

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO

MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**EFFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE
METALES PESADOS DEL GRANO DE CACAO (*Theobroma
cacao*) EN TINGO MARÍA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DESARROLLO SOSTENIBLE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESISTA: DAVILA ZAMORA EDILBERTO CESAR

ASESOR: DR. JACOBO SALINAS SANTOS SEVERINO

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis amadas hijas y esposa por su compañía y amor desde el momento que llegaron a mi vida. A mi querido padre y a todos mis hermanos por su constante apoyo emocional durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y permitirme alcanzar un escalón más en mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán por brindarme el apoyo y facilidades para culminar este doctorado.

Al Dr. Santos Severino Jacobo Salinas, asesor de la presente tesis por su apoyo técnico y científico en la ejecución y redacción del presente trabajo.

A los miembros del jurado de tesis: Dr. Javier Romero Chávez, Dr. Manuel Marín Mozombite y Dr. Fermín Montesinos Chávez por sus sugerencias y aportes brindados en la redacción del presente documento de tesis.

A la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH), en especial a su gerente general, Jorge Simon Ccollana por su valioso apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

RESUMEN

La tesis se llevó a cabo en la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH), ubicada en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; cuyo objetivo general fue evaluar el efecto de la fermentación en el contenido de cadmio (Cd), plomo (Pb) y arsénico (As) del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. Investigación de tipo aplicada, nivel experimental, el diseño estadístico empleado fue el diseño completamente al azar (DCA). La población estuvo compuesta de granos de cacao contaminados con cadmio mayor a 1,00 ppm. El muestreo fue no probabilístico. Los granos de cacao fueron fermentados en cajones de madera por espacio de 0, 4, 5 y 6 días, removidos inicialmente cada 48 y luego cada 24 horas. Los resultados obtenidos indican que los tratamientos T₀ (5 días de fermentación) y T₂ (6 días de fermentación) arrojaron el menor contenido de cadmio en la almendra del grano equivalente a 1,00 y 1,45 ppm de cadmio respectivamente. Con respecto a la cascarilla también se evidenció diferencia estadística significativa siendo los tratamientos T₀ (5 días de fermentación) y T₃ (0 días de fermentación) los que obtuvieron los menores contenidos de cadmio igual a 1,07 y 1,30 ppm correspondientemente. En el estudio se concluye que la fermentación tiene un efecto significativo en la disminución del contenido de metales pesados del grano de cacao a nivel de la almendra y cascarilla.

Palabras clave: cadmio, metales pesados, fermentación, cascarilla, almendra.

ABSTRAC

The thesis was carried out at the Alto Huallaga Cacao Agroindustrial Cooperative (CAICAH), located in the Castillo Grande district, Leoncio Prado province, Huánuco region; whose general objective was to evaluate the effect of fermentation on the content of cadmium (Cd), lead (Pb) and arsenic (As) of the cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) in Tingo María. Applied type research, experimental level, the statistical design used was the completely randomized design (DCA). The population was composed of cocoa beans contaminated with cadmium greater than 1,00 ppm. The sampling was non-probabilistic. Cocoa beans were fermented in wooden boxes for 0, 4, 5 and 6 days, initially stirred every 48 and then every 24 hours. The results obtained indicate that the treatments T₀ (5 days of fermentation) and T₂ (6 days of fermentation) yielded the lowest content of cadmium in the almond grain equivalent to 1,00 and 1,45 ppm of cadmium, respectively. Regarding the husk, a significant statistical difference was also evidenced, being the treatments T₀ (5 days of fermentation) and T₃ (0 days of fermentation) the ones that obtained the lowest cadmium contents equal to 1,07 and 1,30 ppm correspondingly. The study concludes that fermentation has a significant effect in reducing the heavy metal content of the cocoa bean at the level of the almond and shell.

Keywords: cadmium, heavy metals, fermentation, shell, almond.

RESUMO

A tese foi desenvolvida na Cooperativa Agroindustrial do Cacau Alto Huallaga (CAICAH), localizada no distrito de Castillo Grande, província de Leoncio Prado, região de Huánuco; cujo objetivo geral foi avaliar o efeito da fermentação no teor de cádmio (Cd), chumbo (Pb) e arsênio (As) do grão de cacau (*Theobroma cacao* L.) em Tingo María. Pesquisa do tipo aplicado, nível experimental, o delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DCA). A população foi composta por grãos de cacau contaminados com cádmio superior a 1,00 ppm. A amostragem foi não probabilística. As amêndoas de cacau foram fermentadas em caixas de madeira por 0, 4, 5 e 6 dias, inicialmente agitadas a cada 48 horas e depois a cada 24 horas. Os resultados obtidos indicam que os tratamentos T₀ (5 dias de fermentação) e T₂ (6 dias de fermentação) apresentaram o menor teor de cádmio no grão de amêndoa equivalente a 1,00 e 1,45 ppm de cádmio, respectivamente. Em relação à casca, também foi evidenciada diferença estatística significativa, sendo os tratamentos T₀ (5 dias de fermentação) e T₃ (0 dias de fermentação) os que obtiveram os menores teores de cádmio iguais a 1,07 e 1,30 ppm respectivamente. O estudo conclui que a fermentação tem um efeito significativo na redução do teor de metais pesados do grão de cacau ao nível da amêndoa e da casca.

Palavras-chave: cádmio, metais pesados, fermentação, casca, amêndoa.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRAC	V
RESUMO	VI
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ...	11
1.1. Fundamentación del problema.....	11
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	12
1.3. Viabilidad de la investigación.....	13
1.4. Formulación del problema.....	13
1.4.1. Problema general.....	13
1.4.2. Problemas específicos	13
1.5. Formulación de objetivos	14
1.5.1. Objetivo general	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes de la investigación.....	15
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Fermentación.....	16
2.2.2. Metales pesados.....	19
2.3. Bases conceptuales	22
2.3.1. Fermentacion.....	22
2.3.2. Metales pesados.....	22
2.4. Bases filosóficas	22
2.5. Bases epistemológicas	23
2.6. Bases antropológicas	25
CAPÍTULO III. SISTEMA DE HIPÓTESIS	27
3.1. Formulación de hipótesis.....	27
3.1.1. Hipótesis general.....	27

3.1.2. Hipótesis específicas	27
3.2. Operacionalización de variables	27
3.3. Definición operacional de las variables	28
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	29
4.1. Ámbito de estudio	29
4.1.1. Espacial	29
4.1.2. Social	30
4.1.3. Tiempo	30
4.1.4. Conceptual	30
4.2. Tipo y nivel de investigación	30
4.2.1. Tipo	30
4.2.2. Nivel	31
4.3. Población y muestra	31
4.3.1. Descripción de la población	31
4.3.2. Muestra y método de muestreo	31
4.3.3. Criterio de inclusión y exclusión	32
4.4. Diseño de la investigación	32
4.4.1. Modelo estadístico	32
4.4.3. Ejecución del experimento	33
4.5. Técnicas e instrumentos	35
4.5.1. Técnicas	35
4.5.2. Instrumentos	35
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	36
4.7. Aspectos éticos	36
CAPÍTULO V. RESULTADOS	37
5.1. Análisis descriptivo	37
5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis	37
5.2.1. Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao	37
5.2.2. Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio y plomo de la cascarilla de cacao	42

5.3. Discusión de resultados	46
5.3.1. Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao	46
5.3.2. Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio y plomo de la cascarilla de cacao	48
5.4. Aporte científico de la investigación	49
CONCLUSIONES	50
SUGERENCIAS	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS	62

INTRODUCCIÓN

Los contaminantes metálicos (cadmio, plomo, arsénico, etc.) del cacao son aquellos metales, no añadidos intencionalmente, que se encuentran presentes en el cacao como resultado de diferentes factores que presentan riesgos sobre la salud de las personas, metales que pueden hallarse en los suelos de forma natural o como resultado de la actividad del hombre, que son absorbidos por las plantas, concentrados en las semillas y tomados de ellas por el ser humano, lo cual constituye un riesgo potencial para la salud en niveles superiores a los permitidos, asimismo limita la exportación.

Recientemente la Unión Europea aprobó el Reglamento N° 488/2014 en el cual se establecen nuevos límites máximos de contenidos de Cd para el chocolate y productos de cacao que empezó a regir a partir del 1 de enero del 2019. Esta exigencia está dificultando la exportación de cacao peruano a los principales países importadores de Europa como: Holanda, Alemania, Bélgica, España, Italia y Suiza; si esta normativa de la Unión Europea no se logra superar; podría mermar la exportación de cacao ocasionando pérdidas económicas a las organizaciones (cooperativas y asociaciones) que hoy en día agrupan a miles de los pequeños productores cacaoteros. Motivo por el cual urge enfrentar esta problemática desde el campo de la investigación científica.

Actualmente se vienen desarrollando diversas técnicas para disminuir el contenido de cadmio de los granos de cacao; por ejemplo, uso de enmiendas a nivel de suelo, procesos de fermentación; manejo de clones hipoacumuladores, uso de levaduras durante la fermentación, etc. En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la fermentación en el contenido de cadmio del grano de cacao. Para ello se procedió a fermentar volúmenes de cacao fresco en cajones de madera, por espacio de 0, 4, 5 y 6 días según tratamiento, luego se procedió a secarlos a sol directo y cuantificar el contenido de metales pesados en la testa y cotiledones del grano por Espectrometría de Absorción Atómica. Los resultados obtenidos en el estudio fueron estadísticamente diferentes en los tratamientos. Concluyéndose que el tiempo de fermentación equivalente a 5 días alcanzó el menor contenido de metales pesados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema

En la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, la producción de cacao está contaminada con metales pesados como cadmio y plomo; registrándose contenidos promedios de cadmio y plomo de 1,53 y 13,69 ppm respectivamente (Huamaní et al., 2016). El 2011 la empresa alemana GEPA rechazó un contenedor de cacao contaminado con cadmio, procedente de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo (COOPAIN) – Tingo María – Huánuco. El Área de Producción Sostenible de la Cooperativa realizó un análisis de cadmio de sus granos de cacao, encontrando valores superiores al LMP de 0,50 ppm (García y Dorronsoro, 2014); según Informe Técnico N° 03–2011–APS–COOPAIN. El cacao orgánico producido por miembros de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH) no es la excepción; una parte significativa (48%) excede el límite de cadmio permisible; las exportaciones de granos a los mercados europeos son limitadas (Gómez, 2018).

Los metales pesados (Cd, Pb) constituyen una amenaza para la salud de las personas, este elemento tiene evidencia carcinógena en humanos, actualmente está regulado por la UE en los diversos alimentos, con la finalidad de salvaguardar la salud de la población principalmente de niños y ancianos. El año 2019 la Unión Europea (UE), puso en vigencia el reglamento 488/2014 en la cual se estableció límites máximos permitidos de cadmio en los derivados del cacao: definiéndose 0,60 ppm para polvo; 0,10 y 0,80 ppm para chocolates según el porcentaje de cacao (Díaz, 2014). La presencia de Cd en los suelos está asociada tanto a causas antropogénicas (uso de fertilizantes fosfatados) como naturales (desintegración natural de rocas); abuso del suelo, como pH bajo, materia orgánica baja; permite que el cacao absorba fácilmente los metales pesados que con el tiempo absorben las plantas y se acumulan en sus diversos órganos (Kabata-Pendias, 2000).

La contaminación del cacao con metales pesados afecta desde un punto de vista económico y social a miles de productores en la región Huánuco y el país.

1.2. Justificación e importancia de la investigación

Organizaciones estatales (Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, Ministerio de la Producción) y privadas (Bioversity International) tienen como objetivo definir estrategias para disminuir el contenido de cadmio de los granos de cacao; lo cual evidencia que existe un interés nacional e internacional por la obtención de una tecnología que permita obtener granos de cacao con contenido de cadmio por debajo del límite máximo permisible de la UE. Nuestro país es considerado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como uno de los principales exportadores de cacao aromático y orgánico del mundo, por ello es de vital importancia dar solución a la problemática del cadmio en este cultivo, para garantizar su producción y exportación a los países de la Unión Europea (Holanda, Alemania, Bélgica, España, Italia y Suiza).

Actualmente en el Perú más de 100 000 familias, principalmente de agricultura familiar se dedican a su cultivo en 16 de las 24 regiones del país. La producción de cacao genera 11 millones de jornales por año y un valor de US\$ 266 millones en exportaciones, principalmente para el mercado europeo. En 2018 la producción nacional fue de 135 000 toneladas y la superficie de plantación de 160 000 hectáreas. Las principales zonas productoras de cacao se ubican en las provincias de San Martín, Junín, Ucayali, Cusco, Huánuco, Amazonas y Ayacucho, las cuales concentran el 93% de la producción total del país (MINAGRI, 2019). El cultivo del cacao es una de las actividades económicas más importantes de la región de Huánuco, donde actualmente se siembran 16 266 hectáreas y se exporta más del 95% de la producción. (DRA – Huánuco, 2015).

Desentenderse de este problema diversas organizaciones exportadoras de cacao (cooperativas y asociaciones) que agrupan a miles de pequeños productores, sufrirían

cuantiosas pérdidas económicas condicionando su existencia. Cuando se exporta cacao orgánico se obtiene un diferencial de precio por tonelada equivalente a 300 dólares por plus orgánico y 240 dólares por prima de comercio justo (Fairtrade International, 2021).

El propósito de la presente investigación fue determinar el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María, contribuyendo en la búsqueda de una nueva técnica para solucionar este problema y brindar a los productores de cacao una nueva tecnología para producir granos de cacao saludables. Académicamente servirá como antecedente de investigaciones futuras a nivel de pre como posgrado y también puede ser utilizado por los docentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje para una mejor formación profesional.

1.3. Viabilidad de la investigación

Desde el punto de vista económico, social y ambiental la investigación no tuvo ninguna limitación, se contó con el apoyo de la empresa privada (Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga) la cual brindó el apoyo logístico como personal, económico e infraestructura a lo largo de todo el proceso experimental. Esta empresa ha desarrollado proyectos de investigación para resolver el problema de los metales pesados del grano de cacao, lo que le ha permitido contar con técnicas y protocolos que han ayudado en la presente investigación, este estudio fue de corto plazo.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María 2021?

1.4.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao en Tingo María?

b) ¿Cuál es el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la cascarilla de cacao en Tingo María?

1.5. Formulación de objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María.

1.5.2. Objetivos específicos

a) Evaluar el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao.

b) Evaluar el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio y plomo de la cascarilla de cacao.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Internacional

Álvarez (2018), en la acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en granos de cacao durante la fermentación y el secado, el valor promedio de concentración de Cd obtenido en diferentes etapas después de la cosecha del cacao, mucílago 0,89 mg.kg⁻¹, almendras de fermentación 0,73 mg.kg⁻¹ y 0,95 mg .kg⁻¹ almendras secas; de igual forma, los valores de concentración de Pb en grano fresco fueron 0,38 mg.kg⁻¹, fermentados 0,37 mg.kg⁻¹ y almendras secas 0,60 mg.kg⁻¹.

Lanza, Churión, Liendro, López (2016), en “Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) de Santa Bárbara de Zulia, Venezuela”, “concluyen que las concentraciones de cadmio oscilaron entre 0,95 y 2,09 mg.kg⁻¹; Cu entre 4,87 y 21,36 mg.kg⁻¹; Ni entre 0,00 y 6,67 mg.kg⁻¹; Cr entre 0,14 y 1,69 mg.kg⁻¹; Fe entre 5,13 y 34,36 mg.kg⁻¹, respectivamente”.

Nacional

Santander, Mendieta (2019), en un estudio sobre la determinación de la cantidad máxima permisible de cadmio en suelos, frutas (cáscaras, almendras frescas), productos de almendras fermentados, licor de cacao y chocolate para asegurar exportaciones de calidad en las provincias de Huallaga y Bellavista de la región San Martín concluyen que los niveles de cadmio obtenidos en granos y masa de cacao se encontraban dentro de valores medios aceptables y no superaban el nivel máximo de cadmio para chocolate acordado por el Codex Alimentarius y la UE.

Regional

Falcón (2019), en “*Cadmio y polifenoles totales en la fermentación de los granos de cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51*”, se concluyó que el mayor contenido de cadmio (1,21 ppm) se registró en el tratamiento T3 (granos sin fermentar) a nivel

de granos de cacao; para la cascarilla de cacao, el mayor contenido de Cd (3,65 ppm) se registró en el tratamiento T1 (granos fermentados) secados durante 36 h. El nivel más bajo de Cd en cotiledones (0,54 ppm) se obtuvo en el tratamiento con T3 (grano fermentado, *Saccharomyces cerevisiae* sin escurrir con 1% p/p) con un porcentaje de grano marrón mayor al 80%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fermentación

Teneda (2016) muestra que la fermentación consiste en una serie de cambios fisicoquímicos que producen sabor y aroma a chocolate, acompañados de cambios de pigmentación interna y transformación de cotiledón; el azúcar se convierte en alcohol bajo la influencia de la levadura, pero el alcohol se convierte en ácido acético bajo la influencia de las bacterias del ácido acético. El proceso de fermentación bioquímica se desarrolla en dos etapas o fases.

La fermentación anaeróbica inicial toma de 24 a 48 horas. Cuando comienza este proceso, varios géneros de levaduras están presentes en el ambiente y en el propio cacao, entre ellos: *Candida*, *Hansenula*, *Saccharomyces*, *Klebsiella*, *Pichia*, *Kluyveromyces*, entre otros. “El microbiota principal es la levadura silvestre que descompone los azúcares y otros carbohidratos más complejos del mucílago produciendo principalmente alcohol y dióxido de carbono como metabolitos. El microbioma crece exponencialmente porque la masa inicialmente se airea lo suficiente como para que la levadura se multiplique” (Zambrano, 2018).

La masa de cacao contiene un 10% de azúcar y un 2% de ácido cítrico, estas son las condiciones para que la levadura convierta estas sustancias. Esta reacción es exotérmica y la temperatura aumenta. El metabolismo del ácido cítrico reduce la acidez. Un aumento de la temperatura y una disminución de la acidez crean un efecto sinérgico que favorece la reproducción de las bacterias del ácido láctico, por lo que la sustancia se vuelve anaeróbica durante la fermentación y se acorta el período de reproducción de la levadura. Después de eso, dominan las bacterias del ácido láctico

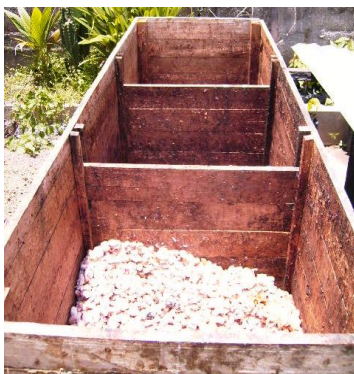
como *Lactobacillus*, mientras que la levadura disminuye (Ramos, 2004).

La fermentación aerobia se produce cuando se realiza una remoción que permite la circulación del aire. Las bacterias heterofermentativas del ácido láctico fermentan para producir ácido acético y 3-hidroxi-butanona además de ácido láctico. Neutraliza la levadura inhibida por el ácido acético. Estas reacciones bioquímicas hacen que las almígdalas pierdan líquido, provocando la pérdida de peso (Zambrano, 2018). Esta fase comienza después de la reintroducción de oxígeno y consiste principalmente en la oxidación y solidificación de los compuestos polifenólicos, lo que resulta en la formación de aminoácidos solubles e insolubles complejos y volátiles con poco o ningún sabor. Inmediatamente antes de la condensación oxidativa, la humedad desciende hasta alcanzar una señal de déficit hídrico, paralizando la actividad enzimática. En la etapa de condensación oxidativa, cuando el oxígeno está muy cerca de las células del cotiledón, la superficie de la almendra se vuelve marrón a medida que comienza a secarse, el oxígeno ingresa al cotiledón y esto sucede en toda la almendra (Gutiérrez y Gonzales, 2018).

La fermentación del cacao se puede hacer en sacos, pilas y cajas de madera. El método de fermentación en cajón es colocar la caja en el piso, estas cajas deben tener espacios de 5 mm para garantizar la libre circulación de aire. La distancia entre los agujeros no debe ser inferior a 0,05 m ni superior a 0,10 m. Las cajas se apilan una encima de la otra para que parezcan escaleras. Usar este método puede ser más beneficioso para los pequeños productores porque las cajas son fáciles de usar y/o manejar, y si hay suficientes cajas, se pueden fermentar tantas almendras como sea necesario. Durante la fermentación, puedes subir la temperatura de los trozos de almendra a unos 50 °C. Sucede que cuando la temperatura alcanza alrededor de los 45 °C, el embrión de la semilla muere, y es en ese momento que comienzan una serie de procesos bioquímicos, que luego producirán el sabor y aroma del chocolate (Gaitán, 2005).

Figura 1

Cajones de Madera para la Fermentacion del Grano de Cacao



Referente a los indicadores de la fermentación Erazo (2019) se menciona que el primer día de fermentación la temperatura alcanza los 45 - 50 °C, luego comienza a bajar lentamente y vuelve a subir cuando se produce el segundo retiro, finalmente a 48 - 50 °C, y luego de finalizar el proceso de fermentación se disminuye una vez. Cuando muere el embrión dentro del grano, además de los cambios de pH causados por el ácido acético difundido a través de la cubierta de la semilla, la temperatura interna del grano alcanza los 45 °C, lo que marca el inicio de los cambios bioquímicos. Esto conducirá al desarrollo de precursores de sabor y aroma de chocolate.

El valor del pH cambia debido a diversas situaciones que surgen en la fermentación, procesos de descomposición bajo la influencia de microorganismos y como resultado de mezclas o desvíos. El primer día de fermentación, el pH de los cotiledones disminuyó lentamente (a 6,3), pero al tercer y cuarto día disminuyó rápidamente hasta llegar a alrededor de 4,75; este valor cambió muy poco hasta que se completó la fermentación (Enríquez, 1985).

Los granos fermentados con cotiledones suelen ser de color marrón o marrón rojizo con vetas fermentadas oscuras. El cacao de color marfil tiene una capa interior de color marrón o exterior que se da la vuelta cuando se quita la cáscara. Durante la

fermentación, los granos tienen una expansión característica y se llenan de aire, lo que les permite flotar cuando están suspendidos en agua (Gutiérrez, 2009).

Cálculo:

$$\% F = (Nf/300 \text{ granos}) \times 100$$

Donde:

% F = Grado de fermentación en %. Nf = Número de granos fermentados

2.2.2. Metales pesados

Entre los metales pesados, hay dos grupos: los elementos traza, que son esenciales para los organismos vivos en pequeñas cantidades, pero se vuelven tóxicos cuando superan un determinado valor umbral. Estos incluyen As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn; y los metales pesados, que son altamente tóxicos, pueden acumularse en los organismos vivos y tienen funciones biológicas desconocidas. Estos son principalmente Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb y Bi (Herrera, 2009).

2.2.2.1. Cadmio, plomo, cobre, mercurio, arsénico, cromo, estaño, zinc y cobalto. Yalçinkaya (2001) afirma que el cadmio (Cd) es un elemento químico de número atómico 48; masa atómica 112,40 g/mol, densidad relativa 8,65 g/cm³ a 20 °C (68 °F), valencia química 2. Es un metal dúctil, de color blanco.

Marruecos et al. (1993) afirma que el cadmio (Cd) forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y ha provocado la liberación de casi 25.000 toneladas al medio ambiente. Por otro lado, las concentraciones ambientales pueden aumentar significativamente por la vía antropogénica. Como el metal se usa ampliamente en la industria y los productos agrícolas, ha llevado a un aumento gradual en la producción. El 5% del metal se recicla, provocando una grave contaminación ambiental por su excelente fluidez.

Los humanos estamos expuestos al cadmio (Cd) de diferentes formas: A) por vía oral a través del agua y los alimentos contaminados con este elemento (hojas de vegetales, granos, cereales, frutas, vísceras y pescado). En algunos países de Europa y América del Norte, las dosis diarias de cadmio oscilan entre 10 y 40 µg/día. B) Los

cigarrillos que contienen cadmio están ligados al suelo donde crece el tabaco. Los estudios muestran que los niveles de cadmio en sangre en los no fumadores oscilan entre 0,4 y 1,0 $\mu\text{g/l}$, y en los fumadores entre 1,4 y 4 $\mu\text{g/l}$. C) Finalmente pasa a través de la piel, aunque la concentración absorbida es muy baja (Nava y Méndez, 2011).

El plomo (Pb) se encuentra naturalmente en cantidades muy pequeñas (0.002%) en la corteza terrestre. Se obtiene comúnmente de galena (PbS), hornita (PbSO₄) y curocita (PbCO₃) (Volke et al., 2005). Como catión divalente, el plomo se une fuertemente al grupo sulfhidrilo de la proteína, provocando la desnaturalización de la proteína. Puede causar aborto espontáneo en mujeres embarazadas, mientras que puede alterar la producción de espermatozoides en hombres (ATSDR, 2007). Las principales fuentes de liberación de plomo (Pb) al medio ambiente son la fundición y el procesamiento de metales, el reciclaje de baterías de plomo-ácido, la minería mediante el reciclaje de desechos mineros y la contaminación del aire por el uso de gasolina” (Volke et al., 2005).

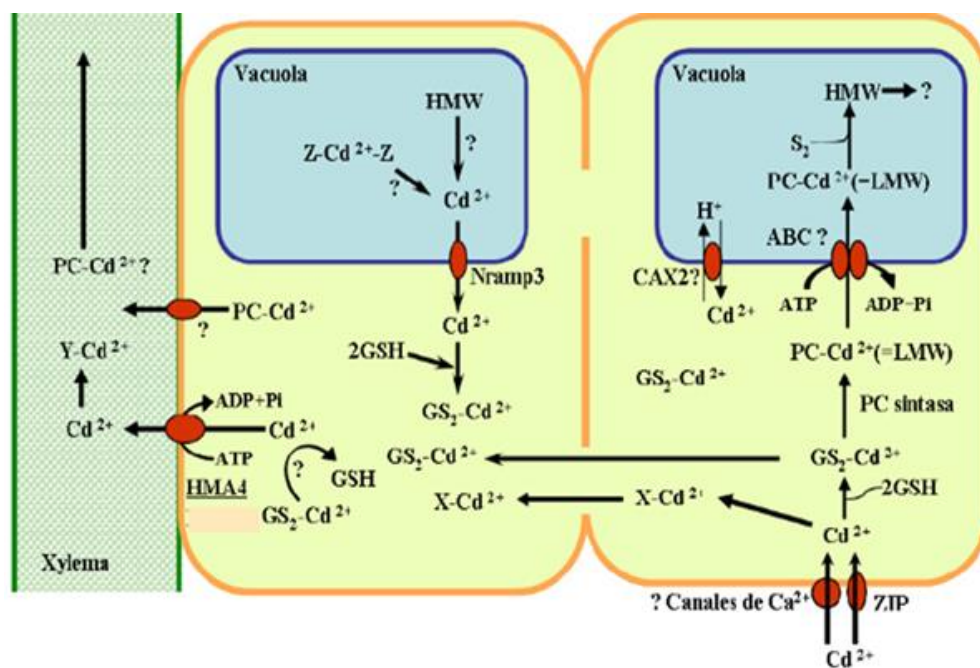
El arsénico (As) es un elemento ampliamente distribuido en la atmósfera, hidrosfera y biosfera y existe en cuatro estados de oxidación: As(V), As (III), As (0) y As(-III). Según el grado de oxidación, las especies formadas son diferentes y pueden ser de origen inorgánico u orgánico. El As (III) se puede obtener a partir de la reducción biológica de As(V), que se encuentra principalmente en áreas industriales cercanas a aguas residuales ricas en As (III), aguas geotérmicas y entornos reductores (Smedley y Kinniburgh, 2002).

2.2.2.2. Ingreso, transporte y acumulación del cadmio en las plantas. Es Se sabe que un exceso de cationes esenciales como Zn²⁺ y Ca²⁺ confiere protección contra la toxicidad del cadmio (Aravind y Prasad, 2005), lo que sugiere competencia por estos cationes para ingresar a la planta. Entre las proteínas responsables de la entrada de Cd en las células destacan el transportador específico de Ca LCT1 (Clemens et al., 1998) y la proteína IRT1 perteneciente a la familia de transportadores de Zn y Fe (ZIP) (Guerinot, 2000).

Una vez dentro de la célula, el cadmio puede coordinarse con ligandos S como el glutatión (GSH) o la fitoquelatina (PC), así como con ácidos orgánicos como el ácido cítrico” (CLEMENS, 2006). Otras moléculas que pueden ser responsables del secuestro de cadmio , son pequeñas proteínas ricas en cisteína llamadas metalotioneína (MT) mediante las cuales los complejos de Cd-ligando pueden transportarse a la vacuola o a otras células (Shah y Nongkynrh, 2007); de manera similar, en las plantas, el cadmio se acumula principalmente en las raíces, es secuestrado por vacuolas celulares, y solo una pequeña fracción es transportada a las partes aéreas de las plantas, donde se concentra a su vez en tallos, hojas, frutos y semillas (Chan y Hale, 2004). La Figura 2 muestra el esquema por el cual el cadmio ingresa a la planta a través de las células de la raíz hasta llegar al xilema de la planta.

Figura 2

Entrada, Secuestro y Translocación del Cadmio en Raíces



Fuente: (Clemens, 2006)

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Fermentación

Enríquez (2004) señala que la fermentación es el proceso que limpia las semillas al eliminar el mucílago con alto contenido de azúcar que las recubre, las germina a temperaturas elevadas para evitar la muerte del embrión y, finalmente, imparte aroma y sabor para producir un producto final con sabor a chocolate.

Guevara (2017) indica que la fermentación implica la conversión de una sustancia orgánica en otra sustancia, a menudo más simple, a través de la fermentación. Se considera un paso crítico en el desarrollo del aroma después de la cosecha del cacao, ya que esta etapa sufre cambios profundos en el contenido de compuestos asociados a la formación de aromas pirogénicos.

2.3.2. Metales pesados

Son elementos químicos con un peso atómico entre 63,55 (Cu) y 200,59 (Hg) y un peso específico superior a 4 (g cm³). Cabe señalar que esta categoría incluye prácticamente todos los elementos metálicos de importancia económica y extracción (Baird y Cann, 2014). “Hart et al. (1991) señala que los metales pesados son aquellos que son al menos cinco veces más densos que el agua. Se utilizan directamente en varios procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son: arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb), estaño (Sn), etc”.

2.4. Bases filosóficas

La filosofía ambiental como rama de la filosofía estudia los fundamentos filosóficos que explican los conceptos ambientales, las aplicaciones teóricas y las normas ambientales, como reflexión filosófica sobre el objeto de investigación. Entonces, la filosofía de investigar la fermentación del grano de cacao y el contenido de metales pesados es parte de la escuela de filosofía positivista, porque los hechos o fenómenos se miden y observan en un contexto determinado, por lo que también existe en la ciencia fáctica.

En el contexto de la investigación existen corrientes filosóficas como la Revolución Verde la cual trajo consigo tecnologías en el campo agrícola como monocultivos, fertilizantes, pesticidas, variedades mejoradas, etc para aumentar la producción y rendimientos de los cultivos como respuesta al crecimiento de la población, sin tener en cuenta el impacto negativo como la contaminación de los suelos, aire agua y productos alimenticios con presencia de metales pesados, como el cadmio, plomo, arsénico, etc., que se transmiten desde el suelo, hacia la planta y finalmente llegan al ser humano atentando contra la salud.

En contraposición a la revolución verde aparece la corriente filosófica ecológica que propicia la producción de productos sanos, inocuos usando productos naturales como los biocidas, abonos orgánicos etc, en función de una alimentación saludable, la conservación de los recursos naturales agua, suelo, aire y la biodiversidad como la obtención de granos de cacao con menores contenidos de metales pesados en pro de una alimentación saludable y bienestar de las personas y del ambiente.

La investigación es una dirección de la filosofía ecológica y es un tema central en la filosofía ambiental y la filosofía del desarrollo sostenible, especialmente en los temas de investigación de la epistemología, la ontología y la teoría del valor ambiental.

2.5. Bases epistemológicas

La teoría científica del medio ambiente y el desarrollo sustentable aún es parcialmente conocida porque data de 1970, expresada en tratados, congresos internacionales, nacionales, etc., y a diferencia de otras disciplinas y ciencias, puede ser considerada como un objeto parcial de investigación. Familiarizado en discusiones de todas las variedades de ambas teorías, desde el positivismo hasta la fenomenología, desde lo cuantitativo hasta lo cualitativo.

a) Conocimientos del medio ambiente y desarrollo sostenible

1) Conocimiento teórico científico del ambiente

Este conocimiento se presenta como una ciencia de los hechos

naturales y sociales a través de diversas descripciones y explicaciones teóricas del medio ambiente.

2) Conocimiento del ambiente por aplicación operativa o práctica.

Este conocimiento tiene la función de aplicar principios, teorías y normas jurídicas. Este tipo de conocimiento es particularmente relevante para los operadores que trabajan en instituciones relacionadas con el medio ambiente.

3) Conocimiento del ambiente y desarrollo sostenible por vivencia ordinaria

Este conocimiento resulta de la percepción de los miembros de la sociedad sobre su entorno como un orden impuesto e inmerso en él. Este conocimiento básico común se considera una parte esencial de la vida humana.

b) Respecto al problema de investigación propuesto.

Responde a este tipo de consultas de conocimiento:

- 1) Conocimiento científico sobre el medio ambiente y el desarrollo sostenible, es decir, descripción y explicación de la fermentación y el contenido de metales pesados en el cacao.
- 2) La aplicación de la legislación ambiental y las políticas de gestión de los metales pesados por parte de los responsables de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga para resolver los problemas que ocasionan los metales pesados.
- 3) El conocimiento del tratamiento de los metales pesados por parte de los productores de cacao; vale decir, cuál es la posición que tienen ellos frente a la gestión de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga y de casos concretos de manejo de los metales pesados de los granos de cacao.

2.6. Bases antropológicas

La producción de alimentos es una necesidad básica de los individuos y una necesidad básica de la sociedad. Cualquier grupo de personas, para poder reproducirse, debe contar con mecanismos que aseguren el logro de este fin. Las actividades relacionadas con la producción, distribución y consumo de alimentos son, por tanto, de gran importancia en todas las sociedades. Comer comida significa que entra en nuestro ser. La comida es una sustancia que penetra profundamente en el cuerpo, donde se mezcla con nosotros y finalmente se convierte en parte de nosotros. De ahí la importancia del "principio de conexión" y el papel de los alimentos en la estructura del cuerpo. Por ello, percibimos la comida con cierta cautela y desarrollamos preceptos, tabúes y rituales sobre ella, según cómo pueda afectar al cuerpo ya nuestro carácter. Porque de alguna manera creemos que cuando ingerimos alimentos, también ingerimos algunas de sus características materiales o simbólicas que nos afectan, nos cambian según lo que provocan. La sociedad actual crea categorías de alimentos que son comestibles y no comestibles, saludables y no saludables, contaminados y no contaminados (Espeitx, 1999, p. 3).

La contaminación puede convertir el comportamiento de alimentación necesario para la supervivencia en una fuente de peligro. Esto es claramente visible en las preocupaciones sobre el uso de aditivos químicos (herbicidas, pesticidas, fungicidas) en la producción y procesamiento de alimentos. Problemas como la "enfermedad de las vacas locas" o el uso descontrolado de hormonas de crecimiento en condiciones de ganadería intensiva han provocado malestar y desconfianza en los consumidores. Por un lado, comer es una necesidad inevitable, los buenos hábitos alimenticios son necesarios para una buena salud, por otro lado, comer puede ser una fuente de placer, pero esto explica en parte que nuestra relación ambivalente con la comida, está en peligro. Como apuntaba Fischler (1995), si analizamos las relaciones humanas con la comida, siempre podemos encontrar conceptos de orden y organización, regulación, etc.

La alimentación afecta la salud física y mental de las personas, por lo que es necesario producir alimentos saludables con la ayuda de la tecnología ambiental, como el cacao, que repercutirá en el bienestar y desarrollo de las personas e incluso de la sociedad, las personas sanas tendrán todas las oportunidades para desarrollarse y prosperar en este mundo.

CAPÍTULO III

SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Si realizamos la fermentación entonces se tendrá un efecto significativo en el contenido de metales pesados del grano de cacao en Tingo María.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a) Si realizamos 0, 4, 5 y 6 días de fermentación entonces se tendrá un efecto significativo en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao en Tingo María.
- b) Si realizamos 0, 4, 5 y 6 días de fermentación entonces se tendrá un efecto significativo en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la cascarilla de cacao en Tingo María.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Variables, Definición Conceptual, Operacional, Dimensiones e Indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión o Subvariable	Indicador
Independiente : fermentación	Es una serie de cambios físico-químicos que generan el desarrollo de sabor y aroma a chocolate, con cambios en la pigmentación y sabor astringente de los cotiledones (Teneda, 2016).	Proceso biológico que se realiza en presencia y ausencia de oxígeno por un tiempo determinado en el centro de beneficio de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga en Tingo María. La fermentación se midió en días.	Tiempo	Días
Dependiente: metales pesados	Los metales pesados son compuestos químicos naturales presentes en el medio ambiente. También pueden encontrarse concentraciones en los alimentos (grano de cacao), como resultado de actividades antropogénicas (Huamaní et al., 2016).	Son elementos propios de la naturaleza los cuales son acumulados en las semillas del cacao que producen los agricultores de la de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga de Tingo María, Huánuco. Estos elementos fueron determinados en laboratorio cuya concentración se expresó en ppm.	Concentración	Cadmio, plomo y arsénico en partes por millón (ppm)

3.3. Definición operacional de las variables

a) Fermentación

Proceso biológico que se realiza en presencia y ausencia de oxígeno por un tiempo determinado en el centro de beneficio de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga en Tingo María. La fermentación se midió en días para ello se utilizó un calendario y reloj analógico.

b) Metales pesados

Son elementos propios de la naturaleza y son absorbidos y acumulados en las semillas de cacao orgánico que producen los agricultores de la de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga de Tingo María, Huánuco. Estos elementos fueron determinados a nivel de laboratorio cuya concentración se expresó en ppm en base seca.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. |Ámbito de estudio

4.1.1. Espacial

Centro de beneficio de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH), según la clasificación del científico norteamericano Holdridge, esta zona corresponde a un clima de Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh - T), temperatura media 26 °C, humedad relativa 84 por ciento, coordenadas geográficas: latitud: 9° 16' 45" Sur, longitud: 76° 0' 42" Oeste con una altitud de 654 msnm. La ubicación política es la siguiente: Región: Huánuco, Provincia: Leoncio Prado, Distrito: Castillo Grande.

Figura 3

Mapa Político de la Provincia de Leoncio Prado



4.1.2. Social

La investigación se realizó con un socio productor de cacao de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH). Esta organización está compuesta de pequeños productores de cacao orgánico con certificación orgánica y social, tiene como clientes a empresas de la Unión Europea. Diversas organizaciones que agrupan a cientos de productores están buscando tecnologías con inversión privada y estatal para disminuir los metales pesados del grano de cacao para poder garantizar el empleo y los ingresos económicos de las personas ligadas a esta actividad. La presente investigación está orientada a la búsqueda de una tecnología ambiental para disminuir el contenido de metales pesados del cacao, cuyos resultados, conclusiones y recomendaciones, serán en beneficio de los 524 productores socios de esta organización y también de los miles de productores cacaoteros en todo el país.

4.1.3. Tiempo

Es una investigación de actualidad, la misma que se desarrolló en un periodo de 9 meses, comprendida entre febrero y octubre del 2021.

4.1.4. Conceptual

Se tuvo en cuenta figuras, teorías y esquemas conceptuales de autores que explican el proceso bioquímico de la fermentación de los granos de cacao, así como la naturaleza y propiedades de los metales pesados en los alimentos.

4.2. Tipo y nivel de investigación

4.2.1. Tipo

Aplicada, dado que se acudió a los principios de las ciencias naturales como la química y la biología para determinar el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (*Theobroma cacao*) en Tingo María. (Scott, 1998, p. 4) en la investigación aplicada, el objetivo es más directo y está relacionado con la mejora del proceso o del producto. Así, los conceptos teóricos se validan en situaciones prácticas.

4.2.2. Nivel

Experimental, como se midió el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados de los granos de cacao en Tingo María. La investigación experimental es la manipulación de una o más variables no probadas bajo condiciones estrictamente controladas para describir en detalle cómo y por qué ocurre un evento o fenómeno (Cortez y Alan, 2017). Sáez (2017) afirma que el propósito de este tipo de estudios es establecer experimentalmente una relación causal clara entre las variables.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Descripción de la población

Granos de cacao fresco clon CCN-51 con presencia de cadmio procedentes de 268 parcelas de pequeños productores de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH), ubicados en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, estudios realizados en el 2020. Las parcelas de cacao de estos productores son orgánicas certificadas para el mercado europeo y americano. Los granos de cacao de estas parcelas contienen concentraciones de cadmio superiores a los niveles máximos permitidos por la legislación de la UE. Los granos de cacao son cosechados cuando alcanzan su madurez fisiológica, están rodeados de una capa mucilaginosa, ácida y azucarada lo cual les permite fermentar en espacios adecuados por un tiempo limitado, luego son secados a sol directo hasta un 7% de humedad para luego ser comercializados.

4.3.2. Muestra y método de muestreo

De las 268 parcelas de cacao contaminadas se seleccionó la parcela del productor Navarro Sabino Ramos identificado con DNI 22745565 con una extensión de 2,00 hectáreas cuyo contenido de cadmio reportado inicialmente fue 1,69 ppm (Anexo 11) de esta parcela se cosechó 1 332,00 kg de cacao fresco en un solo día, este volumen de cacao se utilizó en todo el estudio. La unidad de análisis fue de 110,00 kg de grano fresco por cada tratamiento, esta cantidad es la cantidad mínima que es necesaria para garantizar una adecuada fermentación según experiencia de la CAICAH, Dicha organización alcanza hasta el 86% de fermento en sus lotes de cacao exportable.

El tipo de muestreo fue no probabilístico a criterio del investigador, porque de las 268 parcelas se seleccionó una parcela de cacao contaminada con cadmio de la cual se cosecharon los granos que fueron utilizados en su totalidad en el estudio.

4.3.3. Criterio de inclusión y exclusión

Se incluyó los granos de cacao fresco con un contenido de cadmio mayor a 1,00 ppm, procedente de una área y plantación, sin aplicación de fertilizantes 12 meses antes de la cosecha. Se excluyó granos de con un contenido de cadmio menor de 1,00 ppm.

4.4. Diseño de la investigación

Experimental en su forma de diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos: (T₀: 5 días de fermentación – testigo relativo, T₁: 4 días de fermentación, T₂: 6 días de fermentación, T₃: 0 días de fermentación – testigo absoluto) y 4 repeticiones con 12 unidades experimentales. La unidad de análisis fue de 110,00 kg de cacao fresco. Los tratamientos fueron asignados de forma aleatoria a las unidades experimentales.

4.4.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado en la presente investigación es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el j-ésimo elemento perteneciente al i-ésimo tratamiento

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental asociado al j-ésimo elemento del i-ésimo tratamiento

Para:

$I = 0, 1, 2, 3$ tratamientos, $j = 1, 2, 3, 4$ repeticiones

4.4.2. Análisis de variancia

En la Tabla 2, se presenta el esquema del análisis de variancia para la variable dependiente con un nivel de significación de 0,05.

Tabla 2*Esquema del Análisis de Variancia (ANVA)*

Fuente de variabilidad	Fórmula	Grados de libertad
Tratamientos	t-1	3
Error experimental	(t) (r-1)	12
Total	tr-1	15

Asimismo; para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significación de $\alpha=0.05$, utilizando el programa estadístico Minitab 18.

4.4.3. Ejecución del experimento

4.4.3.1. Selección de la parcela de cacao clon CCN-51

Inicialmente se realizó el muestreo y cuantificación de cadmio de las parcelas de cacao de los socios de la CAICAH; de esta población se determinó la parcela para la presente investigación cuyo contenido de cadmio fue de 1,69 ppm.

4.4.3.2. Recolección de los granos de cacao

Las mazorcas fisiológicamente maduras ($>1,00$ ppm Cd) se cosechan de campos de cacao seleccionados. El rompimiento de orejas se hace con un machete sin filo; los granos de cacao se colocan en cubos de plástico para evitar siempre la pérdida de limo; alrededor de las 16:00 horas los granos de cacao se transportan en sacos de polipropileno; al centro de acopio Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga.

4.4.3.3. Implementación de los tratamientos – fermentación

A. Tratamiento T₀ – control relativo (grano fermentado por 5 días). El grano fresco de cacao llegado de campo fue puesto a fermentar en los cajones de madera con dimensiones de 0,7 x 0,4 x 0,7 m) bajo techo; la masa de cacao se cubrió

con costales de yute. La primera remoción de los granos se llevó a cabo a las 48 horas, segunda remoción 72 horas, tercera remoción 96 horas y la cuarta remoción a las 120 horas. Este método de fermento es el que utiliza la CAICAH para fermentar sus volúmenes de cacao.

B. Tratamiento T₁ (grano fermentado por 4 días). Al grano fresco de cacao llegado de campo se le puso a fermentar en los cajones de madera con dimensiones de 0,70 x 0,40 x 0,70 m) bajo techo; la masa de cacao fue cubierta con costales de yute. La primera remoción de los granos se realizó a las 48 horas, segunda remoción 72 horas, tercera remoción 96 horas.

C. Tratamiento T₂ (grano fermentando por 6 días). Este tratamiento siguió el mismo procedimiento de fermentación que los tratamientos T₁ y T₀ con la única diferencia que recibió una quinta remoción del grano a las 144 horas. La remoción de los granos se llevó a cabo mediante una pala de madera. Se utilizó 110,00 kg de grano fresco (5 baldes de aceite palmerola) por cada unidad experimental. Al finalizar la fermentación se extrajo 3,00 kilos de grano por cada unidad experimental para los análisis correspondientes.

D. Tratamiento T₃ – control absoluto (grano sin fermentación). De la muestra seleccionada se obtuvo 12,00 kilogramos de grano fresco equivalente a 3 kg por repetición y se procedió a realizar el secado a sol directo.

4.4.3.4. Secado de los granos de cacao

Utilizando costales de polipropileno de primer uso, las muestras fueron secadas mediante radiación solar directa, hasta una humedad aproximada del 7,00 por ciento. Las muestras antes del secado estuvieron correctamente identificadas por tratamiento, utilizando plumón indeleble y cinta masking. Una vez secas las muestras, se les codificó y envió al laboratorio para sus respectivos análisis de metales pesados y análisis físico.

4.4.3.5. Determinación del contenido de metales pesados

El contenido de metales pesados (cadmio, plomo y arsénico) en granos de cacao se determinó por espectrofotometría de absorción atómica (FAAS) con el método NOM-117-SSA1.1994 acreditado por el Instituto Nacional de la Calidad - INACAL. Se cuantificaron metales pesados en cáscaras de almendra y cacao. Además, se evaluaron las propiedades físicas de los granos según los procedimientos de la norma técnica: NTP - ISO 1114/2006 - Cacao en grano - Ensayo de corte y NTP - ISO 2291/2006 - Cacao en grano - Determinación del contenido de humedad mediante un metal guillotina de la marca especificada. Se muestra el porcentaje de partículas moradas y marrones.

4.5. Técnicas e instrumentos

4.5.1. Técnicas

1) Técnicas bibliográficas

- a) Fichaje
- b) Análisis de contenido

2) Técnicas de campo

La observación

3) Técnicas estadísticas

El análisis de variancia (ANVA) y prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significación del 5 por ciento.

4.5.2. Instrumentos

1) Instrumentos bibliográficos:

- a) Fichas de registro o localización (bibliográficas y hemerográficas)
- b) Fichas de contenido o investigación: de bloque (citaciones mayor y menor de 40 palabras) y de paráfrasis

2) Instrumentos de campo

Libreta de campo (registrar datos *in situ*)

Cartilla de resultados (*ex situ* donde se registró los datos en laboratorio)

3) Programa estadístico

Para el procesamiento de datos se empleó el programa estadístico Minitab 18 (se tiene licencia de uso estudiantil).

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron tabulados estadísticamente utilizando el programa Excel, presentados en tablas analizados estadísticamente y representados en figuras tipo barras y tablas de doble entrada. Para el análisis de los datos del contenido de metales pesados (cadmio, plomo y arsénico) y características físicas grano del grano de cacao, se empleó las técnicas estadísticas del análisis de variancia (ANVA) al nivel del 5 por ciento y para la comparación de medias de los tratamientos la prueba de Duncan con un nivel de α del 5 por ciento.

4.7. Aspectos éticos

Se tomó en cuenta los tres aspectos éticos de la ciencia: benevolencia, la investigación no causó daño a la sociedad y el medio ambiente; la autonomía el presidente del consejo de administración y trabajadores de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH), aceptaron libremente apoyar la investigación, firmando un consentimiento informado (Anexo 02) y con respecto a la justicia, se consideró a todos los productores de cacao sin distinción alguna de raza, sexo o religión.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo

Los resultados están presentados en tablas y figuras, analizados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA) la diferencia significativa entre las medias de los tratamientos se determinó mediante el *p-valor* (valores menores de 0,05 revelan significación estadística lo cual indica rechazar la hipótesis nula, valores superiores al 0,05 señalan que no existe significación estadística por lo tanto se acepta la hipótesis nula). Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. La cartilla de resultados del contenido de metales pesados (cadmio, plomo y arsénico) del grano de cacao en cada uno de los tratamientos se reporta en el Anexo 03.

5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis

5.2.1. *Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao*

5.3.1.1. Cadmio. El contenido de cadmio de la almendra de cacao se sometió al análisis de variancia (ANVA) de acuerdo al *p-valor* ($\alpha = 0,05$) (Tabla 3), se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos lo cual indica que al menos uno o más de los tratamientos presentan un comportamiento estadístico diferente. En función al valor de *p* obtenido se acepta la hipótesis estadística planteada es decir la fermentación tiene un efecto significativo en el contenido de metales pesados de la almendra de cacao. El coeficiente de variación (CV) mostró 39.43%, para experimentos agrícolas CV menor a 10% se considera bajo, 10% a 20% es medio, 20% a 30% es alto y si es mucho mayor a 30% (Gordón y Camargo, 2015).

Tabla 3

Análisis de Variancia (ANVA) del Contenido de Cadmio de la Almendra de Cacao

Cadmio (ppm) en la almendra de cacao					
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p – valor
Tratamiento	3	18,079	6,026	8,450	0,003
Error experimental	12	8,556	0,713		
Total	15	26,635			
CV: (%)	39,43				

La prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Tabla 4) con relación al contenido de cadmio de la almendra de cacao se evidencia que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados; así los tratamientos T₁ (4 días de fermentación) y T₃ (0 días de fermentación) alcanzaron 3,79 y 2,29 ppm de cadmio respectivamente y difieren estadísticamente de los tratamientos T₂ (6 días de fermentación) y T₀ (5 días de fermentación) que alcanzaron 1,45 y 1,00 ppm de cadmio correspondientemente.

Tabla 4

Prueba de Tukey (A=0.05) del Contenido de Cadmio de la Almendra de Cacao

Cadmio (ppm) en la almendra de cacao			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
T ₁ (4 días de fermentación)	4	3,79	a
T ₃ (0 días de fermentación)	4	2,29	a b
T ₂ (6 días de fermentación)	4	1,45	b
T ₀ (5 días de fermentación)	4	1,00	b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Interpretando la Figura 4, el tratamiento T₁ (4 días de fermentación) alcanzó el máximo contenido de cadmio, este hallazgo probablemente esté relacionado a lo siguiente; en el proceso de fermentación al degradarse la pectina las células del grano se vuelven más permeables lo que facilita el ingreso de compuestos orgánicos del medio externo hacia la alameda del grano lo que probablemente facilita el acarreo de metales pesados de zonas de mayor concentración como la cascarilla, mucilago y el jugo, incrementando la concentración del cadmio en la almendra. Rodarte (2011) afirma que la fermentación del cacao implica 2 fases: la fermentación anaeróbica en la cual las levaduras (*Candida zemplinina*, *Saccaromyces cerevisiae*, *Pichia membranaefaciens*, *Pichia kudriavzevii*) convierten los azúcares simples mucoides en etanol, que descompone la pectina, altera los granos, elimina el ácido cítrico y reduce la acidez. Durante la fase anaeróbica, las bacterias del ácido acético se dedican a convertir el etanol producido por la levadura en ácido acético. Dado que la conversión de etanol en ácido acético es una reacción exotérmica, se produce calor. La muerte del embrión ocurre cuando la temperatura alta se asocia con la difusión de etanol y ácido acético en el grano.

Las metilxantinas (teobromina y cafeína) se distribuyen en diferentes partes del grano de cacao, el grano, la pulpa y la cobertura; Difusión y genotipos evaluados. Además, El contenido de cada metilxantina fue mayor en los primeros días de fermentación y disminuyó gradualmente durante el proceso de fermentación. Sin embargo, debido a la alta permeabilidad de las cáscaras de los granos de cacao, esto permite que los alcaloides penetren en las cáscaras y se acumulen, aumentando así su contenido (Otárola, 2018).

En la fermentación del ácido acético, los productos del proceso se modifican, las bacterias del ácido acético intervienen para convertir el etanol producido por la levadura en ácido acético, elevando la temperatura hasta 50 °C, esta conversión hace que las paredes celulares del grano sean permeables, permitiendo la entrada de oxígeno La interdifusión con los componentes del fluido celular que mata el germen del grano

crea una reacción química en la que las enzimas entran en contacto con proteínas y polifenoles, reduciendo el amargor y la astringencia (Cleenewerck et al., 2008).

El tratamiento T₀ (5 días de fermentación) reporta el menor contenido de cadmio (1,00 ppm) en la almendra con respecto a los demás tratamientos, es probable que el contenido de cadmio este estrechamente relacionado con el porcentaje de fermentación, este tratamiento alcanzó 80,50% de granos fermentados (Anexo 10). El cacao fermentado que supera el 80% de fermento sufre una serie de transformaciones bioquímicas debido a la acción de enzimas (polifenol oxidasa), las cuales degradan las membranas celulares y aumentan su permeabilidad; permitiendo de este modo la interacción de los diversos componentes celulares (alcohol y ácido acético) facilitado por la temperatura y cuando esta llega a su pico máximo (45 °C) al final de proceso de fermentación (120 h) el grano empieza a liberar por difusión al medio externo exudados que podrían estar transportando los metales pesados y otros elementos fuera de la almendra, además este proceso podría estar ocurriendo también al momento del secado del grano y por gravedad las sustancias líquidas se estarían evacuado a la cascarilla y el medio externo. “Durante la fermentación los granos de cacao pierden humedad lo cual indica que existe evacuación de sustancias líquidas desde las almendras al medio externo como también la disminución del contenido de antocianinas” (Otárola, 2018).

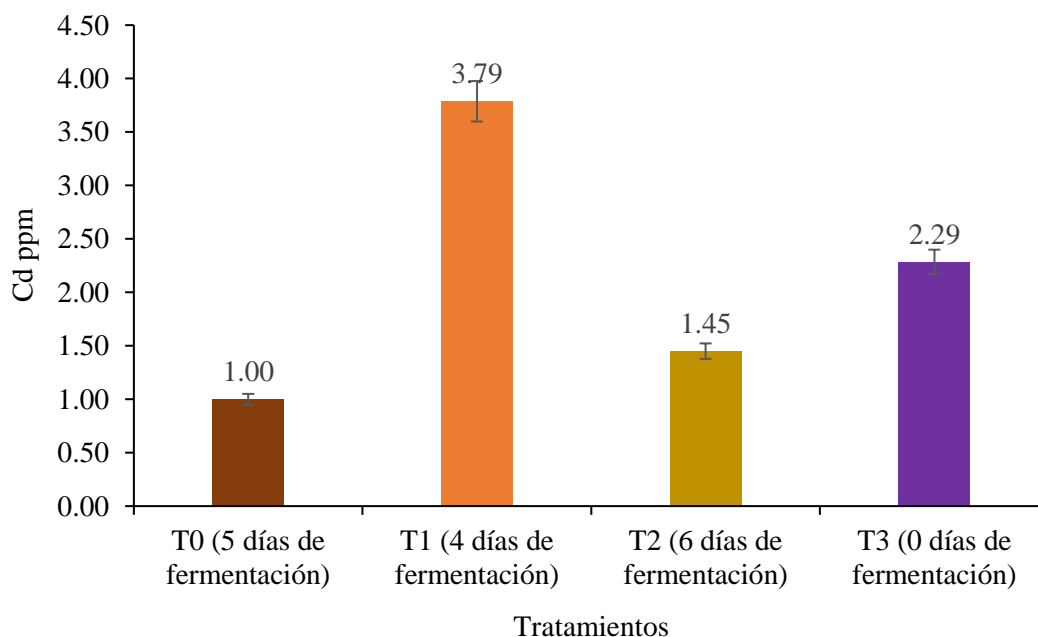
En la fermentación aeróbica (acética), el ácido acético se difunde a través de la cubierta de la semilla hacia los cotiledones (Bravo y Mingo, 2011). Durante esta parte del proceso de fermentación, debido al equilibrio común de temperatura, acidez y humedad, ocurre la muerte del embrión y se destruye la estructura de almacenamiento dentro de las células del cotiledón, lo que resulta en la liberación de polifenoles, antioxidantes y proteínas de reserva (Cruz, 2000). La etapa de fermentación fue la responsable de la pérdida de polifenoles totales, los cuales disminuyeron en un 35% (71,42 mg. g⁻¹) desde el estado inicial al tercer día de fermentación y en un 59% (44,55 mg. g⁻¹) al séptimo día. de fermentación, estas pérdidas se acentúan ligeramente durante el secado, donde la diferencia la marca el sistema utilizado. Se comprobó que

las semillas fermentadas durante 3 días perdieron 19,1% (57,19 mg. g⁻¹) en el horno y 10,8% (62,59 mg. g⁻¹) al sol y que las semillas fermentadas por 7 días presentan pérdidas de 11,60% secados en estufa (38,47 mg. g⁻¹) y un 2,80% secado al sol (43,10 mg. g⁻¹) (Suazo, 2012).

El tratamiento T₀ (5 días de fermentación) contiene 56,33% menos cadmio que el tratamiento T₃ (0 días de fermentación), confirmando que la fermentación tiene efecto significativo en el contenido de cadmio.

Figura 4

Contenido de Cadmio (ppm) en la Almendra de Cacao



5.3.1.1. Plomo y arsénico. Para el caso de los contenidos de plomo y arsénico en la almendra los resultados de laboratorio arrojaron valores menores de 0,072 y 0,06 ppm respectivamente, según el LCM (límite de cuantificación del método); estos resultados indican que dichos metales pesados no representan peligro alguno para la salud de las personas. Estos valores probablemente estén relacionados a las bajas

concentraciones de estos elementos en el suelo y por lo tanto la planta de cacao los absorbe en cantidades traza como también la planta de cacao no tiene necesidad biológica de incluir estos elementos en su metabolismo.

5.2.2. Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio y plomo de la cascarilla de cacao

5.3.1.1. Cadmio. El contenido de cadmio de la cascarilla de cacao se sometió al análisis de variancia (ANVA) de acuerdo al p -valor ($\alpha = 0,05$) (Tabla 5), se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos lo cual significa que al menos uno o más de los tratamientos presentan un comportamiento estadístico diferente. En función al valor de p obtenido se acepta la hipótesis estadística planteada es decir la fermentación tiene un efecto significativo en el contenido de metales pesados de la cascarilla de cacao. El coeficiente de variación (CV) es de 39.60%, en ensayos agrícolas el coeficiente de variación se considera bajo si es menor al 10%, moderado entre 10% y 20%, alto entre 20% y 30%, y alto si es menor. menos de 10%. muy superior al 30% (Gordon y Camargo, 2015).

Tabla 5

Análisis de Variancia (ANVA) del Contenido de Cadmio de la Cascarilla de Cacao

Cadmio (ppm) en la cascarilla de cacao					
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	p – valor
Tratamiento	3	26,197	8,732	13,350	0,000
Error experimental	12	7,847	0,654		
Total	15	34,044			
CV: (%)	39,60				

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Tabla 6) con relación al contenido de cadmio de la cascarilla de cacao se evidencia que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados; el tratamiento

T₁ (4 días de fermentación) logró 4,22 ppm de cadmio respectivamente y se diferencia estadísticamente de los tratamientos T₂ (6 días de fermentación), T₃ (0 días de fermentación) y T₀ (5 días de fermentación) que alcanzaron 1,49, 1,30 y 1,07 ppm de cadmio respectivamente.

Tabla 6

Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) del Contenido de Cadmio de la Cascarilla de Cacao

Cadmio (ppm) en la cascarilla de cacao			
Tratamientos	N	Media	Agrupación
T ₁ (4 días de fermentación)	4	4,22	a
T ₂ (6 días de fermentación)	4	1,49	b
T ₃ (0 días de fermentación)	4	1,30	b
T ₀ (5 días de fermentación)	4	1,07	b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Interpretando la Figura 5, el tratamiento T₁ (4 días de fermentación) alcanzó el máximo contenido de cadmio, este resultado posiblemente esté relacionado directamente con las transformaciones bioquímicas de la fermentación, las paredes celulares al volverse permeables por efecto de la temperatura, alcohol y ácido acético permiten el flujo de sustancias orgánicas de zonas de mayor concentración a otras de menor concentración, esto ocurriría en todo el grano de cacao, como consecuencia los metales pesados (cadmio) y demás minerales se desplazarían inicialmente a la cascarilla y almendra del grano de cacao provenientes del medio externo conformado por el jugo y mucilago. Está demostrado que en la fermentación la enzima polifenol oxida degrada los compuestos orgánicos (proteínas y carbohidratos constituidos por minerales) internos del grano y al final del proceso estos compuestos son liberados al medio externo y podrían estar acumulándose en la cascarilla y por lo tanto la concentración de cadmio se incrementa con respecto a la almendra, los valores obtenidos de cadmio son mayores en la cascarilla (4,22 ppm) que la almendra (3,79

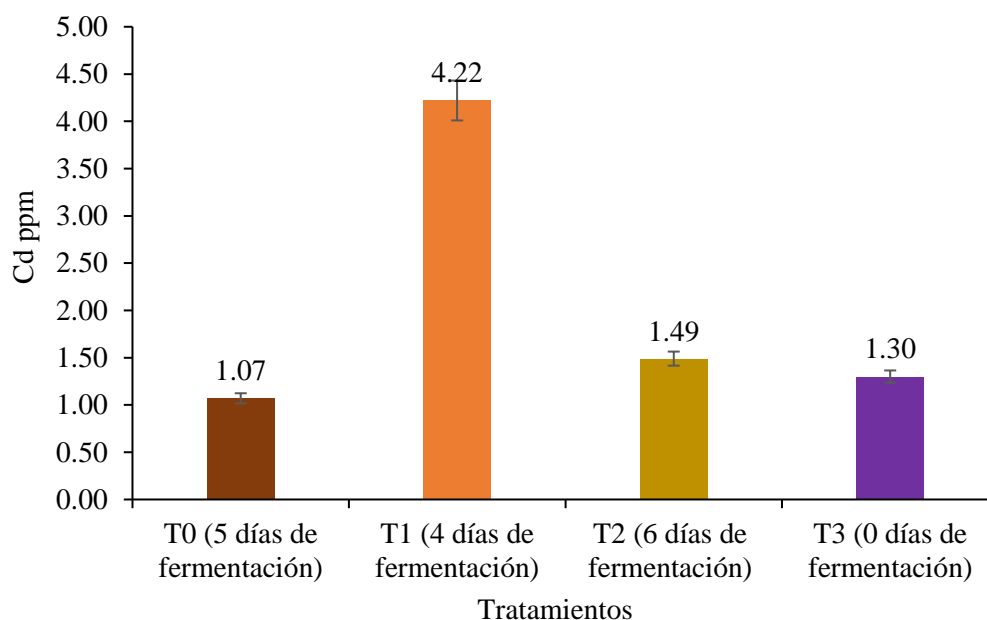
ppm). Castebianco (2018) mencionó que la composición de cadmio en el fruto del cacao no es uniforme, y la mayor acumulación de cadmio se encontró en el jugo y pulpa (mucílago) del cacao en Ecuador. Este Cd se puede mover a una cáscara de plumín y un plumín de cacao con terminación en chocolate. Estrategias simples como lavar la pulpa y los granos antes del proceso de fermentación pueden eliminar muchos contaminantes sin comprometer la calidad del grano.

Durante la fermentación, por acción de microorganismos (levaduras y bacterias) y oxidación bioquímica, los azúcares de la pulpa forman ácidos que penetran en los cotiledones, provocando la muerte del embrión y la posterior formación de precursores del aroma del cacao (Sánchez, 2007). Durante la fermentación se forma ácido acético, que se absorbe en los cotiledones y reduce el valor del pH de 6,4 a 4,5. A temperaturas superiores a 45°C, esta acidificación rompe los compartimentos celulares y finalmente conduce a la muerte. (Rohsius et al., 2006).

El menor contenido de cadmio se registra en el tratamiento T₀ (5 días de fermentación) debido probablemente a que se elimina por drenaje sustancias líquidas producto de la descomposición de moléculas orgánicas durante la fermentación y el secado del grano a sol directo. La cascarilla contiene la mayor concentración de Cd que la almendra en todos los tratamientos fermentados, cuyo porcentaje de granos fermentados (granos marrones) superaron el 80%, parámetro óptimo para la exportación de cacao de tipo Grado I y Grado II, según la normatividad internacional, existiendo un relación entre la variable dependiente del contenido de cadmio y el grado de fermentación del grano, se demuestra que el grano fermentado contiene menor contenido de metales pesados que los grano de cacao nula, fermentacion incipiente o en proceso.

Figura 5

Contenido de Cadmio (ppm) en la Cascarilla de Cacao



5.3.1.1. Plomo. El contenido de plomo de la cascarilla reportado en los informes de laboratorio es menor de 0,072 ppm, según el LCM (límite de cuantificación del método); estos valores posiblemente estén relacionados al contenido de plomo en el suelo, según estudios de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga reporta 12,01 ppm (informe de ensayo N° 1-15799/17 - CERPER); este valor dista mucho del ECA de la normativa peruana para suelos agrícolas que estipula 70,00 ppm (Decreto supremo N° 002-2013-MINAN); al existir cantidades mínimas en el suelo la planta de cacao los absorbe en cantidades traza, también existen estudios que los vegetales no tiene necesidad biológica de incluir el plomo en su metabolismo.

Estos resultados no representan peligro alguno para la salud de las personas en general.

5.3. Discusión de resultados

5.3.1. *Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao*

5.3.1.1. Cadmio. Los contenidos de cadmio obtenidos en el presente estudio son similares a los resultados obtenidos por Falcón (2019) quien reportó los siguientes contenidos de cadmio, almendras fermentadas sin escurrir: 0,66 ppm; almendras fermentadas escurridas por 36 horas: 0,74 ppm; almendras fermentadas con levaduras: 0,54 ppm y almendras sin fermentar: 1,21 ppm; además determinó una reducción del 56% del contenido de cadmio en la almendras fermentadas con respecto a las no fermentadas, valor similar al obtenido en la presente investigación equivalente a 57%. Lanza et al. (2016) El análisis del contenido de cadmio de las hojas de cacao híbrido venezolano (almendras) mostró diferencias entre fermentado y no fermentado con valores: cacao fermentado (1,74 ppm) y cacao no fermentado (2,09 ppm), mostrando la diferencia en el contenido de cadmio entre granos fermentados y no fermentados. Durante la fermentación, los metales pueden pasar de los cotiledones a la paja a través del flujo de masa. La composición química de los granos de cacao (contenido de macro y micronutrientes) puede variar según el tipo de grano de cacao, la fermentación, el secado y el procesamiento posterior (Arvelo et al., 2017). Baraja (2019) al analizar el contenido de cadmio en almendras fermentadas de 2 tipos de cacao: Nacional y CCN-51 determinó 0,87 y 0,63 ppm respectivamente.

En general el contenido de cadmio puede variar en las almendras de cacao debido a los siguientes factores: genética, sitio de cultivo (suelo, agua y fertilizantes), manejo, edad y también a la técnica de cuantificación a nivel de laboratorio. Además de lo anterior, Mite, Carrillo, y Durango (2010) definieron que la contaminación por Cd de los granos de cacao también puede deberse a la quema de desechos municipales, al uso de lodos municipales en la agricultura, agroquímicos y derivados del petróleo causados por la contaminación. Por otro lado, en una encuesta reciente de Argüello y Col (2019), el hecho de que la concentración de Cd en los granos de cacao pueda variar según el genotipo de una finca a otra.

5.3.1.2. Plomo y arsénico. Los contenidos de plomo y arsénico determinados en el presente estudio difieren de los resultados obtenidos por otros investigadores, por ejemplo: Lino (2019) al analizar almendras frescas de cacao obtuvo 2,14 ppm de plomo, valores obtenidos sin un método de ensayo acreditado. Huashuayo (2021) analizando granos de cacao de diversas parcelas del distrito de Ayna, Ayacucho determinó un valor máximo y mínimo de 2,88 ug/g y 1,88 ug/g. Según un estudio realizado por Condezo (2018) donde analizó granos de cacao para determinar presencia de plomo reportando concentración máxima de 0,15 ug/g y mínima de 0,06 ug/g, indican a la vez que los resultados hallados no superan los límites máximos permisibles del Codex alimentario y la NTP. Otro estudio realizado por Díaz et al. (2018) En Ecuador, analizó muestras de cacao de 25 fincas e informó que la concentración más alta de plomo en granos de cacao fue de la finca APOVinces-NN10 con 5,30 ppm y la más baja fue de APOVinces-291 con 0,215 ppm Nueve fincas reportaron niveles altos de plomo que superó el límite máximo permitido de la UE. Álvarez (2018) analizó muestras de cacao y encontró concentraciones de Pb de 0,38 mg.kg-1 en mucílago, 0,37 mg.kg-1 en fermentado y 0,60 mg.kg-1 en almendra deshidratada.

Batallas (2021) al cuantificar el contenido de plomo del cotiledón de cinco fincas de cacao, determinó para las fincas 2, 4 y 5 medianas que oscilan entre 0,0903 a 0,0909 mg/kg, en comparación de la finca 1 y 3, donde se obtuvieron medianas de 0,0932 y 0,0920 mg/kg respectivamente, dichos resultados son similares a los obtenidos en este estudio.

En general las concentraciones de plomo y arsénico determinadas no superan los límites máximos permitidos (LMP) establecidos por la Unión Europea en el reglamento 488/2014, dicha norma establece que el contenido de plomo y arsénico debe oscilar entre 0,10 – 0,30 ppm para alimentos de origen vegetal respectivamente. El contenido de plomo no supera los límites máximos permisibles (LMP) del Codex Alimentario y la Norma Técnica Peruana (NTP) que establecen un LMP de 0,10 ug/g.

5.3.2. *Efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio y plomo de la cascarilla de cacao*

5.3.2.1. Cadmio. Referente al contenido de cadmio los resultados obtenidos concuerdan con otras investigaciones, así como: Mite, Carrillo y Durango (2010) al analizar muestras de cacao menciona que el promedio mayor de Cd en la testa se registró en el cacao sembrado en las provincias de Azuay, Santa Elena y Orellana, con valores de 2,99, 2,61 y 2,07 mg kg⁻¹ de Cd, respectivamente. Mientras que, el menor promedio de 0,59 mg kg⁻¹ de Cd, se encontró en Pichincha. Tuesta (2019) al analizar el contenido de cadmio de la cascarilla de los granos de cacao sin fermentar de tres parcelas con distinto manejo agronómico (tradicional, químico y orgánico) en la región Ucayali (Perú) obtuvo los siguientes resultados: 0,39 ppm, 0,86 ppm y 0,60 ppm correspondientemente. Falcón (2019) en su experimento denominado: cadmio y polifenoles totales en la fermentación de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 reporta un contenido promedio de cadmio en la cascarilla de cacao fermentado de 3,16 ppm y no fermentado igual a 1,28 ppm respectivamente; además evidencia que el contenido de cadmio en la cascarilla de cacao es mayor que la del cotiledón en granos fermentados, coincidiendo con la presente investigación, además sostiene que al momento del proceso de la fermentación el cadmio podría estar migrando a la cascarilla, demuestra también que la fermentación del grano bajo cualquier modalidad o tratamiento disminuye el contenido de cadmio de los cotiledones del grano de cacao.

Yapo et al. (2014) Se informó que los niveles de cadmio más bajo y más alto en la cubierta de la semilla fueron 0,012 y 0,056 ppm, respectivamente. Estos valores están muy por debajo de los reportados para el cacao de Costa de Marfil, que oscilaron entre 0,343 ppm y 0,644 ppm. Estos resultados no concuerdan con la presente investigación. La concentración de metales pesados en los vegetales está en función a la genética, suelo, agua, aire y otros variables de origen antrópico.

5.3.2.2. Plomo. Cuando se trata del contenido principal reportado en este estudio, concuerdan con los resultados de Salous y Pascual (2018) quienes analizaron

2000 gramos de cáscara de cacao en Ecuador; la concentración de plomo fue de 0,170 ppm. Comparado con la normativa de la Unión Europea y el Códex alimentario el cadmio y plomo no superan el límite máximo permisible de 0,10 mg/kg indicado para alimentos y frutas. Caso contrario sucede en la investigación ejecutada por Díaz et al. (2018), donde los resultados obtenidos de plomo en testa en muestras de cacao de fincas productoras del cantón Vinces, sobrepasaron el límite permisible estipulado actualmente por los países europeos y la FAO/WHO y concluyó que estos cambios en el crecimiento de metales pesados fueron causados por factores o actividades humanas que afectan a la industria durante la cosecha de frutas.

5.4. Aporte científico de la investigación

Desarrollo de una tecnología orgánica para para disminuir el contenido de cadmio de los granos de cacao CCN-51 que se producen en la zona de Tingo María, Huánuco. Se ha generado material científico de carácter académico que servirán de consulta y base para el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas al problema de metales pesados en alimentos.

CONCLUSIONES

Si existió efecto significativo de la fermentación en el contenido de cadmio de la almendra de cacao, donde los tratamientos T₀ (5 días de fermentación) y T₂ (6 días de fermentación) alcanzaron los menores valores equivalentes a 1,00 y 1,45 ppm respectivamente. El tratamiento testigo T₁ (4 días de fermentación) alcanzó 3,79 ppm de cadmio.

Si existió efecto significativo de la fermentación en el contenido de cadmio de la cascarilla de cacao, donde el tratamiento T₀ (5 días de fermentación) alcanzó el menor valor igual a 1,07 ppm. El tratamiento testigo T₁ (4 días de fermentación) alcanzó 4,22 ppm de cadmio.

SUGERENCIAS

La Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH) debe seguir evaluando estrategias a nivel de postcosecha para solucionar la problemática del cadmio en el cultivo de cacao.

Los socios de la CAICAH deben fermentar su cacao por un espacio de 5 días para disminuir el contenido de cadmio de la almendra.

La Universidad Nacional Hermilio Valdizán debe seguir investigando para definir nuevas estrategias con el objetivo de reducir el contenido de cadmio de los granos de cacao de la región.

REFERENCIAS

- Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (ATSDR). (2012). *Resumen de salud pública: cromo*. Atlanta, Estados Unidos. 8 p.
- AGRODATAPERU. (2016). [En línea]: *Cacao grano Perú exportación 2016*. Disponible en: (<https://www.agrodataperu.com/2017/01/cacao-grano-peru-exportacion-2016-diciembre.html>, documentos, 03 may. 2019).
- Álvarez, J. (2018). *Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado*. Trabajo de investigación para obtención del título de master en gestión de la calidad y seguridad alimentaria. Instituto politécnico de Leira, Brasil. 51 p.
- Aravind, P., Prasad, M. (2005). Cadmium-Zinc interactions in a hydroponic system using *Ceratophyllum demersum* L.: adaptive ecophysiology, biochemistry and molecular toxicology. 20 p.
- Argüello, D. y Col. (2019). «Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador». En: *Science of The Total Environment* 649, 120-127. Online: <https://bit.ly/37F7vmF>.
- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., Montoya, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 143 p.
- ATSDR (2007). “ToxFAQs for Lead. Agency for toxic substances and disease registry”. [En línea] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts13.pdf> 18/09/2016.

- Baird, C., Cann, M. (2014). Química Ambiental. 5ed. Buenos Aires: editorial Reverte; 2014.
- Baraja, E. (2019). Contenido de cadmio en almendras de *Theobroma cacao* L. (cacao) considerando variedades, condiciones agroecológicas y manejo industrial en las provincias de los Rios y Cotopaxi año 2018. Universidad Estatal de Quevedo. Tesis para obtener el grado de magister en Gestión Ambiental. Quevedo Ecuador. 97 p.
- Batallas, M. (2021). Evaluación de cadmio y plomo en testa y cotiledón de cacao de fincas productoras ubicadas en la Adelina, Cantón Balao. Tesis para la obtención de título en Ingeniero Químico. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 63 p.
- Bravo, N., Mingo, F. (2011). Valoración de tres métodos de fermentación y secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) En la parroquia Panguintza del cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe. Tesis Ing. Industrial. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 224 p.
- Castebianco, J. (2018). Técnicas de remediación de metales pesados con potencial aplicación en el cultivo de cacao. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Revista de Ciencias de la Vida, 27(1): 21-35.
- Chan, D., Hale, B. (2004). "Differential accumulation of Cd in durum wheat cultivars: uptake and retranslocation as sources of variation". Journal of Experimental Botany 55:2571-2579.
- Chapman, D., Pratt, F. (1988). *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. (6ta Ed.). México, D.F.: Editorial Trillas. 174 p.

- Cleenewerck, I., A. González, N., Camu, E, Engelbeen, P., De Vos, L., De Vuyst, D. (2008)
- Clemens, S. (2006). “Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants”. *Biochimie* 88:1707-1719.
- Clemens, S., Antosiewicz, D., Ward, J., Schachtman, D., Schroeder, J. (1998). “The plant CDNA LCT1 mediates the uptake of calcium and cadmium in yeast”. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95:12043-12048.
- Condezo Núñez S., Huaraca Mesones, C. (2018) Cuantificación de plomo cadmio y arsénico en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y Café (*Coffea arábica* L.) de la zona de Jaén – Cajamarca durante el periodo Febrero – Julio 2018. Tesis de Grado. Universidad Norbert Wiener. Lima – Perú. 2018. Consultado el 11 de junio del 2021. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/2571>
- Cortez, L., Alan, D. (2017). Procesos y fundamentos de la investigación científica. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 127.
- Cros, E. (2000). Factores condicionantes de la calidad del cacao. CIRAD-CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. Disponible en: <http://www.redcacao.info.ve/memorias/html/02.html>.
- Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH). (2017). *Paquete tecnológico para disminuir el contenido de cadmio de los granos de cacao*. Tingo María. Perú. 16 p.
- Díaz, A. (2014). *Metales pesados*. Valencia, España. 24 p. Disponible en <http://www.plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>.

Díaz, L., Mendoza, E., Bravo, M., Domínguez, N. Determinación de cadmio y plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos de Cantón Vinces. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación* ISSN: 2550-6862 Vol. 2 No. 15 abril. 2018. Disponible en: <https://www.revistaespirales>

Dirección Regional de Agricultura – Huánuco 2015. Cadena productiva del café y cacao. Gobierno Regional Huánuco.

EcuRed (2019). *Estaño*. Disponible en <https://www.ecured.cu/Esta%C3%B1o>.

El Salous y A. Pascual, “Determinación de cadmio, plomo y ocratoxina en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador”, *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 14, n.º 1, pp. 49-53, Jun. 2018.

Enríquez, A. (2004). *Cacao Orgánico*. Guía para productores ecuatorianos. Ecuador: CATIE. 89 p.

Enríquez, G. (1985). *Curso sobre el Cultivo del Cacao*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 239 p.

Espeitx, E. (1999). *La alimentación humana como objeto de estudio para la antropología: posibilidades y limitaciones*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. 17 p.

Espinosa, C., López, M., Pellón, A., Robert, M., Díaz, S., Gonzales, A., y Fernández, A. (2010). “Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana”. Departamento de Estudios sobre Contaminación Ambiental Centro de Investigaciones del Ozono. Centro Nación. La Habana, Cuba: *Rev. Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 26 No. 4.

- Falcón, G. (2019). *Cadmio y polifenoles totales en la fermentación de los granos de cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51*. Tesis para optar el grado de maestro en ciencias agrícolas. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 106 p.
- Fairtrade International (2021). Tabla de precios mínimos y prima de comercio Justo Fairtrade. Bonn, Alemania. 66 p.
- Fischler, C. (1995). *El (h) omnívoro*. Barcelona, Anagrama. España.
- Gaitán, T. (2005). *Cadena del cultivo de cacao con potencial exportador*. Managua, Nicaragua. 60 p.
- García, F. (2000). *Monitorización de metales de interés medioambiental en la población de tarragona. Niveles en tejidos de autopsia*. Tesis doctoral para obtener el grado de doctor en Medicina y Cirugía. Universitat Rovira I Virgili. Tarragona, España. 45 p.
- García, I., Dorronsoro, C. (2002). Contaminación por metales pesados. [En línea]: IDIAF, (<http://www.idiaf.gov.do/publicaciones/Publicaciones/cacao/HTML/files/assets/basic-html/page76.html>, Documentos, 23 ago. 2017).
- Gómez, R. (2018). Paquete tecnológico para disminuir el contenido de cadmio de los granos de cacao. Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga. Tingo María, Perú. 16 p.
- Gordón, R., Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 10 p.

- Guerinot, M. (2000). "The ZIP family of metal transporters". *Biochimica et Biophysica Acta* 1465:190-198.
- Guevara, K. (2017). *Adición de enzimas y levaduras sobre los cambios químicos y organolépticos del cacao (Theobroma cacao L.) clon CCN-51*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 80 p.
- Gutiérrez, M. (2009). *Guía de gestión de calidad en centro de acopio, secado y fermentación de cacao*. Lima, Perú. 22 p.
- Gutiérrez, R., Gonzales, G. (2018). *Evaluación de la aplicación de tecnologías para la fermentación y secado del cacao (Theobroma cacao L.) tipo CCN-51 y criollo en su porcentaje de fermentación y secado, en la provincia de Tambopata – MDD*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 131 p.
- Harte, J., Holden, C., Scheneider, R., & Shirey, C. (1991). *Toxics A to Z. A guide to everyday pollution hazards*. Univ. of California Press.
- Herrera, K. (2009). *Evaluación de la contaminación por plomo en suelos del Canton sitio del Niño municipio de San Juan Opico departamento de la libertad. Evaluación de la contaminación por plomo en suelos del Canton sitio del Niño municipio de San Juan Opico departamento de la libertad*. San salvador, Salvador. 129 p.
- Huamaní, H., Huauya, M., Tantalean, E. (2016). Difusión de resultados preliminares del proyecto "Desarrollo de un plan de manejo de la fertilidad orgánica de los suelos para reducir la acumulación de cadmio en las almendras de cacao en el ámbito de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo Ltda." En: Taller:

Contenido de metales pesados en cacaotales de Tingo María. Tingo María. Perú. 28 p.

Huashuayo, J. (2021). Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de tres sectores del distrito de Aynayacucho – 2021. Tesis para optar el título profesional en Toxicología y Química Legal. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 89 p.

Kabata-Pendias, A. (2000). Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press, Boca Raton, USA. 413 p. [En línea]: Agriculture, ([https:// www.e-agriculture.biz/.../Soil/Trace%20Elements%20in%20Soils%20and%20Plants.pdf](https://www.e-agriculture.biz/.../Soil/Trace%20Elements%20in%20Soils%20and%20Plants.pdf), PDF, 03 set. 2017).

Lanza, J., Churión, P., Liendro, N., Lopez, V. (2016). “Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) de Santa Bárbara de Zulia, Venezuela”. Saber. Revista multidisciplinaria del consejo de investigación de la Universidad de Oriente. Vol. 28 (1): 106-115.

Lino, F. (2019). Determinación de la concentración de metales en la almendra de cacao en la Cooperativa Agropecuaria Bella en la Provincia de Leoncio Prado-Huánuco y posibles consecuencias de riesgos a la salud. Tesis para optar título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. 85 p.

Marruecos, L., Nogué, S., Nolla, J. (1993). “Toxicología clínica”. Barcelona.: Springer-Verlag Ibérica.

Martínez, G. (2004). *Efecto del acondicionamiento de suelo con lodos residuales municipales y composta en el cultivo del maíz: Evaluación de metales, productividad y calidad*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UAEMéx. pp. 37-39.

- Ministerio de Agricultura y Riego – Minagri (2019). En el Perú más de 100 mil familias se dedican al cultivo de cacao en 16 regiones. Disponible en <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/52030-minagri-en-el-peru-mas-de-100-mil-familias-se-dedican-al-cultivo-de-cacao-en-16-regiones>
- Mite, F., M. Carrillo y W. Durango (2010). «Avances del monitoreo de presencia de Cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador». En: XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Vol. 1, 1–21. Online: <https://bit.ly/2LgnFMt>
- Nava, C., Méndez, M. (2011). “Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)”. Archivos de Neurociencias, 16(3), pp. 140–147.
- Otárola, A. (2018). Efecto de la enzima pectolítica y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (*Theobroma cacao* L.). Tesis para optar el grado de doctor en Ciencias de los Alimentos. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. 202 p.
- Ramos, J. (2004). *La fermentación y secado del cacao, almacenamiento*. Taller Internacional de calidad integral del cacao. Quevedo, Ecuador: INIAP-ETP. 20 p.
- Rodarte, W. (2011). Microorganismos y Chocolate. Revista digital universitaria, UNAM. 9 p.
- Rohsius, C., Matissek, R., Lieberei, R. (2006). Free amino acid amounts in raw cocoas from different origins. Eur. Food Res. Technol. 222:432–438
- Sáez, J. (2017). Investigación educativa. Fundamentos teóricos, procesos y elementos prácticos. Madrid: Editorial UNED.

- Sánchez, V. (2007). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfil de sabor de comercial. Tesis Ing. Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica estatal de Quevedo. 93 p.
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio. Riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio*. Trabajo de fin de grado. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid, España. 23 p.
- Sarmiento, M. (1999). “Evaluación del Impacto de la Contaminación del Embalse del Muña Sobre la Salud Humana”. *Revista De Salud Pública*, 1(2) (February), pp. 159–171.
- Shah, K., Nongkynrih, J. (2007). “Metal hyperaccumulator and bioremediation”. *Biologia Plantarum* 51:618-634.
- Smedley, P., Kinniburgh, D. (2002). “A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters”. *Applied Geochemistry*, 17(5), pp.517–568. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5).
- Suazo, C. (2012). Efecto de la fermentación y el tostado Sobre la concentración polifenólica y actividad antioxidante de cacao Nicaragüense. Tesis de grado Máster en Tecnología y calidad en industrias Agroalimentarias. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España. 214 p.
- Tantalean, E. (2017). *Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao ccn-51 en suelo aluvial y residual*”. Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 129 p.

- Teneda, W. (2016). *Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao (Theobroma cacao L.) variedad Nacional y variedad CCN-51*. Universidad Internacional de Andalucía. Sevilla, España. 140 p.
- Torres, P. (2005). *Cobre, Medio Ambiente y Salud, Aportes de la Ciencia*. Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia, IM2. p. 214.
- Tuesta, K. (2019). efecto de tres sistemas de manejo sobre el contenido de cadmio (cd) en la hojarasca y en la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) en San Alejandro Ucayali, Perú. Tesis para optar título de ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 71 p.
- Volke, T., Velasco, J., De la Rosa, P. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México, México, 144 p.
- Yapo KD., Ouffoue SK., N'Guessan BR., Okpekon TA., Dade J., Say M., et al. Quality control by the determination of heavy metals in new variety of cocoa (cocoa mercedes) in Côte d'Ivoire. *J Soc Ouest-Afr Chim*. 2014; 037: 56-64.
- Zambrano, G. (2018). *Evaluación de la influencia del proceso de beneficio del cacao (Theobroma cacao L.) CCN-51 de altura en su calidad final, mediante el análisis físico, físico-químico y sensorial*. Trabajo de investigación para la obtención del título de Químico de Alimentos. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 107 p.
- Zapata, J. (2019). *Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura*. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad de Piura. Piura, Perú. 92 p.

ANEXOS

ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título de la investigación: Efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (*Theobroma cacao*) en Tingo María.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cuál es el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en Tingo María 2020?	Determinar el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del grano de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) en Tingo María.	Si realizamos la fermentación entonces se tendrá un efecto significativo en el contenido de metales pesados del grano de cacao en Tingo María.	Independiente Fermentación Dependiente Metales pesados	Días Cadmio, plomo y arsénico en partes por millón (ppm)
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Sub variables	Sub indicadores
¿Cuál es el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao en Tingo María?	Evaluar el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao.	Si realizamos 0, 4, 5 y 6 días de fermentación entonces se tendrá un efecto significativo en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la almendra de cacao en Tingo María.	Tiempo Concentración	0, 4, 5 y 6 ppm
¿Cuál es el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la cascarilla de cacao en Tingo María?	Evaluar el efecto de 0, 4, 5 y 6 días de fermentación en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la cascarilla de cacao.	Si realizamos 0, 4, 5 y 6 días de fermentación entonces se tendrá un efecto significativo en el contenido de cadmio, plomo y arsénico de la cascarilla de cacao en Tingo María.	Tiempo Concentración	0, 4, 5 y 6 ppm

TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN, MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE
<p>1. Tipo de investigación Aplicada.</p> <p>6. Nivel de investigación Experimental.</p>	<p>1) Población</p> <p>Granos de cacao fresco clon CCN-51 con presencia de cadmio de los 268 productores de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga de la Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. Para la presente investigación se consideró granos de cacao con un contenido de cadmio mayor de 1,00 ppm.</p> <p>2) Muestra</p> <p>Se empleó 1 332,00 kg de cacao fresco. La unidad de análisis fue de 110, 00 kilogramos.</p> <p>3) Tipo de muestreo</p> <p>No probabilístico es decir la muestra fue elegida a criterio del investigador.</p>	<p>Tipo de diseño</p> <p>Experimental en su forma de diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones con 16 unidades experimentales.</p> <p><u>Tratamientos en estudio:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ T0: 5 días de fermentación (control relativo) ✓ T1: 4 días de fermentación ✓ T2: 6 días de fermentación ✓ T3: 0 días de fermentación (control absoluto). <p><u>Repeticiones:</u></p> <p>Cada repetición estuvo compuesta de 440,00 kg de grano fresco.</p>	<p>1) Técnicas bibliográficas</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Fichaje. b) Análisis de contenido. <p>2) Técnicas de campo</p> <p>La observación.</p> <p>3) Técnicas estadísticas</p> <p>Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente, sometidos al ANVA y prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significación del 5 por ciento.</p>	<p>1) Instrumentos bibliográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Fichas de registro o localización (bibliográficas y hemerográficas) b) Fichas de contenido o investigación: resumen, textual y comentario. <p>2) Instrumentos de campo</p> <p>Libreta de campo (fermentación). Cartilla de resultados (laboratorio).</p> <p>3) Programa estadístico</p> <p>Para el procesamiento de datos se utilizará el programa estadístico <u>Minitab</u> 18 (se tiene licencia de uso estudiantil).</p>

ANEXO 02
CARTILLA DE RESULTADOS (ALMENDRA Y CASCARILLA)

Id.	Producto	Tratamientos	Repetición	Clave de laboratorio	Análisis de almendra			Análisis de cascarilla	
					Cd (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)
1	Cacao grano seco	T ₀ (5 días de fermentación)	1	CACAO CAICAH 1	1.04	< 0.072	< 0.06	1.13	< 0.072
2	Cacao grano seco	T ₀ (5 días de fermentación)	2	CACAO CAICAH 2	0.83	< 0.072	< 0.06	0.97	< 0.072
3	Cacao grano seco	T ₀ (5 días de fermentación)	3	CACAO CAICAH 3	1.16	< 0.072	< 0.06	1.17	< 0.072
4	Cacao grano seco	T ₀ (5 días de fermentación)	4	CACAO CAICAH 4	0.96	< 0.072	< 0.06	0.99	< 0.072
5	Cacao grano seco	T ₁ (4 días de fermentación)	1	CACAO CAICAH 5	3.83	< 0.072	< 0.06	4.77	< 0.072
6	Cacao grano seco	T ₁ (4 días de fermentación)	2	CACAO CAICAH 6	5.91	< 0.072	< 0.06	5.53	< 0.072
7	Cacao grano seco	T ₁ (4 días de fermentación)	3	CACAO CAICAH 7	1.83	< 0.072	< 0.06	1.93	< 0.072
8	Cacao grano seco	T ₁ (4 días de fermentación)	4	CACAO CAICAH 8	3.58	< 0.072	< 0.06	4.64	< 0.072
9	Cacao grano seco	T ₂ (6 días de fermentación)	1	CACAO CAICAH 9	1.47	< 0.072	< 0.06	1.97	< 0.072
10	Cacao grano seco	T ₂ (6 días de fermentación)	2	CACAO CAICAH 10	1.51	< 0.072	< 0.06	1.38	< 0.072
11	Cacao grano seco	T ₂ (6 días de fermentación)	3	CACAO CAICAH 11	1.20	< 0.072	< 0.06	1.15	< 0.072
12	Cacao grano seco	T ₂ (6 días de fermentación)	4	CACAO CAICAH 12	1.61	< 0.072	< 0.06	1.44	< 0.072
13	Cacao grano seco	T ₃ (0 días de fermentación)	1	CACAO CAICAH 13	2.33	< 0.072	< 0.06	1.24	< 0.072
14	Cacao grano seco	T ₃ (0 días de fermentación)	2	CACAO CAICAH 14	2.37	< 0.072	< 0.06	1.40	< 0.072
15	Cacao grano seco	T ₃ (0 días de fermentación)	3	CACAO CAICAH 15	2.28	< 0.072	< 0.06	1.24	< 0.072
16	Cacao grano seco	T ₃ (0 días de fermentación)	4	CACAO CAICAH 16	2.16	< 0.072	< 0.06	1.31	< 0.072

ANEXO 03 ANÁLISIS DE LABORATORIO: TRATAMIENTO T0, REPETICIÓN 1



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE 003**



INFORME DE ENSAYO N° 1-09860/21

Pág. 1/1

Solicitante : **COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL CACAO ALTO HUALLAGA**

Domicilio legal : Jr. Victor Raul Haya de La To Nro. 246 H.U Castillo Grande.- Castillo Grande- Leoncio Prado -Huanuco

Producto declarado : **CACAO EN GRANO SECO**

Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 500 g
Muestra proporcionada por el solicitante

Identificación de la muestra : **CÓDIGO: CAICAH 1**

Forma de Presentación : En bolsa ziploc cerrada y conservada a temperatura ambiente

Fecha de recepción : 2021 - 09 - 04

Fecha de inicio del ensayo : 2021 - 09 - 14

Fecha de término del ensayo : 2021 - 09 - 17

Ensayo realizado en : Laboratorio ICP-AA

Identificado con : **H/S 21007821 (EXAI-10428-2021)**

Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayos	LCM	Unidad	Resultados
Arsénico	0,06	mg/kg	<0,06
Cadmio	0,012	mg/kg	1,04
Plomo	0,072	mg/kg	<0,072

LCM: Límite de cuantificación del método

MÉTODOS

Arsénico: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

Cadmio: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

Plomo: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 20 de septiembre de 2021
RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 83422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Los ensayos acreditados del presente informe, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC”

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

ANEXO 04 ANÁLISIS DE LABORATORIO: TRATAMIENTO T0, REPETICIÓN 2



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE 003**



INFORME DE ENSAYO N° 1-09861/21

Pág. 1/1

Solicitante : **COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL CACAO ALTO HUALLAGA**

Domicilio legal : Jr. Victor Raul Haya de La To Nro. 246 H.U Castillo Grande.- Castillo Grande- Leoncio Prado -Huanuco

Producto declarado : **CACAO EN GRANO SECO**

Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 500 g
Muestra proporcionada por el solicitante

Identificación de la muestra : **CÓDIGO: CAICAH 2**

Forma de Presentación : En bolsa ziploc cerrada y conservada a temperatura ambiente

Fecha de recepción : 2021 - 09 - 04

Fecha de inicio del ensayo : 2021 - 09 - 14

Fecha de término del ensayo : 2021 - 09 - 17

Ensayo realizado en : Laboratorio ICP-AA

Identificado con : **H/S 21007821 (EXAI-10428-2021)**

Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayos	LCM	Unidad	Resultados
Arsénico	0,06	mg/kg	<0,06
Cadmio	0,012	mg/kg	0,830
Plomo	0,072	mg/kg	<0,072

LCM: Límite de cuantificación del método

MÉTODOS

Arsénico: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

Cadmio: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

Plomo: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 20 de septiembre de 2021
RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

[Firma]

ING. SONIA GARCÍA CANALES
C. I. P. 93422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Los ensayos acreditados del presente informe, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC”

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

ANEXO 05 ANÁLISIS DE LABORATORIO: TRATAMIENTO T0, REPETICIÓN 1



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE 003**



INFORME DE ENSAYO N° 1-09880/21

Pág. 1/1

Solicitante : **CONSULTORA LOS TAYOS E.I.R.L.**

Domicilio legal : Av. Frank Potokar Mza. A Lote. 4 A.H. Villa Potokar – Rupa-Rupa – Leoncio Prado – Huanuco

Producto declarado : **CASCARILLA DE GRANO DE CACAO**

Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 500 g
Muestra proporcionada por el solicitante

Identificación de la muestra : **CÓDIGO: CAICAH 1**

Forma de Presentación : En bolsa ziploc cerrada y conservada a temperatura ambiente

Fecha de recepción : 2021 - 09 - 04

Fecha de inicio del ensayo : 2021 - 09 - 14

Fecha de término del ensayo : 2021 - 09 - 16

Ensayo realizado en : Laboratorio ICP-AA

Identificado con : **H/S 21007764 (EXAI-11368-2021)**

Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayos	LCM	Unidad	Resultados
Cadmio	0,012	mg/kg	1,13
Plomo	0,072	mg/kg	<0,072

LCM: Límite de cuantificación del método

MÉTODOS

Cadmio: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

Plomo: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 20 de septiembre de 2021
RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 93422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC”

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

ANEXO 06

ANÁLISIS DE LABORATORIO: TRATAMIENTO T0, REPETICIÓN 2



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA
CON REGISTRO N° LE 003**



INFORME DE ENSAYO N° 1-09881/21

Pág. 1/1

Solicitante : **CONSULTORA LOS TAYOS E.I.R.L.**

Domicilio legal : Av. Frank Potokar Mza. A Lote. 4 A.H. Villa Potokar – Rupa-Rupa – Leoncio Prado – Huanuco

Producto declarado : **CASCARILLA DE GRANO DE CACAO**

Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 500 g
Muestra proporcionada por el solicitante

Identificación de la muestra : **CÓDIGO: CAICAH 2**

Forma de Presentación : En bolsa ziploc cerrada y conservada a temperatura ambiente

Fecha de recepción : 2021 - 09 - 04

Fecha de inicio del ensayo : 2021 - 09 - 14

Fecha de término del ensayo : 2021 - 09 - 16

Ensayo realizado en : Laboratorio ICP-AA

Identificado con : **H/S 21007764 (EXAI-11368-2021)**

Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayos	LCM	Unidad	Resultados
Cadmio	0,012	mg/kg	0,97
Plomo	0,072	mg/kg	<0,072

LCM: Límite de cuantificación del método

MÉTODOS

Cadmio: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

Plomo: NOM-117-SSA1.1994. Bienes y Servicios. Métodos de prueba para la determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Hierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, agua potable y agua purificada por Espectrometría de Absorción Atómica

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 20 de septiembre de 2021

RF

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. SONIA GARCÍA CANALES
C.I.P. 83422
ASIST. GESTIÓN LABORATORIOS

“Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC”

“Este documento sin firma digital carece de validez”

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores – Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao
T. (511) 319 9000



info@cerper.com – www.cerper.com

ANEXO 07

ANÁLISIS DE GRANOS FERMENTADOS Y VIOLETAS O VIOLÁCEOS

COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL
CACAO ALTO HUALLAGA-CAICAH
Certificado N° 0120
Laboratorio de Control de Calidad-CAICAH
10/09/2021



CERTIFICADO DE CALIDAD

1. DATOS GENERALES

MUESTREADO : Davila Zamora, Edilberto
EMPAQUE : Bolsa Polietileno transparente con cierre.
MUESTRA : T0-1.

ANALISIS	RESULTADO	METODO
Color	Granos uniformes de color marrón claros a oscuro.	ISO 4121: 2003. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales.
Olor	Libre de olores extraños	
Tamaño	80 granos/100g	NTP-ISO 1114/2006-granos de cacao-Prueba de corte.
Granos dañados por insectos	0.0%	
Granos con hongos	0.2%	
Granos partidos	0.2%	
Granos llanos	0.6%	
Granos dobles	0.0%	
Granos Fermentados	80.0%	
Granos violáceos (max. 20%)	20.0%	
Granos pizarrosos (max. 2%)	0.0%	
Granos amarillos	0.0%	
Humedad (max. 7.5%)	7.4%	NTP-ISO 2291/2006-Granos de Cacao. Determinación del contenido de Humedad (método de rutina).
Acidez (max. 1.5%)	0.76%	AOAC Ab 5-46: 2009; 6th Ed. Free Fatty Acids.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD – CAICAH

Jr. Víctor Raúl Haya de la Torre N° 246 – CPM - Castillo Grande-Rupa Rupa-Leoncio Prado-Huánuco-Perú.
Telf. 062 561544; Email: cacaoaltohuallaga@cacaoaltohuallaga.com; control.calidad.caicah@gmail.com
web: www.cacaoaltohuallaga.com

ANEXO 08
ANÁLISIS DE GRANOS
FERMENTADOS Y VIOLETAS O VIOLÁCEOS

COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL
 CACAO ALTO HUALLAGA-CAICAH
 Certificado N° 0116
 Laboratorio de Control de Calidad-CAICAH
 10/09/2021



CERTIFICADO DE CALIDAD

1. DATOS GENERALES

MUESTREADO : Davila Zamora, Edilberto.
 EMPAQUE : Bolsa Polietileno transparente con cierre.
 MUESTRA : T1-1.

ANÁLISIS	RESULTADO	METODO
Color	Granos uniformes de color marrón claros a oscuro.	ISO 4121: 2003. Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales.
Olor	Libre de olores extraños	
Tamaño	80 granos/100g	NTP-ISO 1114/2006-granos de cacao-Prueba de corte.
Granos dañados por insectos	0.0%	
Granos con hongos	0.1%	
Granos partidos	0.2%	
Granos llanos	1.0%	
Granos dobles	0.5%	
Granos Fermentados	58.0%	
Granos violáceos (max. 20%)	42.0%	
Granos pizarrosos (max. 2%)	0.0%	
Granos amarillos	0.0%	
Humedad (max. 7.5%)	7.5%	NTP-ISO 2291/2006-Granos de Cacao. Determinación del contenido de Humedad (método de rutina).
Acidez (max. 1.5%)	0.66%	AOAC Ab 5-46: 2009; 6th Ed. Free Fatty Acids.

ANEXO 9

PORCENTAJE DE GRANOS FERMENTADOS Y VIOLETAS

Granos fermentados (%)						
Id.	Tratamientos	Repetición				Promedio
		1	2	3	4	
1	T ₀ (5 días de fermentación)	80.00	80.00	82.00	80.00	80.50
2	T ₁ (4 días de fermentación)	58.00	62.00	66.00	70.00	64.00
3	T ₂ (6 días de fermentación)	84.00	86.00	86.00	84.00	85.00
4	T ₃ (0 días de fermentación)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Granos violetas (%)						
Id.	Tratamientos	Repetición				Promedio
		1	2	3	4	
1	T ₀ (5 días de fermentación)	20.00	20.00	18.00	20.00	19.50
2	T ₁ (4 días de fermentación)	42.00	38.00	34.00	30.00	36.00
3	T ₂ (6 días de fermentación)	16.00	14.00	14.00	16.00	15.00
4	T ₃ (0 días de fermentación)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ANEXO 10

CONTENIDO DE CADMIO INICIAL DE LA PARCELA



Lima, 02 de noviembre del 2020

Estimado(a):

Navarro Sabino Ramos

Reciba un cordial saludo.

Le expresamos a través de la presente carta nuestro agradecimiento por su gentil apoyo al permitirnos establecer un piloto en su parcela, como parte de la investigación realizada por la Alianza de Bioversity International y el CIAT junto a la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga con el fin de encontrar soluciones para reducir los niveles de cadmio en los granos de cacao.

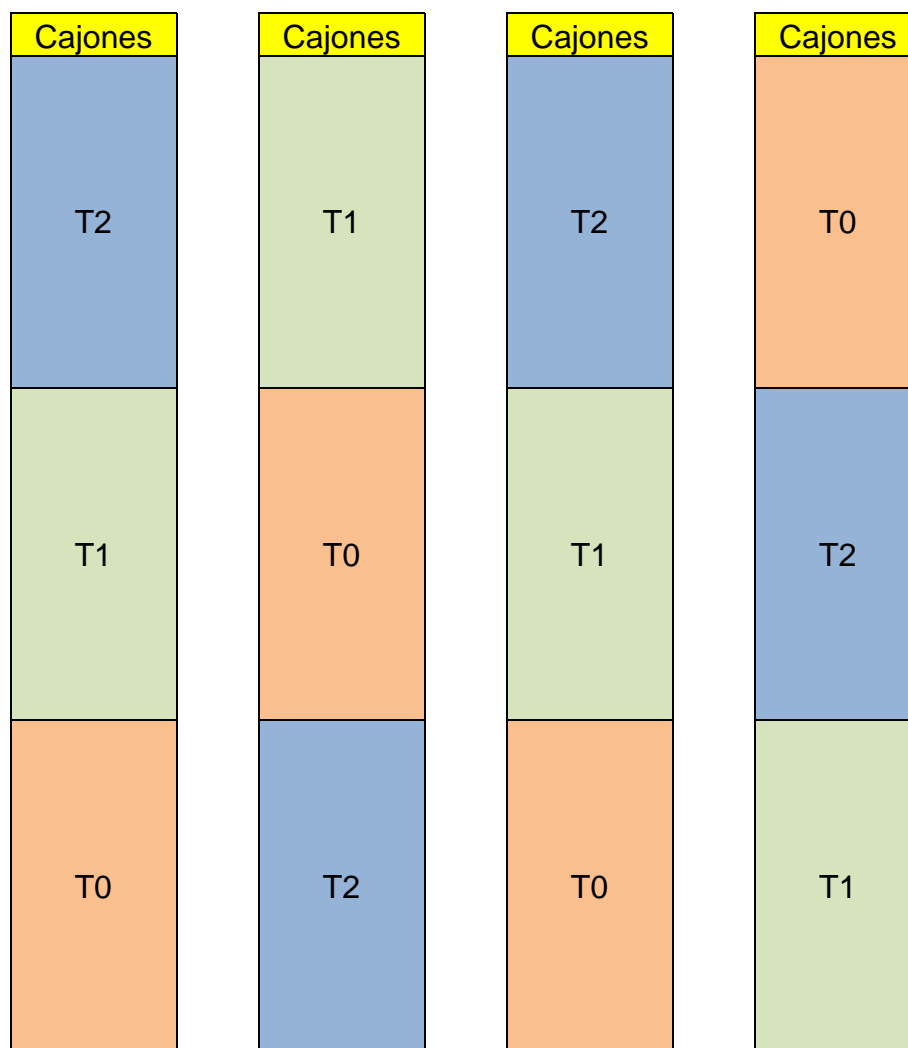
A continuación, les brindamos los resultados obtenidos del análisis de caracterización de suelo y cadmio de la muestra recolectada. Estos análisis se realizaron en el laboratorio de SGS del Perú S.A.C. y se muestran en la siguiente tabla.

Código		AH063	
Localidad		Luyando	
Fecha de muestreo		Jun-20	
Cadmio en granos	ppm	1.69	
Cadmio en suelo	ppm	0.26	
	pH	(1:1 v/v)	5.5
	C.E.	dS/m	0.12
	CaCO ₃	%	--
	M.O.	%	1.87
	P	ppm	11.1
	K	ppm	43.39
Análisis Mecánico	Arena	%	44.9
	Limo	%	45.1
	Arcilla	%	10
Clase textural		Franco	
CIC		9.67	
Cationes Cambiabiles	Ca ⁺²	meq/100g	6.95
	Mg ⁺²		1.21
	K ⁺		0.11
	Na ⁺		0.01
	Al ⁺³ + H ⁺		1.4
Saturación de bases		%	85.55

Los resultados otorgados puestos a su disposición manifiestan nuestro compromiso con usted al trabajar en conjunto y brindarle esta valiosa información a fin de que pueda conocer el estado nutricional de su campo a inicios del establecimiento del piloto.

Finalmente, comentarle que estos pilotos se están realizando en diversas zonas del Perú con el objeto de obtener amplia información para solucionar la problemática del cadmio en el cacao a favor de los productores de nuestro país.

ANEXO 11
CROQUIS DE LOS TRATAMIENTOS EN LOS CAJONES DE
MADERA PARA LA FERMENTACIÓN.



Leyenda:

T₀: tratamiento control relativo

T₁: Tratamiento 1

T₂: Tratamiento 2

ANEXO 12 PANEL FOTOGRÁFICO



Cosecha











Fermentación







Secado de muestras

NOTA BIOGRÁFICA

EDILBERTO CESAR DAVILA ZAMORA, nació el 06 de octubre de 1980 en el distrito de La Esperanza, provincia de Santa Cruz, región Cajamarca; hijo de don Grimaniel Dávila Farro y doña Amanda Zamora Guevara; padre de 2 hijas: Dámaris Dávila Ramírez y Coraly Dávila Ramírez de 10 y 7 años respectivamente. Realizó sus estudios primarios en la institución educativa O599 de Santa Lucía – Uchiza – San Martín, estudios secundarios en el Colegio Agropecuario N° 0758 de la misma localidad, el estudio universitario lo cursó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en la Facultad de Agronomía (1998 – 2002) obteniendo el grado de bachiller en Ciencias Agrarias el 2004, el 2018 se tituló como Ingeniero Agrónomo en la misma casa superior de estudios; afiliándose al Colegio de Ingenieros del Perú. El año 2018 obtiene el grado académico de Magister en Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. El año 2019 inició su doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, obteniendo el grado académico de doctor el año 2023, realizando para ello una investigación de nivel experimental sobre el efecto de la fermentación en el contenido de metales pesados del cacao. Cuenta con experiencia laboral en el sector privado desde el año 2007 laborando en diversas organizaciones agrarias como cooperativas y empresas agroindustriales de la amazonía peruana, especialista en producción vegetal y proyectos de investigación agrícola; en el sector público se inicia en el año 2020 como docente auxiliar del Área de Cultivos Agrícolas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva hasta la actualidad, además es consultor nacional y ponente en viveros congresos y simposios nacionales e internacionales y también ejerce gerencias de microempresas ligadas a la producción agrícola.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD



Huánuco – Perú

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna
Teléfono 514760 -Pág. Web. www.posgrado.unheval.edu.pe

ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado; siendo las 20:00h, del día lunes 10 DE ABRIL DE 2023; el aspirante al Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Edilberto Cesar DAVILA ZAMORA, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: "EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE METALES PESADOS DEL GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN TINGO MARÍA" ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

Dr. Amancio Ricardo ROJAS COTRINA	Presidente
Dr. Javier ROMERO CHAVEZ	Secretario
Dr. Manuel MARIN MOZOMBITE	Vocal
Dr. Fermin MONTESINOS CHAVEZ	Vocal
Dr. Melecio PARAGUA MORALES	Vocal

Asesor (a) de tesis: Dr. Santos Severino JACOBO SALINAS (Resolución N° 01730-2020-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis las observaciones siguientes:

.....

Obteniendo en consecuencia el Doctorando la Nota de..... Diecisiete (17)
 Equivalente a Muy Bueno, por lo que se declara Aprobado
 (Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente ACTA en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 22:15 horas del 10 de abril de 2023.

.....
 PRESIDENTE
 DNI N° 07025623

 VOCAL
 DNI N° 22411038

.....
 SECRETARIO
 DNI N° 22511309

 VOCAL
 DNI N° 02746441

.....
 VOCAL
 DNI N° 22500343

Leyenda:
 19 a 20: Excelente
 17 a 18: Muy Bueno
 14 a 16: Bueno

(Resolución N° 0927-2023-UNHEVAL/EPG-D)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

ESCUELA DE POSGRADO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe:

Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: **“EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE METALES PESADOS DEL GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN TINGO MARÍA”**, realizado por el Doctorando en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, **Edilberto Cesar DAVILA ZAMORA**, cuenta con un **índice de similitud del 14%**, verificable en el Reporte de Originalidad del software Turnitin. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias, además de no superar el 20,0% establecido en el Art. 233° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado Modificado de la UNHEVAL (Resolución Consejo Universitario N° 0720-2021-UNHEVAL, del 29.NOV.2021).

Cayhuayna, 20 de marzo de 2023.



Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	X
----------	--	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	---

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Grado que otorga	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	DAVILA ZAMORA EDILBERTO CESAR							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	942093800
Nro. de Documento:	42837154					Correo Electrónico:	cesardaviz@hotmail.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos según DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)								SI	X	NO
Apellidos y Nombres:	JACOBO SALINAS SANTOS SEVERINO					ORCID ID:	0000-0002-5984-1766			
Tipo de Documento:	DNI	x	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	22462099		

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres completos según DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ROJAS COTRINA AMANCIO RICARDO
Secretario:	ROMERO CHAVEZ JAVIER
Vocal:	MARIN MOZOMBITE MANUEL
Vocal:	MONTESINOS CHAVEZ FERMIN ROLANDO
Vocal:	PARAGUA MORALES MELECIO
Accesitario	


5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
EFFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN EL CONTENIDO DE METALES PESADOS DEL GRANO DE CACAO (<i>THEOBROMA CACAO</i>) EN TINGO MARÍA
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)				2023	
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	X	Tesis Formato Artículo		Tesis Formato Patente de Invención
	Trabajo de Investigación		Trabajo de Suficiencia Profesional		Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos
	Trabajo Académico		Otros (especifique modalidad)		
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	CADMIO		METALES PESADOS		FERMENTACIÓN

Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	X	Condición Cerrada (*)	
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:	

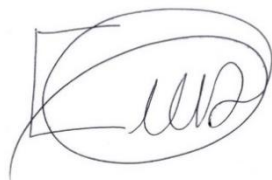

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI		NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:				

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	DAVILA ZAMORA EDILBERTO CESAR	Huella Digital
DNI:	42837154	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 02/05/2023		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.