ a 0.29 mg kg⁻¹, lo cual está dentro de los parámetros permisibles que menciona la Unión Europea, mejorando sus valores sensoriales y fermentativos, los cuales, el panel de cata mencionó que tiene un sabor que tiende hacer a canela el chocolate, algo muy favorable en cuanto al utilizar microorganismos.

En el mismo sentido según lo que menciona Alvarado et al., (2022) demostró que la utilización de levaduras de panificación *Saccharomyces cerevisiae* y enzima *Polifenol Oxidasas* en la etapa de poscosecha, tuvo un efecto concluyente en las propiedades sensoriales a su vez, utilizando una estrategia para reducir los contenidos de cadmio, mediante la etapa fermentativa incorporando en diferentes niveles en relación al peso (2kg por tratamiento), las levaduras 0.5%(10g) y 1%(20g) y enzimas al 2%(40ml) y 2.5%(50ml), con respecta los análisis de cadmio se lo realizó en las barras

de chocolate por el método de absorción atómica por horno de grafito y su disminución de cadmio fue significativo de 0.32 a 0.20 mg kg⁻¹ de cadmio, siendo algo muy favorable para un chocolate con bajos contenidos de cadmio.

CONCLUSIÓN

En cuanto a la revisión bibliográfica de los documentos científicos sobre el cadmio en almendras de cacao y la incidencia de contaminación al chocolate, se vio valores altos en cuanto a los límites permisibles de este metal pesado los cuales están por encima de lo mencionado por el reglamento de la Unión Europea 2021/1323 sobre los límites permisibles y estos a su vez están utilizados para la fabricación de chocolate y generando preocupación a los agricultores cacaoteros.

Existen propuestas sumamente interesantes en cuanto a la disminución de cadmio en cacao siendo un algo favorable en el proceso de postcosecha, existiendo una disminución altamente significativa en cuantos a los límites permisibles, menorando los días de fermentación y su vez mejorando el proceso fermentativo y organoléptico, el uso de microorganismo eficientes en la etapa fermentativa es favorable para minimizar esta problemática, evitando el uso de agentes agroquímicos y fosfatados en cultivos de cacao.

AGRADECIMIENTO

Al creador de este mundo y a la Universidad Técnica de Manabí en conjunto con mi tutor el PhD.Frank Guillermo Intriago Flor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afione, C., Juárez, Á., Moreton, J., & Magdaleno, A. (2021). Efectos de metales pesados, glifosato y sus mezclas binarias sobre el crecimiento de algas verdes. *Ecología Austral*, 31(1), 53–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.25260/EA.21.31.1.0.1146>
- Alcívar, K., Quezada, J., Garzón, J., Barrezueta, S., & Carvaja, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014 – 2019. *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 2430–2444. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2522>
- Alvarado, K., Vera, J., Tuarez, D., & Intriago, F. (2022a). Fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) con adición de levadura (Saccharomyces cerevisiae) y enzima (PPO's) en la disminución de metales Fermentation of cacao (Theobroma cacao L.) With addition of yeast (Saccharomyces cerevisiae) and enzyme. *Centrosur*, 1, 24. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191/399>
- Alvarado, K., Vera, J., Tuarez, D., & Intriago, F. (2022b). Fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) con adición de levadura

(Saccharomyces cerevisiae) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. *Centrosur*.

- Araujo, L., Tapia, W., & Villamarín, W. (2020). Verificación del método analítico de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao (Theobroma cacao). *La Granja*, 31(1), 46–60. <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.04>
- Berglund, M., Larsson, K., Grandér, M., Casteleyn, L., Kolossa, M., Schwedler, G., Castaño, A., Esteban, M., Angerer, J., Koch, H. M., Schindler, B., Schoeters, G., Smolders, R., Exley, K., Sepai, O., Blumen, L., Horvat, M., Knudsen, L., Mørck, T., ... Govarts, E. (2015). Exposure determinants of cadmium in European mothers and their children. *Environmental Research*, 141, 69–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.09.042>
- Chukwukindu, M. (2011). Concentrations of selected metals in candies and chocolates consumed in southern Nigeria. *Food Additives and Contaminants*, 4(1), 22–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19393210.2011.551943>
- Codex Alimentarius Commission. (2021). Codex committee on contaminants in foods. *JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME*, 10(April), 26–30.
- Comisión Europea. (2021). REGLAMENTO (UE) 2021/1323. *Diario Oficial de La Unión Europea*, 10(1), 13–18.
- Echeverry, A., & Reyes, H. (2016). Determinación de la concentración de cadmio en un chocolate colombiano con 65% de cacao y chocolates extranjeros con diferentes porcentajes de cacao. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(19), 22–32.
- Estévez, D., Yáñez, G., Simbaña, K., & Navarrete, H. (2019). Content and the relationship between cadmium, nickel, and lead concentrations in Ecuadorian cocoa beans from nine provinces. *Food Control*, 106, 106750. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106750>
- FAO. (2019). Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. *Normas Internacionales de Los Alimentos*, 1–76.
- Furcal, P., & Torres, J. (2020). Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de Theobroma cacao L. en Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 33(1), 122–137. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>
- Gómez, M., González, L., Bravo, L., Vaquero, P., &

- Bastida, S. (2011). Efectos beneficiosos del chocolate en la salud cardiovascular. *Nutricion Hospitalaria*, 26(2), 289–292. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.2.5016>
- Gramlich, A., Chincheros, J., Armengotb, L., Schnneiderb, M., & Schulin, R. (2017). Cadmium uptake by cocoa trees in agroforestry and monoculture systems under conventional and organic management. *Science of the Total Environment*, 580, 677–686. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitote nv.2016.12.014>
- Huamaní, H., Rojas, M., Mansilla, L., Florida, N., & Neira, G. (2012). Presencia de metales pesados en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Acta Agronómica*, 61(4), 339–344.
- Huaraca, J., Pérez, L., Bustinza, L., & Pampa, N. (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados. *Informacion Tecnológica*, 31(4), 139–152. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>
- Intriago, F., Talledo, M., Cuenca, G., Macías, J., Álvarez, J., & Menjívar, J. (2019). Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) durante el proceso de beneficiado. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(26), 17–23. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss26.2019pp17-23>
- Intriago, F., Vera, J., Vásquez, L., & Alvarado, K. (2022). Inducción anaeróbica de *Bradyrhizobium japonicum* en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *Journal of Science and Research UTB*, 7(2), 19–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7723254>
- Jiménez, C. (2015). Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad. *Producción + Limpia*, 10(1), 89–104.
- Kataoka, Y., Watanabe, T., Hayashi, K., & Akiyama, H. (2018). Surveillance of cadmium concentration in chocolate and cocoa powder products distributed in Japan. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 59(6), 269–274. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.59.269>
- León, F., Calderón Salazar, J., & Mayorga Quinteros, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. In *Ciencia Unemi* (Vol. 9, Issue 18).
- Mite, F., Carrillo, M., & Durando, W. (2010). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas de Ecuador. *Xii Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, November, 17–19.
- Naga-Raju, M., Dhatri, K., García, L., Chakraborty, S., Venkateswarlu, K., & Megharaj, M. (2020). Cocoa-laden cadmium threatens human health and cacao economy: a critical view. *Science of the Total Environment*, 720, 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitote nv.2020.137645>
- Quiroz, M., & Cusme, J. (2023). Capacidad exportadora y su incidencia en la internacionalización de las pequeñas y medianas empresas productoras de cacao orgánico en la provincia de Manabí. *Digital Publisher*, 8(2), 80–89. <https://doi.org/doi.org/10.33386/593dp.2023.2-1.1724 V8-N2-1>
- Rahimzadeh, M., Kazemi, S., & Monhadamnia, A. (2017). Cadmium toxicity and treatment: An update. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 8(3), 135–145. <https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>
- Ramírez, A. (2013). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de La Facultad de Medicina*, 63(1), 51. <https://doi.org/10.15381/anales.v63i1.1477>
- Romero, W. (2021). Determinación del contenido de Cd y Pb en los principales chocolates en barras de la región Ucayali, Pucallpa, Ucayali. In *Repositorios institucionales*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Rosales, J., Breña, J., Sespedes, S., Huamanchumo, L., Centeno, L., Otiniano, A., Andrade, J., Valverde, S., & Castillo, J. (2020). Study to determine levels of cadmium in cocoa crops applied to inland areas of Peru: “The case of the campo verde-honoraria tournavista corridor.” *Agronomy*, 10(10), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy10101576>
- Rubio, G., & Carrillo, M. (2018). Evaluación de métodos de análisis de suelos tropicales para determinar disponibilidad de cadmio. In *Universidad UTE*. Universidad Técnica Equinoccial.
- Salazar, M., & Vera, J. (2021). Aplicación de siete bioles sobre el desarrollo agronómico en cacao (*Theobroma cacao* L.) De origen sexual y asexual en etapa productiva en la finca experimental la represa. *Centrosur*, 1(1), 43. [file:///C:/Users/Usuario_Cx/Downloads/ARTI CULO33BIOLESENCAO.pdf](file:///C:/Users/Usuario_Cx/Downloads/ARTI%20CULO33BIOLESENCAO.pdf)
- Sánchez, D., Rodríguez, W., Rojas, D., & Trujillo, E. (2019). Respuesta agronómica de mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.) en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia En Desarrollo*, 10(2), 43–58.
- Teneda, W. (2016). Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad Nacional y variedad CCN51. *Universidad Internacional de Andalucía*, 2(2),

140. <https://url2.cl/VB8Tk>
- Tierra, W., Otero, X., Ruales, J., & Maldonado, P. (2018). Cadmio y arsénico en chocolate y arroz de Quito, Guayaquil y Cuenca-Ecuador. *Bionatura*, 1(1), 1–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21931/RB/CS/2018.01.01.12>
- Vanderschueren, R., Arguello, D., Blommaert, H., Montalvo, D., Barraza, F., Maurice, L., Schreck, E., Schulin, R., Lewis, C., Vazquez, L., Umaharan, P., Chavez, E., Sarret, G., & Smolders, E. (2021). Mitigating the level of cadmium in cacao products : Reviewing the transfer of cadmium from soil to chocolate bar. *Science of the Total Environment*, 781, 146779. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146779>
- Vanderschueren, R., Doevenspeck, J., Goethals, L., Andejkovic, M., Waegeneers, N., & Smolders, E. (2023). The contribution of cacao consumption to the bioaccessible dietary cadmium exposure in the Belgian population. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 172(1), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113599>
- Vasquez, L., Vera, J., Erazo, C., & Intriago, F. (2022). Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (Theobroma Cacao L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *International Journal of Health Sciences*, 6(3), 18. <https://doi.org/http://doi.org/10.53730/ijhs.v6n3.8672>
- Velásquez, M., Galvis, L., Mejía, C., & Zapata, J. (2022). Implicaciones de la acumulación de Cadmio en la cadena productiva del cacao. *Revista Manglar*, 19(4), 391–397. <https://doi.org/http://doi.org/10.57188/manglar.2022.049> Esta
- Villa, J., Peixoto, R., & Cadore, S. (2014). Cadmium and lead in chocolates commercialized in Brazil. *ACS Publications*, 62(34), 8759–8763.
- Wade, J. of cadmium accumulation in T. cacao L. beans: A quantitative synthesis of soil-plant relationships across the C. B., Pangan, M., Favoretto, V., Taylor, A., Engeseth, N., & Margenot, A. (2022). Drivers of cadmium accumulation in Theobroma cacao L. beans: A quantitative synthesis of soil-plant relationships across the Cacao Belt. *PLoS ONE*, 17(2), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261989> Editor: