

**CONTENIDO DE CADMIO EN EL GRANO DE CACAO *THEOBROMA CACAO* L. SECO, OBTENIDO EN LA FERMENTACIÓN CON PRE Y SIN PRE ESCURRIDO, EN SAN VICENTE DE CHUCURÍ**

Recibido 23 de marzo de 2021  
Aceptado 24 de mayo de 2021

[www.unipaz.edu.co](http://www.unipaz.edu.co)

***CADMIUM CONTENT IN THE COCOA GRAIN THEOBROMA CACAO L. DRY, OBTAINED IN THE FERMENTATION WITH PRE AND WITHOUT PRE DRAINING, IN SAN VICENTE DE CHUCURÍ***

Diana Marcela Cruz Prada,<sup>1a</sup> Gilberto Guaitero Patiño<sup>2a</sup> y Leonardo Correa-Rueda<sup>3a</sup>

**Resumen:** Se evaluó el contenido de Cd en mucílago de cacao y en grano de cacao fresco, fermentado y seco, al ser este el principal renglón agrícola de San Vicente de Chucurí. La metodología consistió en la recolección de cuatro variedades de cacao, las cuales fueron pesadas y mezcladas uniformemente, para su distribución homogénea en un diseño experimental completamente al azar. En el proceso de investigación, las variables que fueron objeto de estudio y análisis correspondieron a contenido de Cd en grano de cacao seco, contenido de Cd en mucílago de cacao, contenido de Cd en grano de cacao fresco, contenido de Cd en grano de cacao fermentado y contenido de Cd en cascarilla del grano de cacao seco. Los granos de cacao secos con pre escurrido alcanzaron 20,48 mg Cd/kg y sin pre escurrido 23,72 mg Cd/kg. Se concluyó que el pre escurrido disminuye la presencia de Cd.

**Palabras clave:** cultivo de *Theobroma cacao* L., fermentación, granos de cacao, estudio, metal pesado, Cadmio, poscosecha.

**Abstract:** The content of Cd in cocoa mucilage and in fresh, fermented and dry cocoa beans was evaluated, as this is the main agricultural line of San Vicente de Chucurí. The methodology consisted in the collection of four varieties of cocoa, which were weighed and uniformly mixed, for their homogeneous distribution in a completely randomized experimental design. In the research process, the variables that were the object of study and analysis corresponded to cadmium content in dry cocoa beans, cadmium content in cocoa mucilage, cadmium content in fresh cocoa beans, cadmium content in fermented cocoa beans and cadmium content in the husk of the dry cocoa bean. Dry cocoa beans with pre-draining reached 20.48 mg Cd/kg and without pre-draining 23.72 mg Cd/kg. It was concluded that pre-draining reduces the presence of Cd.

**Key words:** *Theobroma cacao* L. cultivation, fermentation, cocoa beans, study, heavy metal, Cadmium, postharvest

---

<sup>a</sup> Ingeniera Agrónoma, Instituto Universitario de la Paz

<sup>b</sup> Ingeniero Agrónomo, Instituto Universitario de la Paz

<sup>c</sup> Ingeniero Agrónomo, Docente Instituto Universitario de la Paz

† Correo electrónico: leonardo.correa@unipaz.edu.co

## INTRODUCCIÓN

El cacao es un producto de exportación importante para muchas economías del mundo en desarrollo, sin embargo los requerimientos de calidad e inocuidad son altos y demandantes; así mismo, el tema de los metales pesados como el cadmio, es una problemática que amenaza la calidad de la semilla del cacao y sus derivados como la manteca de cacao, el cacao en polvo, entre otros, según Araújo et al (1); de igual manera se han convertido en un problema de salud pública, constituyéndose un gran inconveniente a la hora de comercializar a países con normas que regulan y restringen los niveles de este elemento en los granos de cacao *T. cacao* L. y sus derivados (2).

Santander es el departamento con mayor productividad y el cordón cacaotero de la región, está representado principalmente por los municipios: Rionegro, El Playón, Landázuri, El Carmen de Chucurí, Lebrija y San Vicente de Chucurí; teniendo en cuenta lo anterior, cabe resaltar, que Martínez y Palacio (3), determinaron presencia de metales como cadmio en el municipio de San Vicente de Chucurí, encontrando concentraciones en suelos donde se cultiva el cacao *T. cacao* L. de 0,53 y 4,15 mg/kg y en los granos los niveles de cadmio alcanzaron valores entre 4 mg/kg y 6 mg/kg, representando un peligro potencial para los consumidores.

De Walquet (4), revela que, si bien la calidad de los granos de cacao en San Vicente de Chucurí parece óptima para satisfacer la demanda mundial, el contenido de cadmio en los granos hace no exportable el producto a Europa; el mayor consumidor de chocolates finos

Según Guerra *et al* (4); el departamento de Santander, Colombia, se destaca por ser el principal productor de cacao *T. cacao* L., con el 43% del mercado nacional, y estima que cerca de 12.000 familias se dedican a la explotación del cultivo, principalmente en los municipios de San Vicente de Chucurí y El Carmen de Chucurí, áreas que por su posición geográfica y las distintas altitudes proporcionan variedad de pisos térmicos, paisajes y un punto estratégico de conexión con las diferentes regiones del país, caracterizando al departamento por una diversidad en su estructura productiva.

Para San Vicente de Chucurí, el cultivo de cacao *T. cacao* L. no sólo representa la principal actividad agrícola como fuente de ingresos, sino también una forma de vida y oportunidades para mejorar la calidad de vida del núcleo familiar, supliendo necesidades básicas en alimentación, salud, vestuario y educación; por esto, la presencia de metales pesados en suelos y granos de cacao *T. cacao* L., debe fortalecer al gremio cacaotero, aunando esfuerzos técnicos y prácticos, generando nuevas alternativas para el manejo del cultivo, y así continuar escalando y posicionando el producto insignia de la región como fino de sabor y aroma, en los selectos mercados internacionales.

El problema se centra en que los niveles de cadmio hallados en los granos de cacao cultivados en San Vicente de Chucurí superan ampliamente los límites máximos establecidos por la Comisión Europea, cabe destacar, que la mayoría de los artículos de investigación revelan niveles de cadmio en testa y endospermo, poniéndose poca atención al mucílago, según Vanderschueren (6). El objetivo del trabajo de investigación consistió en determinar los contenidos de cadmio en mucílago de cacao y en grano de cacao fresco, fermentado y seco. Por lo

anterior, se hipotizó que existiría diferencia significativa en los contenidos de cadmio de los granos de cacao *T. cacao* L. seco, obtenido en la fermentación con pre escurrido y sin pre escurrido, en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander.

## MÉTODOS

Inicialmente, el trabajo se llevó a cabo en un predio ubicado en la vereda Llana Fría del municipio de San Vicente de Chucurí, el cual posee una extensión total de 5 ha; 2 ha en cacao clonado y 1 ha en cacao híbrido; allí se efectuó la toma de muestra de suelo para análisis químico y la recolección de las mazorcas de cacao *T. cacao* L. maduras y sanas.

En las instalaciones de la granja Villa Mónica con las coordenadas E: 06°51'58,4" W: 073°25'00,7", de propiedad de la Federación Nacional de Cacaoteros, ubicada en la vereda Mérida del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander, se desarrolló el proceso post cosecha de beneficio y secado de los granos de cacao *T. cacao* L.

En el Laboratorio Químico de Consultas Industriales, edificio Camilo Torres, en la UIS de Bucaramanga, se analizaron las muestras para determinar los contenidos de cadmio.

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en dos fases.

**Fase uno: de campo.** Comprendieron la ejecución de las siguientes actividades:

**Recolección.** Para la ejecución de esta labor se tuvo en cuenta lo argumentado por Baquero y Ramírez (7), quienes recomiendan que solo se deben cosechar frutos que hayan alcanzado su madurez; ya que los frutos inmaduros pueden originar un sabor amargo debido a que las sustancias azucaradas que recubren el cotiledón no tienen las condiciones ideales para el desarrollo de los procesos bioquímicos que se dan durante la fermentación.

**Partida de los frutos.** Para efectos de esta labor, se utilizó un machete corto, siguiendo las recomendaciones de Baquero y Ramírez (7), en cuanto al cuidado especial al momento de llevar a cabo el procedimiento, con el fin de evitar dañar o cortar los granos de cacao *T. cacao* L., además de disminuir el riesgo de accidentalidad del operario a cargo de la labor.

**Desgranada.** Seguidamente a la partida de las mazorcas, se efectuó la desgranada o desengullada de las almendras, usando como referencia a Baquero y Ramírez (7), bajo la metodología de deslizar los dedos de la mano a lo largo de la placenta de la mazorca para separar los granos y con especial cuidado de no extraer partes de ésta, y así evitar que se mezcle con los granos de cacao *T. cacao* L.

Se desgranaron los frutos de cacao en sacos individuales de 90 kg por cada uno de los clones seleccionados para la mezcla como el FSV-41, ICS-60, ICS-1 y EET-8, para obtener finalmente 360 kg de cacao fresco.

**Distribución de las muestras.** Considerando la uniformidad en la conformación de las muestras, se pesaron 7.5 kg por cada clon para completar 30 kg por unidad experimental, mezclando los granos de forma manual para obtener una distribución equilibrada dentro de la masa.

**Pre escurrido.** La ejecución de esta labor, se llevó a cabo con base en el argumento de Swisscontac (8), el cual recomienda realizar este proceso con el fin de reducir el porcentaje de pulpa y alta concentración de azúcar; de igual manera la metodología aplicada por Mejía y Ramírez (9), quienes manifiestan que para realizar este proceso, se requiere depositar los granos de cacao recién desgranados, en costales sintéticos de fibra, implementando presión para agilizar la salida y extracción del mucílago; lo cual se llevó a cabo bajo techo en un tiempo de pre escurrido de 24 h.

**Sorteo de las unidades experimentales y codificación.** Con el fin de distribuir los sitios donde se ubicaron las unidades experimentales, se designaron 12 códigos diferentes dispuestos en una bolsa y se procedió a realizar el sorteo al azar para la identificación y ubicación de las muestras en cada uno de los tratamientos.

**Fermentación.** La fermentación se evaluó en cajón de madera de la especie *Cordia alliodora*, con dimensiones de 84 cm de largo, dividida en cuatro compartimientos de 20 cm de ancho y 40 cm de alto, y cada cajón estuvo separado del piso con bloques de madera de 5 cm de alto.

La fermentación sin pre escurrido se inició una vez concluyó el pesaje de las muestras, y la fermentación con pre escurrido, inició 24 h después; al culminar su tiempo de extracción de mucilago donde se descolgaron los costales y depositaron los granos de cacao *T. cacao* L. en los cajones fermentadores, teniendo en cuenta el sorteo de las unidades experimentales.

El proceso de fermentación se realizó teniendo en cuenta la metodología usada por Bustamante y Ramírez (10), donde el traslado de la masa en el cajón se efectuó reubicando la masa superficial hacia el fondo del cajón y la del fondo pasó a la parte superior; además, teniendo en cuenta el tiempo manejado por Mejía y Ramírez (9), donde el primer traslado de la masa se hizo a las 48 h y posteriormente cada 24 h hasta que se completaron las 144 h de fermentación, y un total de cuatro volteos a las 48, 72, 96 y 120 h.

**Toma de la temperatura de la masa.** Actividad que se ejecutó siguiendo la técnica implementada por Guillín y Lara (11), quienes manejaron el horario de las 8:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm, la cual se tomó con un termómetro digital marca Full Gauge modelo Penta III, con el fin de establecer el comportamiento de la temperatura en relación a la cantidad de mucilago en los dos procesos de fermentación, y conocer si ésta tiene influencia sobre la calidad del producto final; por lo que se

registró la temperatura del centro de la masa, siguiendo el procedimiento de Bustamante y Ramírez (10).

**Toma de temperatura y humedad relativa del beneficiadero.** Datos que se registraron alternamente con la toma de temperatura de la masa en fermentación, para lo cual se usó un termo higrómetro digital marca DINAVET sh-101.

**Secado.** Para la ejecución de esta labor se tuvo en cuenta la técnica aplicada por Mejía y Ramírez (9), en la cual utilizaron una estructura conocida como elba de madera *Cordia alliodora*, cuyas dimensiones comprendían 4 m de ancho y 9 m de largo.

El proceso de secado se llevó a cabo con 2 h de sol en su primer día, haciendo remociones de la masa cada 20 min; al segundo día 4 h de sol con remociones cada 20 min, para el tercer y cuarto día todo el día de sol, es decir 8 h de exposición solar diarias en promedio, hasta llegar a una humedad entre el 6,5% y 7,5%.

**Fase dos: de laboratorio.** Esta fase se realizó en un laboratorio que comprendió técnicas químicas y humanas.

**Laboratorio químico.** Se llevó a cabo la caracterización físico química de las muestras en el Laboratorio Químico de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander, en la ciudad de Bucaramanga; teniendo en cuenta que el análisis de cadmio en tejidos vegetales (mucilago, grano fresco, grano fermentado y grano seco), se desarrolló con el protocolo para tejidos vegetales de espectrofotometría de absorción atómica tras incineración en seco tipo II AOAC 999.11.

**Diseño estadístico.** En esta investigación se implementó un diseño experimental completamente al azar, donde se trabajaron 12 unidades experimentales de 30 kg de masa de cacao *T. cacao* L. cada una, que consistieron en la mezcla homogénea de cuatro clones diferentes; de

las cuales se efectuó envío al laboratorio químico de 30 g por muestra sólida y 15 mL por muestra líquida; teniendo en cuenta el protocolo y requerimientos del laboratorio para el manejo uniforme en condiciones experimentales.

Se evaluaron dos tratamientos; el tratamiento uno fue equivalente a la evaluación del contenido de cadmio en granos de cacao *T. cacao* L. seco obtenido en fermentación con pre escurrido, y el tratamiento dos a la evaluación del contenido de cadmio en granos de cacao *T. cacao* L. seco obtenido en fermentación sin pre escurrido; cada tratamiento estuvo compuesto por seis repeticiones.

**Procesamiento de la información.** Los resultados obtenidos por cada una de las variables objeto de investigación, fueron analizados de forma comparativa entre los dos tratamientos aplicados al proceso de fermentación, para lo cual se realizó un análisis de varianza ANOVA, proceso que fue elaborado mediante el programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) y la aplicación de la Diferencia Mínima Significativa (prueba de t), las cuales permitieron establecer si existía diferencia significativa entre los dos tratamientos.

**Variables a evaluar.** las variables que fueron objeto de estudio y análisis fueron:

**Contenido de cadmio en cascarilla seca.** Se tomaron dos muestras de 8 g cada una, por cada tratamiento, retirándola de los granos de cacao, una vez finalizó el proceso de secado.

**Contenido de cadmio en grano seco.** Se tomaron seis muestras de 30 g por cada tratamiento, retirando la cascarilla que los recubre, una vez finalizó su proceso de secado natural al sol.

**Contenido de cadmio en grano fermentado.** Se tomaron tres muestras de 30 g cada una, por cada tratamiento, retirando la testa que los recubre, una vez finalizó el proceso de fermentación.

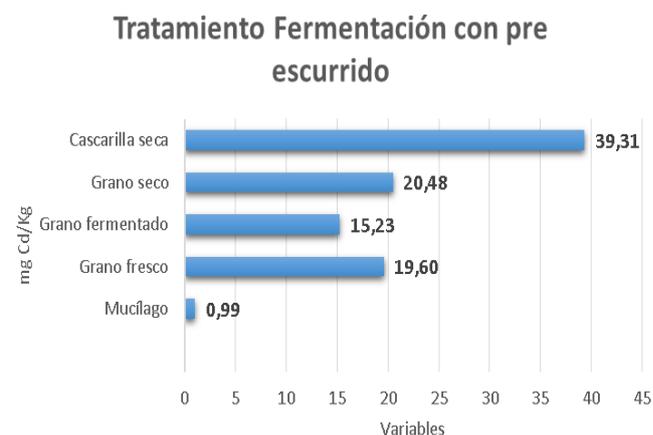
**Contenido de cadmio en grano fresco.** Se tomaron tres muestras de 30 g cada una, correspondientes a la mezcla homogénea de los cuatro clones, retirando el mucílago y testa que los recubre.

**Contenido de cadmio en mucílago.** Se tomaron tres muestras de 15 mL cada una, que correspondieron al mucílago de la masa de cacao obtenida de la mezcla de los cuatro clones en partes iguales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En lo pertinente a la evaluación de los contenidos de cadmio en la cascarilla del grano de cacao seco, se establece que los mayores contenidos se observaron en el tratamiento de fermentación con pre escurrido, alcanzando un promedio de 39,31 mg Cd/kg; en comparación con los contenidos del tratamiento sin pre escurrido con un promedio de 35,41 mg Cd/kg, ver Figuras 1 y 2.

**Figura 1.** Comportamiento de los contenidos de cadmio en cascarilla seca, grano de seco, grano fermentado, grano fresco y mucílago con pre escurrido



**Figura 2.** Comportamiento de los contenidos de cadmio en cascarilla seca, grano de seco, grano fermentado, grano fresco y mucílago sin pre escurrido



Los resultados de esta investigación, siguen la tendencia de Mite, *et al.* (12), quienes manifiestan que, en relación a la almendra o grano de cacao, el mayor contenido de cadmio se encontró en la cascarilla.

Igualmente, un estudio realizado por Lewis, *et al.* (13), determinaron que los niveles de Cd hallados en cascarilla llegan a niveles superiores; de hasta el doble; en testa, comparado con el endospermo.

No obstante, es de tener en cuenta que los niveles de Cd superiores en cascarilla con pre escurrido son debidos a la movilidad del Cd del endospermo hacia la testa, además de la no remoción del mucílago, según Vanderschueren, *et al.* (6); esto considerando que el incremento de temperatura la cual superó los 45°, hace que el pH disminuya y por ende se libere el Cd, desplazándose hacia la testa.

Para el contenido de cadmio en grano seco de cacao *T. cacao* L. evaluadas, se puede manifestar que el método que mejor comportamiento expresó en cuanto a la disminución de los contenidos de cadmio, fue el tratamiento de fermentación con pre escurrido, obteniendo un promedio de las muestras de 20,48 mg Cd/kg; y, el tratamiento de

fermentación sin pre escurrido obtuvo un promedio del muestreo de 23,72 mg Cd/kg.

Como se observa en la Figura 1, el tratamiento con mejor respuesta en cuanto a la evaluación de los contenidos de cadmio en los granos de cacao seco, es el tratamiento de fermentación con pre escurrido, evidenciando una diferencia de 3,24 mg Cd/kg frente al tratamiento de fermentación sin pre escurrido.

Estadísticamente, se acepta la hipótesis de investigación y se rechaza la nula, ya que existen diferencias al comparar los contenidos de cadmio en grano de cacao seco con pre escurrido y sin pre escurrido; teniendo en cuenta el análisis de varianza (ANOVA), donde sigma es menor al 5%, por lo que se interpreta que existe diferencia significativa entre los tratamientos de investigación, ver Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Análisis de Varianza para el contenido de cadmio en grano de cacao *T. cacao* L. seco.

Variable dependiente: Cadmio

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	31,558 <sup>a</sup>	1	31,558	13,244	,005
Intersección	5860,920	1	5860,920	2459,681	,000
Tratamiento	31,558	1	31,558	13,244	,005
Error	23,828	10	2,383		
Total	5916,306	12			
Total corregida	55,386	11			

a. R cua drado = ,570 (R cua drado corregida = ,527)

Asimismo, se aplicó la Diferencia Mínima Significativa (prueba t), la cual permitió efectuar comparaciones con base en un valor derivado de la distribución de t.

Promedios de cadmio:

$T_1 =$  Contenidos de cadmio sin pre escurrido

$T_2 =$  Contenidos de cadmio con pre escurrido

$T_1 = 23,72$  mg Cd/kg

$$T_2 = 20,48 \text{ mg Cd/kg}$$

$$\neq = 3,24 \text{ mg Cd/kg}$$

$$\bar{d} = t_{\alpha/2} s \quad \bar{d} = D.M.S.$$

$$\alpha = 0,05 \quad \alpha/2 = 0,025 \quad t_{\alpha/2} = 2,2281$$

$$s^2 = 2,386$$

$$sd = \sqrt{\frac{2 s^2}{r}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (2,386)}{6}} = \sqrt{0,795} = 0,892$$

$$\bar{d} = 2,2281 \times 0,892 = 1,987 \text{ (valor teórico)}$$

### Comparación

$$A \text{ vs } B = 23,72 - 20,48 = 3,24 \text{ (valor observado)}$$

$$= 3,24 > 1,987$$

Entonces, si el valor observado es mayor que el teórico, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación; por tanto, la prueba múltiple explícita que existe evidencia para validar que el mejor tratamiento es el de fermentación con pre escurrido.

Evidentemente, el tratamiento de fermentación con pre escurrido logró una diferencia con respecto al tratamiento de fermentación sin pre escurrido, mostrando en su evaluación los contenidos de cadmio en los granos de cacao seco más bajos; sin embargo, los niveles del metal pesado adquiridos en los análisis químicos, no cumplen con los niveles máximos de cadmio permitidos establecidos en el Reglamento 488/2014 de la Unión Europea (2).

Dentro de las estrategias de mitigación de Cd en el cultivo del cacao, el manejo poscosecha en el mismo, es importante con el fin de disminuir las concentraciones de Cd en el producto final (semilla seca). Esta se constituye como una opción viable, teniendo en cuenta que la retención de Cd en el endospermo es solo parte del área donde se concentra, pues existen otras áreas como como el pericarpio, el mucílago y la testa, por lo que es importante entender desde los aspectos generales como los específicos, incluyendo principios bioquímicos, con el fin de crear y fortalecer estrategias de mitigación, teniendo en cuenta el

trabajo de investigación de Vanderschueren, *et al* (6).

Por tanto, en términos del proceso de fermentación, De Vuyst y Weckx (14), determinan que una vez las enzimas pectinolíticas son producidas por las levaduras en la fase fermentativa, hace que el mucílago se haga líquido, drenándose y posteriormente las bacterias ácido lácticas (fase oxidativa) producen los ácidos orgánicos Cd-lactato y Cd-acetato, Cd-citrato, como también otro tipo de moléculas Cd-histidina, Cd-fitado, Cd-cisteína y Cd-glutation, interaccionando con el Cd, permitiendo su disminución.

En grano fermentado y de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que no se presentaron diferencias en los contenidos de cadmio entre los tratamientos, alcanzando un promedio semejante para los dos tratamientos de 15,23 mg Cd/kg, como se puede observar en la Figuras 1 y 2.

Se puede concluir que los contenidos de cadmio aumentan en el proceso de grano de cacao fermentado a grano de cacao seco, en los dos tratamientos, como se puede observar en la Figuras 1 y 2.

Álvarez (15), en el 2018, bajo el método de emisión atómica, estableció la concentración de cadmio en almendras de cacao fresca, fermentada y seca, analizando variables físico químicas; comprobando que los valores promedio en las diferentes fases post cosecha de cacao variaron de la siguiente manera, 0.95 mg/kg para grano seco, 0.89 mg/kg mucílago y 0.73 mg/kg grano fermentado, estableciendo que el grano de cacao fermentado es el de menor contenido de cadmio en las fases poscosecha.

El Cd es un metal pesado con alta movilidad en condiciones de acidez, ya sea en el ámbito edáfico o metabólico, por tanto, la movilidad del Cd es altamente favorecida por las condiciones de acidificación del endospermo, desplazándose hacia

la testa, según Zhai *et al.* (16), contra un gradiente de concentración del endospermo, acorde a Meunier (17).

En relación al mucílago, se tomaron muestras de la masa de cacao en baba con el fin de conocer los contenidos de cadmio en esta parte del fruto de cacao, obteniendo resultados de 0,96 mg Cd/mg, 0,95 mg Cd/mg y 0,93 mg Cd/mg; para un promedio de las muestras de 0,95 mg Cd/kg.

Cabe señalar, que cada una de las réplicas de 30 kg en su peso inicial, eliminaron un promedio de 4,8 L de mucílago durante el proceso de pre escurrido; el cual duró 24 h a partir de la desengrullada; es decir, que por cada litro de mucílago expulsado de la masa de cacao, se excluyeron 0,95 mg Cd/kg presente; lo que significa que por cada 30 kg de masa de cacao en baba, se liberaron 4,56 mg Cd.

Teniendo en cuenta los análisis químicos practicados a las muestras de mucílago del grano de cacao en estado fresco, se difiere de la investigación realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador -INIAP- (18), el cual manifestó que la mayor concentración de cadmio se acumula de manera predominante en la pulpa (mucílago) de cacao a diferencia de otras partes del fruto.

El análisis químico permitió conocer el contenido de cadmio al interior del grano en su estado fresco, alcanzando un promedio del metal pesado presente de 19,60 mg Cd/kg.

Se puede observar el comportamiento de los contenidos de cadmio durante el proceso del grano de cacao fresco a grano de cacao seco, evidenciando el ingreso y concentración del metal en el grano, mediante los procesos físicos y químicos que se llevan a cabo en la poscosecha; destacando que la mayor concentración se dio en cuyo proceso de fermentación no se realizó pre escurrido, con un promedio de 23,72 mg Cd/kg.

Este resultado sigue la tendencia sobre la teoría del INIAP (18), en su versión de que el cadmio como metal pesado se distribuye de manera desigual en el fruto de cacao. De igual manera, los resultados concuerdan con Del Águila Meléndez (19), quien evaluó los niveles de cadmio y plomo mediante espectrofotometría de absorción atómica Flame, y halló los niveles más bajos de cadmio en granos de cacao fresco (0,08 mg/kg) y en granos seco (0,11 mg/kg); es decir que el grano de cacao fresco presentó los niveles más bajos de Cd a diferencia del grano de cacao seco

Los resultados anteriores también coinciden con una de las primeras investigaciones para conocer la dinámica del Cd en los diferentes tejidos del fruto de cacao; por tanto, Vanderschueren, *et al.* (6), determinaron la importancia, además de la fermentación, de la remoción del mucílago respecto a la disminución del contenido de Cd. Cabe resaltar que este es de los primeros trabajos donde se le da importancia al mucílago respectivamente.

## CONCLUSIONES

Los niveles de Cd en grano fresco (19.60 mg Cd/kg) muestran una alta concentración del metal en el endospermo.

Los contenidos de Cd en grano seco con pre escurrido (20,48 mg Cd/kg) disminuyeron respecto a grano seco sin pre escurrido (23,72 mg Cd/kg).

Los niveles de Cd en mucílago (0,99 mg Cd/kg) no presentaron diferencias. Sin embargo, es importante considerar la disminución de los niveles de Cd por el pre escurrido.

Los niveles de Cd en granos fermentados con pre escurrido no presentaron diferencias con respecto al fermentado sin pre escurrido. Promedio (15.23 mg Cd/kg).

## AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigación INYUBA, y a los docentes de la Escuela de Ingeniería Agronómica del Instituto Universitario de la Paz, por su apoyo constante e interés por la investigación.

Al laboratorio de Química de la UIS por los análisis y el aporte significativo en este trabajo.

## REFERENCIAS

1. ARAUJO, Quintino R., *et al.* (2014). Cocoa Quality Index – A proposal. En: *Food Control*. vol. 46. p. 49-54
2. Reglamento (UE) no 488/2014 de la Comisión, de 12 de mayo de 2014, que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios (DO L 138 de 13.05.2014, 5 p.).
3. MARTÍNEZ, Genny Rocío y PALACIO, Carolina. (2010). Determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y granos de cacao frescos y fermentados, mediante espectroscopia de absorción atómica de llama. Trabajo de grado para optar el título de Química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. 98 p.
4. DE WALQUE, Benoit. (2018). Biophysical control on cocoa quality in Santander, Colombia. Tesis para el grado de Maestría en Ciencias en Bioingeniería. Gante, Bélgica: Universidad de Gante, Gestión Forestal y de la Naturaleza. 95 p.
5. GUERRA SIERRA, Beatriz Elena, *et al.* (2018). Cacao, Cadmio y Biorremediación. Grupo de Investigación en Biotecnología Agroambiente y Salud MICROBIOTA. Universidad de Santander. 13 p.
6. VANDERSCHUEREN, Ruth, *et al.* (2020). The impact of fermentation on the distribution of cadmium in cacao beans. En: *Food Research International*. vol. 127. 9 p.
7. BAQUERO LÓPEZ, Eduard y RAMÍREZ, Oscar Darío. (2015). Guía técnica para el cultivo de cacao. 6<sup>a</sup> ed. Bogotá D.C: s.n. 244 p.
8. SWISSCONTACT. Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para cacaos especiales. [en línea]. Visitado el 21 de abril de (2019). Disponible en: [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_de\\_poscosecha.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia_de_buenas_practicas_de_poscosecha.pdf).
9. MEJÍA RUEDA, Héctor Gregorio y RAMÍREZ MEJÍA, Edinson Javier. (2015). Evaluación del perfil sensorial del grano de cacao *Theobroma cacao* L. del clon CCN 51 mediante tres métodos de fermentación en el municipio de San Vicente de Chucurí (S). Texto final del trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Barrancabermeja.: Instituto Universitario de la Paz. Escuela de Ingeniería Agronómica. 82 p.
10. BUSTAMANTE ADUM, María Gabrielina y RAMÍREZ TRIVIÑO, Alexander René. (2010). Efecto de vados métodos de pre fermentación y fermentación del cacao CCN 51 *Theobroma cacao* L. en las propiedades físicas y organolépticas de la almendra. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero (A) Agropecuaria Con Mención en Gestión Empresarial Agropecuaria. Guayaquil.: Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo Carrera de Ingeniería Agropecuaria. 124 pp.
11. GUILLÍN CAMACHO, Edith Maribel y LARA LLANOS, Mónica Elizabeth. (2010). Efecto de los sistemas de fermentación en la calidad del cacao de la variedad complejo nacional x trinitario *Theobroma cacao* L. del Cantón Las Naves Provincia

- Bolívar. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial. Guaraná, Ecuador.: Universidad Estatal De Bolívar. Facultad de ciencias agropecuarias, recursos naturales y del ambiente. Escuela de tecnología e ingeniería agroindustrial. 98 p.
12. MITE, Francisco; CARRILLO, Manuel y DURANGO, Wuellins. (2010). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Santo Domingo, Ecuador.: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas. 21 p.
13. LEWIS, Caleb, *et al.* (2018). Genetic variation in bioaccumulation and partitioning of cadmium in *Theobroma cacao* L. En: *Science of the Total Environment*. Vol. 640-641, nro.1. 696-703 p.
14. DE VUYST, Luc. y WECKX, Stefan. (2016). The cocoa bean fermentation process: from ecosystem analysis to starter culture development. En: *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 121, nro.1. 5-17 p. ISSN 1364-5072.
15. ÁLVAREZ ANDRADE, José Ricardo. (2018). Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado. Trabajo de investigación previo a la obtención del título de Master en Gestión de la Calidad y Seguridad Alimentaria. Portugal.: Instituto Politécnico de Leira. Escola Superior de Turismo e Tecnología do Mar. 51 p.
16. ZHAI, Qixiao, *et al.* (2019). Removal of cadmium from rice by *Lactobacillus plantarum* fermentation. En: *Food Control*. Vol. 96, nro.1. 357-364 p.
17. MEUNIER, N, *et al.* (2003). Cocoa shells for heavy metal removal from acidic solutions. En: *Bioresource Technology*. Vol. 90, nro.3. 255-263 p.
18. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DE ECUADOR. (2015). Metales pesados en cacao, perspectivas y posible manejo. 2 p.
19. DEL ÁGUILA MELENDEZ, Edward Anthony. (2017). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en industrias alimentarias. Perú.: Universidad nacional agraria de la selva. Facultad de ingeniería en industrias alimentarias. 91 p.