



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES**

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

**Determinación de minerales (potasio, magnesio y
níquel) en el grano y subproductos de cacao
(Theobroma cacao L.)**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

INGENIERO QUIMICO

Autor: Espinoza Carrión, Angel Santiago

Directora: Solano Cueva, Natali Elizabeth

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, 19 de marzo de 2024

Magister

Natali Elizabeth Solano Cueva

Directora de la carrera de Ingeniería Química

Loja

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director del presente Trabajo de Integración Curricular denominado: Determinación de minerales (potasio, magnesio y níquel) en el grano y subproductos de cacao (*Theobroma cacao* L.) realizado por Angel Santiago Espinoza Carrión ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Natali Elizabeth Solano Cueva, Mgtr.

C.I.: 1104083884

Correo electrónico: nesolano@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Angel Santiago Espinoza Carrión, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor (a) del Trabajo de Integración Curricular denominado: Determinación de minerales (potasio, magnesio y níquel) en el grano y subproductos de cacao (*Theobroma cacao L.*) , de la carrera de Ingeniería Química, específicamente de los contenidos comprendidos en: marco teórico, diseño metodológico y análisis e interpretación de resultados, siendo Nathali Elizabeth Solano Cueva, directora del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para

su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: Angel Santiago Espinoza Carrión

C.I.: 1150620043

Correo electrónico: asespinoza9@utpl.edu.ec

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a todos aquellos que confiaron en mi desde un inicio y que lograrán verme convertido en una mejor versión de mí.

Agradecimiento

Agradezco a mis familiares que me apoyaron, mis amigos que contribuyeron a la finalización de esta carrera. Finalmente, agradezco a la Mg. Natalí Solano por darme la oportunidad de trabajar con ella y ayudarme a realizar este presente trabajo.

Índice de contenidos

Carátula.....	I
Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular.....	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenidos.....	VII
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo uno.....	5
Marco teórico	5
1.1 Cacao	5
1.2 Minerales	6
1.3 Absorción atómica	7
Capítulo dos.....	9
Diseño metodológico	9
2.1 Esquema de la metodología.....	9
2.2 Obtención de la muestra	10
2.3 Pretratamiento de las muestras	11
2.4 Obtención de cenizas	13
2.5 Lectura de muestras	14
2.6 Análisis estadístico.....	16

Capítulo tres.....	17
Análisis e interpretación de resultados.....	17
3.1 Cuantificación de cenizas	17
3.2 Cuantificación de potasio.....	19
3.3 Cuantificación de magnesio.....	22
3.4 Determinación de níquel.....	25
Conclusiones	29
Recomendaciones.....	30
Referencias	31
Apéndice.....	34
Apéndice A: Cálculo del porcentaje de cenizas	34
Apéndice B: Datos de los pesos de la ceniza y la muestra}	34
Apéndice C: Curvas de calibración.....	36
Apéndice D: Análisis estadístico.....	38

Índice de tablas

Tabla 1 Coordenadas de las muestras obtenidas	11
Tabla 2 Estándares utilizados para la lectura de muestras.....	15
Tabla 3 Porcentaje de cenizas de cascara de cacao.....	17
Tabla 4 Porcentaje de cenizas de Pedúnculo de cacao.....	18
Tabla 5 Porcentaje de cenizas de grano de cacao	18
Tabla 6 Porcentaje de cenizas de cascarilla de cacao.....	19
Tabla 7 Concentración de potasio en cascara de cacao	20
Tabla 8 Concentración de potasio en Pedúnculo de cacao.....	20

Tabla 9 Concentración de potasio en granos de cacao	21
Tabla 10 Concentración de potasio en cascarilla de cacao	22
Tabla 11 Concentración de magnesio en cascara de cacao	23
Tabla 12 Concentración de magnesio en pedúnculo de cacao	23
Tabla 13 Concentración de magnesio en granos de cacao	24
Tabla 14 Concentración de magnesio en cascarilla de cacao	25
Tabla 15 Concentración de níquel en cascara de cacao	26
Tabla 16 Concentración de níquel en pedúnculo de cacao	26
Tabla 17 Concentración de níquel en granos de cacao	27
Tabla 18 Concentración de níquel en cascarilla de cacao	27

Índice de figuras

Figura 1 Equipo de absorción atómica	8
Figura 2 Esquema de la metodología	10
Figura 3 Ubicación del cantón el Pangui	11
Figura 4 Proceso de secado del cacao	12
Figura 5 Secador usado para el tratamiento de muestras	13
Figura 6 Mufla usada en la obtención de cenizas	14
Figura 7 Absorción atómica por llama	16
Figura B1 Datos de la ceniza en la cáscara	35
Figura B2 Datos de ceniza en el pedúnculo	35
Figura B3 Datos de ceniza en el grano	36
Figura B4 Datos de ceniza en la cascarilla	36
Figura C1 Curva de calibración de K	37

Figura C2 Curva de calibración de Mg.....	37
Figura C3 Curva de calibración Ni.....	37
Figura D1 ANOVA para K.....	39
Figura D2 Prueba Tukey para K.....	39
Figura D3 ANOVA para Mg	40
Figura D4 Prueba Tukey para Mg	40
Figura D5 ANOVA para Ni.....	40
Figura D6 Prueba Tukey para Ni	41

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) siendo uno de los principales productos de exportación de Ecuador y una gran fuente de ingresos es de gran interés, por lo tanto, en el presente trabajo de integración curricular se decidió estudiar su composición mineralógica (níquel, potasio y magnesio) en el grano y subproductos del mismo, siendo que como muestra se tomó cacao proveniente del cantón El Pangui en la provincia de Zamora Chinchipe. Este estudio tiene gran importancia puesto que se desea determinar si el cacao puede llegar a ser una fuente sustentable de diferentes minerales para el consumo diario, y a su vez si existiese una cantidad perjudicial de níquel en el mismo. Los resultados obtenidos muestran que se puede considerar como una fuente viable de potasio teniendo en el grano la concentración más alta de $5570,040 \pm 247,084$ mg/100g, sin embargo, no de magnesio y en el caso de níquel, no presenta cantidades las cuales puedan llegar a poner en peligro la salud.

Palabras clave: Cacao, minerales, absorción Atómica

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) being one of the main export products of Ecuador and a great source of income is of great interest, therefore, in this work of curricular integration it was decided to study its mineralogical composition (nickel, potassium and magnesium) in the grain and by-products of the same, being that as a sample cocoa was taken from the canton El Pangui in the province of Zamora Chinchipe. This study is of great importance because we want to determine if cocoa can become a sustainable source of different minerals for daily consumption, and also if there is a harmful amount of nickel in it. The results obtained show that it can be considered as a viable source of potassium, having the highest concentration of 5570.040 ± 247.084 mg/100g in the bean, but not of magnesium, and in the case of nickel, it does not present quantities that could endanger health.

Keywords: Cocoa, Minerals, atomic absorption

Introducción

En la actualidad la fruta del cacao es una de las más utilizadas para la producción de chocolate proveniente de la semilla. No obstante, los subproductos del cacao (cáscara, cascarilla y pedúnculo), no son tomados en cuenta la mayoría de las veces y simplemente se desechan.

En este trabajo de titulación se planteará un estudio del contenido de minerales del cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus subproductos (cascarilla, cáscara y pedúnculo), el cual se describirá a continuación.

Mediante este análisis se logró conocer las concentraciones de potasio, magnesio y níquel presentes en la semilla de cacao y sus subproductos (cáscara, cascarilla y pedúnculo), a su vez se realizó una tabla la cual contiene la cantidad porcentual de otros minerales analizados en la misma muestra.

Para este estudio se recolectaron semillas de la misma especie de diferentes coordenadas (5 fincas) con características similares entre ellas, todas son provenientes de El Pangui, ubicado en la provincia de Zamora Chinchipe, las cuales fueron transportadas hasta los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja hasta alcanzar su punto de maduración para su posterior tratamiento. Se extrajeron las semillas, pedúnculo, cáscara y cascarilla como objetivos de análisis, estas pasaron por un proceso de secado a 40°C por 4 días, posteriormente una molienda, luego pasaron a ser calcinados en una mufla a 600°C por 3 horas y estas cenizas se disolvieron con ácido clorhídrico relación 1:3 y aforadas a 100mL. A estas muestras se les aplicó un factor de dilución en caso de ser necesario, y fueron analizadas en el equipo de absorción atómica por llama.

En el capítulo uno, se encuentra toda la información obtenida mediante fuentes bibliográficas que se necesitaron para la realización de este trabajo de titulación. En el capítulo 2 se encuentra la metodología aplicada, detallando paso a paso lo que se realizó para obtener los resultados. En el capítulo 3 se encuentran los resultados de la

investigación, los cuales fueron analizados estadísticamente para posteriormente ser discutidos.

Con este estudio los productores de cacao de las fincas cacaoteras de las cuales fueron extraídos las especies podrán conocer la cantidad de minerales presentes en su producto, y al conocer los minerales presentes en el cacao y sus subproductos, se podría implementar un nuevo uso para los mismos, a su vez al conocer el contenido de metales pesados presentes se puede implementar un sistema de filtrado en el agua con la que se riegan los cultivos o realizar el tratamiento pertinente en la tierra

Capítulo uno

Marco teórico

1.1 Cacao

La palabra cacao procede de la azteca "cacahuatl". Según la leyenda, el cacao era el árbol más bello del paraíso de los aztecas, que le atribuían múltiples virtudes, calmar el hambre y la sed, proporcionar la sabiduría universal y curar las enfermedades. (Trujillo, 2010)

Se sabe que los primeros árboles del cacao crecían de forma natural a la sombra de las selvas tropicales en las cuencas del Amazonas y del Orinoco, hace ya unos 4000 años. Los mayas empezaron a cultivarlo hace más de 2500 años. (Trujillo, 2010)

El cacao simbolizaba para los mayas vigor físico y longevidad, lo usaban como medicina siendo recetado por sus médicos como relajante, como estimulante y como reconstituyente. La manteca del cacao se usaba como pomada para curar heridas. Fueron los mayas los que crearon un brebaje amargo llamado "chocolha" hecho de semillas de cacao, que solo podían consumir nobles y reyes. Se describía diversas formas de elaborarlo y perfumarlo, más líquido o espeso, con más o menos espuma, con miel, maíz o chile picante. (Trujillo, 2010)

El fruto del cacao, *Theobroma cacao* L., denominado comúnmente mazorca, consiste en una cáscara relativamente gruesa que encierra un número muy diverso de semillas, entre 20 y 50, dispuestas normalmente en cinco hileras y sumergidas en una pulpa mucilaginosa de color blanco y sabor azucarado (Braudeau, 1970).

El tamaño de la mazorca depende del largo, que oscila de 10 a 30 cm y del ancho que puede ser de 7 a 9 cm. El CF es también muy diverso, presentando los frutos inmaduros color verde, rojo violeta o parcialmente pigmentados de rojo violeta y al madurar el color verde pasa a amarillo y el rojo violeta a anaranjado, persistiendo la pigmentación en algunos casos (Braudeau, 1970).

1.2 Minerales

El cacao puede contener varios metales, dependiendo de factores como la variedad de cacao, el lugar donde se cultiva y las prácticas agrícolas utilizadas. Algunos de los metales que se han detectado en el cacao incluyen plomo, cadmio, mercurio, cobre, hierro, zinc y manganeso, los metales más comunes encontrados en granos de cacao recolectados en diferentes países de América Latina fueron plomo, cadmio y mercurio. Los niveles de estos metales fueron relativamente bajos, con un contenido medio de plomo de 0,06 mg/kg, un contenido medio de cadmio de 0,3 mg/kg y un contenido medio de mercurio de 0,01 mg/kg. (Jasso-Pineda et al., 2021)

Según un estudio realizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), una porción de 100 gramos de cacao en polvo sin azúcar contiene aproximadamente 1.500 mg de potasio. El mismo estudio señala que el cacao es una buena fuente de potasio, ya que proporciona alrededor del 30% del valor diario recomendado de potasio para un adulto promedio. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el procesamiento del cacao puede reducir su contenido de potasio y otros nutrientes beneficiosos (USDA, 2021)

De igual manera según el mismo estudio una porción de 100 gramos de cacao en polvo sin azúcar contiene aproximadamente 499 mg de magnesio. El mismo estudio señala que el cacao es una buena fuente de magnesio, ya que proporciona alrededor del 125% del valor diario recomendado para un adulto promedio (USDA, 2021)

Por otro lado, el contenido de níquel en el cacao puede variar dependiendo de factores como la variedad de cacao y el lugar donde se cultiva. Sin embargo, la cantidad de níquel en el cacao no suele ser un tema de preocupación en la alimentación.

Según un estudio publicado en el Journal of Food Composition and Analysis, el contenido de níquel en los granos de cacao oscila entre 0,5 y 3,3 microgramos por gramo de peso seco, lo que se considera bajo en comparación con otros alimentos. (Gutiérrez et al., 2008)

1.3 Absorción atómica

El método a utilizar para el análisis de los minerales y metales pesados en el grano de cacao y sus subproductos (cáscara, pedúnculo y cascarilla) es por medio de un equipo de absorción atómica, que es un instrumento de laboratorio utilizado para medir la concentración de elementos metálicos en una muestra líquida. El equipo funciona mediante la vaporización de la muestra y la medición de la cantidad de luz absorbida por los átomos en el estado gaseoso. Este equipo cuenta con una fuente catiónica hueca, un lente, una llama, rendija de entrada, monocromador, rendija de salida, selector de longitud de onda, detector, amplificador y una pantalla digital. (Tito, 2021)

Según un artículo publicado en *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, el funcionamiento básico de un equipo de absorción atómica incluye los siguientes pasos:

1. Vaporización: la muestra líquida se introduce en un horno de grafito o en una llama para vaporizar los elementos metálicos presentes en la muestra.
2. Absorción: se emite una fuente de luz de alta energía, como una lámpara de cátodo hueco, que se enfoca en la zona de vaporización de la muestra. Los átomos de los elementos metálicos presentes absorben la energía de la luz y pasan a un estado de excitación.
3. Detección: se mide la cantidad de luz absorbida por los átomos en el estado de excitación mediante un detector de fotones, como un fotomultiplicador.
4. Cuantificación: se compara la cantidad de luz absorbida por los átomos presentes en la muestra con la cantidad absorbida por una muestra estándar con una concentración conocida de los elementos metálicos de interés. De esta forma, se puede determinar la concentración de los elementos metálicos presentes en la muestra.

Figura 1

Equipo de absorción atómica



Capítulo dos

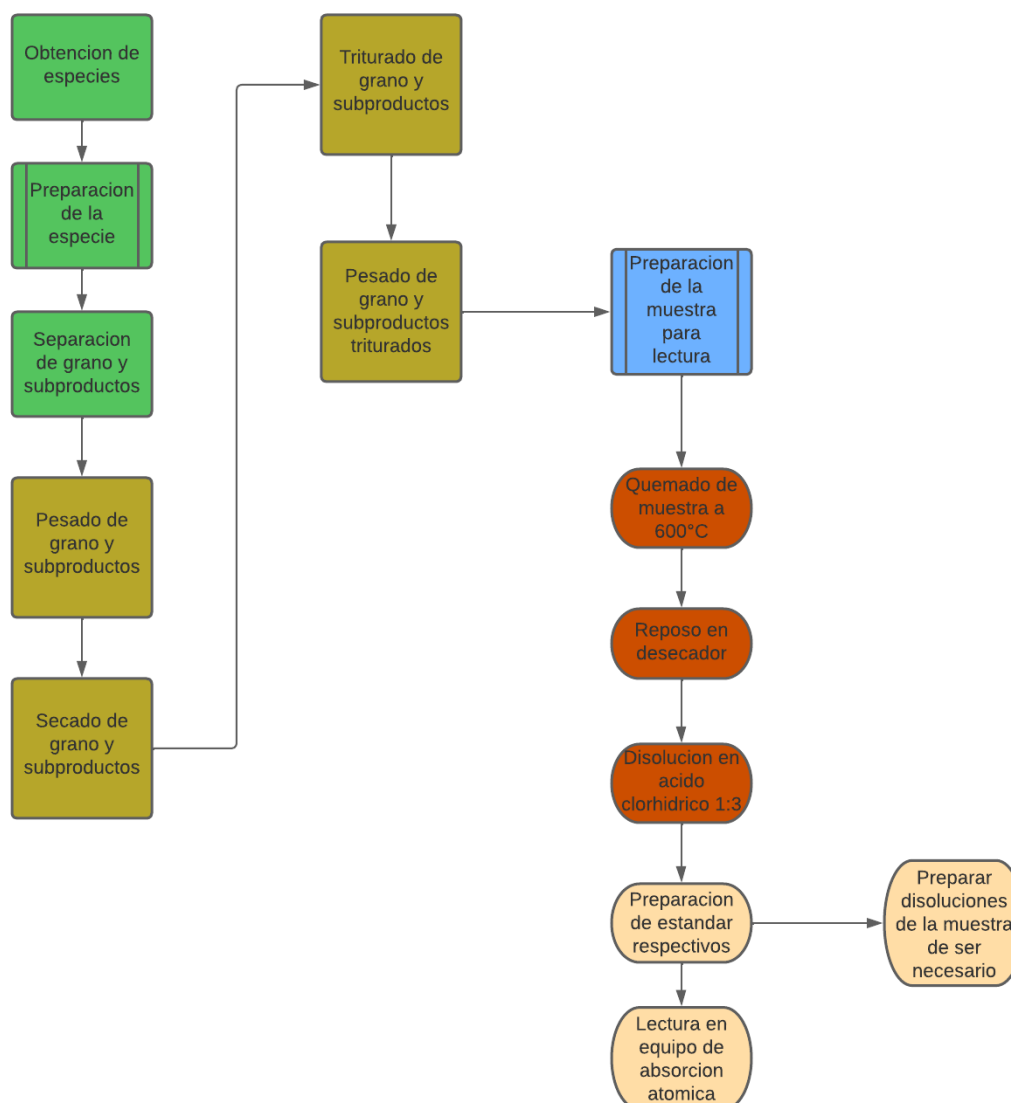
Diseño metodológico

2.1 Esquema de la metodología

En la Figura 1, se presenta un esquema en el que se detalla de forma breve la metodología utilizada durante este trabajo de integración curricular, el cual busca determinar la concentración de minerales y metales pesados en el cacao y sus subproductos.

Figura 2

Esquema de la metodología



Nota. Esquema explicativo de metodología

2.2 Obtención de la muestra

Las muestras de cacao fueron obtenidas del sector El Pangui (figura 3), un cantón de la provincia de Zamora Chinchipe, con una superficie de 632,1km², en el cual se visitaron 5 diferentes fincas y se tomaron muestras significativas de cada una. (*El Pangui - Nuestro Cantón, 2021*)

Se tomaron las coordenadas de los lugares en donde se obtuvo las muestras, los cuales se encuentran descritos en la siguiente tabla 1.

Tabla 1

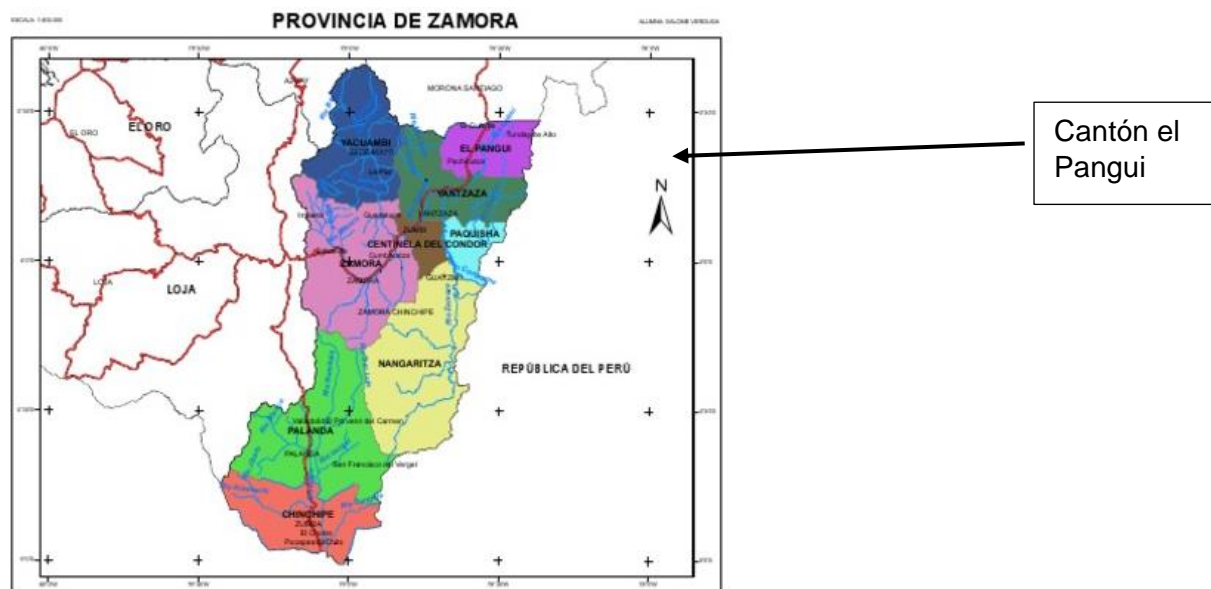
Coordenadas de las muestras obtenidas

Muestra	Sector	Latitud	Longitud
Muestra 1	San Antonio	9600300	765551
Muestra 2	Los Bayanes – El Guismi	9608008	775211
Muestra 3	La Argelia	9608059	761182
Muestra 4	San Carlos Numpev	9607510	774028
Muestra 5	Los Bayanes – El Guismi	9607680	774030

Nota. Coordenadas de cada muestra representativa

Figura 3

Ubicación del cantón el Pangui



Nota. Adaptado de [https://es.scribd.com/doc/217841285/Mapa-](https://es.scribd.com/doc/217841285/Mapa-Politico-Zamora)

Politico-Zamora

2.3 Pretratamiento de las muestras

Una vez recolectadas las muestras (bayas) se esperó a que alcancen una madurez correcta para su análisis, en el transcurso de 2 semanas estaban maduras y listas para continuar con el proceso, empezando por la separación de la cáscara del grano y este de su respectivo pedúnculo, los cuales una vez separados se pesaron, y

se trataron de manera diferente el pedúnculo y cáscara con respecto a los granos. Los granos fueron fermentados en un frasco boeco a 40°C por 4 días, luego de esta fermentación fueron colocados en un secador marca Lassele DY-110H 40°C por 24 horas, mientras que la cáscara y pedúnculo se llevaron directamente a una estufa marca Memmert UN55 (Figura 5) donde permanecieron a 40°C por 48 horas (figuras 4 y 5). Una vez secas las muestras se molieron en un molino hasta obtener un polvo lo suficientemente fino para proceder al siguiente paso.

Figura 4

Proceso de secado del cacao



*Nota. Cáscaras de cacao
secándose*

Figura 5

Secador usado para el tratamiento de muestras



Nota. Foto obtenida en Universidad

Técnica Particular de Loja

2.4 Obtención de cenizas

Con las muestras ya pulverizadas se colocó 1g en cada crisol, el cual fue llevado a un reverbero para la eliminación de la materia orgánica presente en la muestra, luego se llevaron a una mufla Thermolyne modelo 48000 por 4 horas a 600°C para la obtención de las cenizas (figura 6).

Figura 6

Mufla usada en la obtención

de cenizas



Nota. Foto obtenida de

Universidad Técnica

Particular de Loja

Las cenizas de cada muestra se disolvieron en 10mL de una solución de ácido clorhídrico relación 1:3 y se aforaron a 100mL, el crisol fue lavado repetidas veces con agua destilada hasta que no quedaron ningún rastro de la ceniza en el crisol. Para el cálculo de porcentaje de cenizas se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P - p}{M}$$

Donde: P = masa del crisol con las cenizas (g)

p = masa del crisol vacío (g)

M = masa de la muestra (g)

2.5 Lectura de muestras

Con las muestras ya tratadas se procedió a su lectura, para la cual se necesitó un estándar y una lámpara diferente para cada elemento. Los estándares se prepararon

en base a una solución madre, los cuales se aforaron con una solución de ácido nítrico al 5%.

Para cada elemento analizado se utilizó diferentes estándares, los cuales están descritos en la tabla 2.

Tabla 2

Estándares utilizados para la lectura de muestras

Elemento	Estándar (ppm)				
Magnesio	0,01	0,05	0,08	0,1	0,25
Níquel	0,1	0,5	0,8	1,2	1,5
Potasio	0,05	0,1	0,5	0,8	1

Nota. Estándares utilizados para la realización de curva

Dado que cada elemento tiene un espectro de absorción diferente, se necesitó una lámpara específica para cada elemento.

Para ciertas muestras debido a su alta concentración del mineral analizado, se realizó factores de dilución a las muestras, para que éstas se encuentren dentro del rango de los estándares realizados.

Finalmente, la lectura de las muestras de cacao (grano, cáscara, pedúnculo y cascarilla) se realizaron empleando el equipo analítico Espectrofotómetro de Absorción Atómica de llama marca PerkinElmer HGA900 Grafite Furnace(Figura 7), el cual consiste en succionar la muestra por medio de un capilar, el líquido absorbido es atomizado para luego ser quemado en la llama, para este análisis se utilizó acetileno como gas de alimentación de la llama y aire como gas oxidante (figura 7).

Figura 7

Absorción atómica por llama



Nota. Foto obtenida de Universidad Técnica

Particular de Loja

2.6 Análisis estadístico

Una vez que se aplicaron todas las metodologías descritas con anterioridad para la determinación de minerales presentes en el cacao y sus subproductos, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA), en donde se tomara como variable independiente la procedencia de cada muestra de cacao y como variable dependiente la concentración de metales presentes en el grano y sus subproductos, junto con una prueba de rango múltiple (Tukey) para determinar si existen diferencias estadísticas significativas con un alto intervalo de confianza (95%).

Capítulo tres

Análisis e interpretación de resultados

3.1 Cuantificación de cenizas

Para la cuantificación del porcentaje de ceniza presente en las muestras de cacao, se obtuvo que para cenizas en cáscara cuyos valores están presentados en la tabla 3 se tiene un porcentaje máximo de 9,64% y un mínimo de 6,71%, el cual tiene cierta similitud con la bibliografía (Agus et al., 2018) que presenta un porcentaje de 11,67% para cáscara de cacao, esta diferencia entre porcentajes de ceniza puede deberse a que el proceso de obtención es distinto al realizado en esta investigación

Tabla 3

*Porcentaje de cenizas de
cáscara de cacao*

Cenizas cáscara	
M1	9,02% ±0.16
M2	7,61%±0.14
M3	8,07%±0.52
M4	9,64%±0.17
M5	6,71%±0.26

*Nota. Porcentaje de cenizas
de muestras de cáscara*

Al tratar con ceniza de pedúnculo presentada en la tabla 4, se obtuvo un valor máximo de 6,49% y un mínimo de 2.11%. Al no contar con datos bibliográficos sobre este subproducto no se pudo realizar una comparación. La variación tan alta entre estos porcentajes de ceniza puede deberse a la cantidad de minerales presentes en el pedúnculo.

Tabla 4*Porcentaje de cenizas de**Pedúnculo de cacao*

Cenizas Pedúnculo	
M1	4,68%±0.15
M2	3,22%±0.22
M3	4.25%±0.42
M4	6,49%±0.14
M5	2,11%±0.026

*Nota. Porcentaje de cenizas**de muestras de pedúnculo*

Las cenizas de los granos de cacao tienen un valor máximo de 3,85% y un valor mínimo de 2,93%. Al hacer una comparación con un estudio de cenizas de cacao de Malasia (Agus et al., 2018) las cuales tienen un porcentaje entre 3,95%-3,25% los cuales indican que están dentro de los rangos presentados en esta investigación. Todos estos granos presentan una cantidad de ceniza similar dado que son de un mismo lugar y especie.

Tabla 5*Porcentaje de cenizas de**grano de cacao*

Cenizas Grano	
M1	3,34%±0.31
M2	3,49%±0.12
M3	3,95%±0.42
M4	3,75%±0.24
M5	2,93%±0.21

*Nota. Porcentaje de cenizas**de muestras de grano*

Los resultados de porcentaje de cenizas de la cascarilla de cacao la cual recubre los granos presentan como valor máximo 5,20% y un valor mínimo 1,82%. Al no tener

estudios previos sobre el porcentaje de cenizas presentes en este subproducto, no podemos realizar una comparación, sin embargo, la diferencia entre estos porcentajes se puede relacionar con la cantidad de minerales presentes en la planta al momento de ser cosechada.

Tabla 6

*Porcentaje de cenizas de
cascarilla de cacao*

Cenizas cascarilla	
M1	3,43%±0.17
M2	1,82%±1.61
M3	5,20%±2.41
M4	2,90%±0.27
M5	3,43%±0.47

*Nota. Porcentaje de cenizas
de muestras de cascarilla*

3.2 Cuantificación de potasio

En la tabla 7 encontramos la concentración de potasio presente en la cáscara de cacao, la cual presenta un valor máximo de $4973,572 \pm 707,758$ mg/100g y un mínimo de $1423,420 \pm 174,982$ mg/100g. Al comparar los datos obtenidos con un estudio realizado en Perú (Murillo-Baca et al., 2020) en el cual se analizó el contenido mineralógico de la cáscara de cacao, teniendo valores máximos de $3700 \pm 0,06$ mg/100g y valores mínimos de $3000 \pm 0,05$ mg/100g, los cuales no se alejan tanto de los valores obtenidos en este estudio. Esto puede deberse a que la especie tratada en el estudio es la misma que en esta investigación, por lo tanto, podría absorber una cantidad similar de potasio.

Tabla 7*Concentración de potasio en cascara de cacao*

Concentración de potasio en cáscara mg/100g			
M1	4973,572	±	707,758 ^a
M2	3669,495	±	194,703 ^a
M3	2579,592	±	100,280 ^b
M4	3231,751	±	134,359 ^{ab}
M5	1423,420	±	174,982 ^b

Nota. Cantidad obtenida de potasio en cáscara

En la tabla 8 encontramos la cantidad de potasio presente en el pedúnculo, el cual tiene un valor máximo de $2862,068 \pm 334,246$ mg/100g y un valor mínimo de $802,557 \pm 80,952$ mg/100g, al ser un estudio nuevo este no cuenta con bibliografía con la cual se pueda comparar, sin embargo, se puede notar que los valores de potasio en el pedúnculo son similares a los encontrados en la cascarrilla, esto puede deberse a que al ser subproductos del cacao los cuales no suelen tener gran importancia para la planta y más bien actúan como un recubrimiento, un soporte para el grano de cacao no necesitan tantos nutrientes.

Tabla 8*Concentración de potasio en Pedúnculo de cacao*

Concentración de potasio en Pedúnculo mg/100g			
M1	1539,244	±	48,151 ^b
M2	802,557	±	80,952 ^b
M3	2117,602	±	252,594 ^{ab}
M4	2686,667	±	103,742 ^a
M5	2862,068	±	334,246 ^a

Nota. Cantidad obtenida de potasio en Pedúnculo

Por consiguiente, en la tabla 9 se presentan las concentraciones de potasio en granos de cacao, ya que es el producto más consumido de la baya, a este se le prestó especial atención, dado al que tener una alta concentración de potasio podría ser beneficioso para aquellos que consuman el mismo, teniendo una concentración máxima

de $5570,040 \pm 247,084$ mg/100g y una mínima de $1064,498 \pm 10,208$ mg/100g. Al comparar estos valores con un estudio en Nigeria (Ilesanmi Adeyeye, 2016), el cual tenía una concentración aproximada de 99 mg/100g el cual presenta un valor muy bajo en comparación con los resultados de esta investigación. En otro estudio, de los diferentes cacaos de Ecuador y Perú (Grassia et al., 2019) presentan valores de potasio superiores, siendo que su valor máximo es de 516,0 mg/100g y el valor mínimo de 415,1 mg/100g, si bien estos valores aún están muy por debajo de los valores obtenidos en este estudio, esto puede deberse principalmente a la composición del suelo en el cual fueron cultivadas las bayas de cacao, ya que fueron muestras recolectadas en zonas cercanas a lugares con actividad minera.

Tabla 9

Concentración de potasio en granos de cacao

Concentración de potasio en Granos mg/100g			
M1	1539,244	±	48,151 ^b
M2	3440,556	±	516,014 ^{ab}
M3	1804,814	±	107,874 ^b
M4	5570,040	±	247,084 ^a
M5	1064,498	±	10,208 ^b

Nota. Cantidad obtenida de potasio en granos

Al tratarse del recubrimiento del grano de cacao o también llamado cascarilla, cuyos valores de potasio se presentan en la tabla 10 indican valores entre $2745,416 \pm 274,862$ mg/100g y $341,561 \pm 47,960$ mg/100g, los cuales al ser comparados con los datos obtenidos de un estudio sobre los minerales y grasas presentes en este subproducto (Rojo-Poveda et al., 2020), en el cual nos presenta un rango de valores siendo estos 1250 mg/100g como mínimo y 1820 mg/100g como máximo estos valores tienen cierta similitud con los obtenidos, sin embargo la cantidad máximo de potasio es mayor en la cascarilla analizada, esto puede deberse a que al estar cerca de zonas mineras tiene más oportunidad de obtener este nutriente a través del agua o el suelo.

Tabla 10*Concentración de potasio en cascarilla de cacao*

Concentración de potasio en cascarilla mg/100g			
M1	341,561	±	47,960 ^b
M2	1917,886	±	96,332 ^{ab}
M3	2745,416	±	274,862 ^a
M4	113,847	±	15,047 ^b
M5	776,161	±	60,865 ^b

Nota. Cantidad obtenida de potasio en cascarilla

Al tener altas concentraciones de potasio, el cacao puede ser considerado como una fuente de este, dado que para mantener una presión arterial sana se recomienda el consumo de potasio en proporción 1:1 al sodio, sin embargo, el sodio está mucho más introducido en nuestra dieta a diferencia del potasio, en un estudio realizado en Chile (Carlos Zehnder, 2010) demuestra que aquellas personas que consumen más sodio que potasio presentan aumento en su presión arterial, siendo que la cantidad recomendada de sodio por persona ronda los 4,6g, lo cual está muy alejado de la cantidad consumida por una persona en su día a día, por lo tanto, el cacao podría considerarse como una fuente de potasio para su consumo y prevención de enfermedades cardíacas.

Por último, se realizó un análisis estadístico ANOVA en el cual se puede notar que existe una diferencia significativa entre las partes del cacao, dado que el p valor es de 0,013, siendo menor a 0,05. Por lo tanto, al realizar la prueba Tukey se obtuvo que existen diferencias significativas entre la cáscara y la cascarilla, y los granos y la cascarilla.

3.3 Cuantificación de magnesio

A continuación, se presentan los resultados del análisis de magnesio presente en el cacao y subproductos, teniendo en la tabla 11 los valores obtenidos al analizar la cantidad de magnesio en la cáscara de cacao, teniendo como valor máximo $217,928 \pm 17,741$ mg/100g y como valor mínimo $141,006 \pm 8,927$ mg/100g en este estudio. Al hacer una comparación con la cáscara de cacao de Perú (Murillo-Baca et al., 2020) en

la cual menciona como valor máximo 46 ± 4 mg/100g y como valor mínimo 42 ± 2 mg/100g, los cuales tienen valores menores a los de la presente investigación, esto puede deberse a las condiciones del suelo de cultivo, ya que el cacao analizado en esta investigación proviene de una zona rodeada de diferentes minas, las cuales pueden afectar al contenido mineralógico del cacao.

Tabla 11

Concentración de magnesio en cascara de cacao

Concentración de magnesio en cáscara mg/100g			
M1	141,006	±	8,927 ^b
M2	153,754	±	5,415 ^b
M3	217,928	±	17,741 ^a
M4	160,283	±	6,771 ^{ab}
M5	198,373	±	17,344 ^a

Nota. Cantidad obtenida de magnesio en cáscara

En la tabla 12 se presentan los resultados del análisis de magnesio presente en el pedúnculo del cacao, el cual tiene como intervalo superior $147,164 \pm 12,789$ mg/100g y como intervalo inferior $50,869 \pm 2,343$ mg/100g. Al no contar con investigaciones previas con respecto a este subproducto no se puede realizar una comparación, sin embargo, podemos argumentar que la diferencia de cantidad de magnesio entre muestras se puede deber a los diferentes tratamientos que se realizó sobre el cacao a lo largo de su crecimiento, ya sea el uso de diferentes fertilizantes o el agua de riego.

Tabla 12

Concentración de magnesio en pedúnculo de cacao

Concentración de magnesio en Pedúnculo mg/100g			
M1	50,869	±	2,343 ^b
M2	147,164	±	12,789 ^a
M3	72,851	±	6,609 ^{ab}
M4	61,116	±	6,761 ^b
M5	60,683	±	18,047 ^b

Nota. Cantidad obtenida de magnesio en pedúnculo

A continuación, se muestran en la tabla 13 la concentración de magnesio cuantificado en los granos de cacao teniendo, un valor máximo de $164,915 \pm 5,539$ mg/100g y un mínimo de $50,869 \pm 2,343$ mg/100g. Estos datos fueron comparados con un estudio realizado en cacaos de Perú y Ecuador (Grassia et al., 2019) los cuales tenían un valor máximo de magnesio de 259.08 ± 0.83 mg/100g y un valor mínimo de 193.53 ± 0.91 mg/100g, estos valores exceden en los resultados obtenidos en la presente investigación, y esto puede deberse a diferencia de las variedades de cacao analizadas, como puede ser la Ghana que es un híbrido a diferencia de la variedad Criolla. Otro estudio realizado en Nigeria (Ilesanmi Adeyeye, 2016) presenta un valor de 83.4 mg/100g de Mg, lo cual demuestra que la cantidad de magnesio presente en el cacao puede ser afectada principalmente por el lugar en el cual fue cultivado.

Tabla 13

Concentración de magnesio en granos de cacao

Concentración de magnesio en Granos mg/100g			
M1	50,869	±	2,343 ^b
M2	135,789	±	13,231 ^{ab}
M3	127,035	±	8,348 ^{ab}
M4	147,319	±	15,849 ^a
M5	164,915	±	5,539 ^a

Nota. Cantidad obtenida de magnesio en grano

Ahora se hablará de la cantidad de magnesio cuantificada en la cascarilla del cacao, la cual se muestra en la tabla 14 teniendo valores máximos de $224,107 \pm 25,289$ mg/100g y un valor mínimo de $87,777 \pm 7,002$ mg/100g, este es comparado con un estudio realizado en 2020 (Rojo-Poveda et al., 2020) el cual tiene valores máximos de 1290 mg/100g y mínimos de 480 mg/100g los valores obtenidos en esta investigación se encuentran por debajo del rango establecido, por lo tanto estos podrían tener ciertas diferencias en su cultivo o en el suelo que fueron cultivados.

Tabla 14*Concentración de magnesio en cascarilla de cacao*

Concentración de magnesio en cascarilla mg/100g			
M1	89,699	±	9,834 ^b
M2	224,107	±	25,289 ^a
M3	164,561	±	3,037 ^{ab}
M4	92,046	±	2,023 ^b
M5	87,777	±	7,002 ^b

Nota. Cantidad obtenida de magnesio en cáscarilla

El magnesio es uno de los cationes más importantes dentro del cuerpo humano, algunos estudios han demostrado una relación directa entre el consumo de magnesio y la reducción de la presión arterial, además de promover la relajación del músculo liso como es mencionado según (Manuel et al., n.d.), sin embargo, los consumos de magnesio en este estudio son de 200-300mg de Magnesio diario, por lo tanto, la baya de cacao podría ser un suplemento de este, y no una fuente directa de magnesio

Al realizar el análisis ANOVA se logró determinar que existen diferencias significativas entre las partes del cacao, dado que el p valor es de 0,033, este siendo menor que 0,05. Por consiguiente, al realizar una prueba Tukey se obtuvo que existen diferencias significativas entre la mayoría de las partes del cacao, a excepción del grano y la cascarilla, dado estas dos presentan valores similares y no existe diferencia significativa.

3.4 Determinación de níquel

En la tabla 15 se cuantificó la cantidad de níquel presente en la cáscara de cacao, este al ser considerado un metal pesado se espera no tener altas concentraciones. Por tal razón se obtuvo un valor máximo de $0,790 \pm 0,033$ mg/100g, dado que el equipo de absorción atómica tiene rangos en los cuales trabaja, siendo el límite inferior 0,01 mg/L, por lo tanto, los valores registrados serían menores al límite del equipo. Al no contar con información de una investigación previa, no se puede realizar una comparación

bibliográfica, sin embargo, la baja cantidad de zinc en la cascara, puede deberse a una baja concentración de níquel en el suelo de la finca en la cual fue cultivado.

Tabla 15

Concentración de níquel en cascara de cacao

Concentración de Níquel en cáscara mg/100g			
M1	<Límite de detección		
M2	<Límite de detección		
M3	<Límite de detección		
M4	0,790	±	0,033
M5	<Límite de detección		

Nota. Cantidad obtenida de níquel en cáscara

En la tabla 16 se presentan los resultados de níquel obtenidos al analizar el pedúnculo de cacao, los cuales fueron menores al límite de detección del equipo de absorción atómica. Y al ser este un nuevo estudio, no se cuenta con bibliografía para realizar una comparación. Podemos argumentar que la razón por la cual el níquel no está presente en las muestras de pedúnculo, es debido a su concentración en la corteza terrestre, siendo que este constituye el 0,008% de la misma. (Níquel, n.d.)

Tabla 16

Concentración de níquel en pedúnculo de cacao

Concentración de níquel en Pedúnculo mg/100g	
M1	<Límite de detección
M2	<Límite de detección
M3	<Límite de detección
M4	<Límite de detección
M5	<Límite de detección

Nota. Cantidad obtenida de níquel en pedúnculo, la cual no fue detectable

A continuación, en la tabla 17 se presentan los resultados al cuantificar el níquel en granos de cacao, teniendo $0,709 \pm 0,017$ mg/100g en 1 de las 5 muestras y los demás valores no fueron menores al límite de detección. Al comparar estos datos con un estudio realizado en Venezuela (Lanza et al., 2016) entre los años 2012 y 2013 en los cuales, se analizaron diferentes tipos de cacao y su variación de contenido de níquel en

grano entre esos dos años, se obtuvo un valor mínimo de 0 mg/100g y un valor máximo de 0,667 mg/100g de níquel, este valor es similar al obtenido en la presente investigación para una de las fincas del estudio, esto puede atribuirse a un similar contenido de níquel presente en los suelos de cultivo.

Tabla 17

Concentración de níquel en granos de cacao

Concentración de níquel en Granos mg/100g			
M1	<Límite de detección		
M2	<Límite de detección		
M3	<Límite de detección		
M4	<Límite de detección		
M5	0,709	±	0,017

Nota. Cantidad obtenida de níquel en grano

En la tabla 18 se presenta la concentración de níquel en la cascarilla de cacao, en las cuales en todos los casos son menores al límite de detección del equipo de absorción atómica. Al no contar con estudios previos sobre este metal en cascarilla de cacao no se puede realizar una comparación, sin embargo, la baja cantidad de este puede deberse a un control de las aguas de riego y una dificultad para la absorción de este metal por parte del cacao, ya que en los demás subproductos de cacao tampoco se logra evidenciar cantidad considerable de níquel.

Tabla 18

Concentración de níquel en cascarilla de cacao

Concentración de níquel en cascarilla mg/100g	
M1	<Límite de detección
M2	<Límite de detección
M3	<Límite de detección
M4	<Límite de detección
M5	<Límite de detección

Nota. Cantidad obtenida de níquel en cascarilla

El níquel es considerado un metal pesado, por lo que su consumo en exceso puede traer diferentes problemas en el cuerpo humano (Olivares Arias et al., 2015),

dado que un consumo mayor a 100 μg puede causar problemas respiratorios, neurológicos, de la piel; por lo que como fue determinado en este estudio las cantidades de níquel presentes en el cacao son ínfimas y no presentaría un riesgo su consumo.

Por último, se realizó un análisis ANOVA, en el cual se determinó que no existe diferencia significativa entre las partes del cacao teniendo un p valor de 0,58 el cual es mayor a 0,05. Luego se procedió a realizar una prueba Tukey obteniendo el mismo resultado.

Conclusiones

Se concluye que las diferentes cantidades de minerales entre las partes del cacao tienen una diferencia significativa entre ellas. En el caso del potasio las diferentes partes de cacao contienen un alto contenido del mismo, teniendo como valor máximo $5570,040 \pm 247,084$ mg/100g presente en el grano, esto puede deberse a la presencia de este mineral en altas concentraciones en los suelos de cultivo. Por lo tanto, dado que el grano contiene altas cantidades de potasio, puede ser considerado como una fuente del mismo para un consumo diario, así mismo como sus otras partes como un suplemento de este elemento.

Al analizar las cantidades de magnesio presente en las diferentes partes del cacao, podemos notar que no es tan alta, sin embargo, varía entre las diferentes partes del mismo, siendo que la cascarilla de cacao presenta la mayor concentración de magnesio teniendo $224,107 \pm 25,289$ mg/100g. Siendo que las concentraciones bajas de este elemento pueden deberse a una deficiencia del mismo en el suelo de cultivo, así como en el uso de diferentes fertilizantes en su periodo de crecimiento.

En el caso del níquel al tener bajas concentraciones del mismo en el cacao y sus subproductos se encontró cantidades menores al límite de detección establecidos para el método de espectrofotometría de absorción atómica por llama, siendo este de 0.01 mg/L, a excepción de ciertas muestras las cuales presentaban cantidades ínfimas de níquel. Siendo el grano que contiene $0,709 \pm 0,017$ mg/100g

Recomendaciones

Tomar en cuenta el lugar de donde fue obtenida la muestra y cerciorarse de la presencia de zonas mineras activas, las cuales puedan alterar la composición del suelo de cultivo.

Realizar la extracción de minerales mediante otro tipo de métodos para su posterior comparación con el de cenizas, entre estos métodos podemos encontrar la extracción por medio de microondas.

Ampliar la zona geográfica de investigación, como puede ser en la costa, ya que, en estos lugares también se cultiva cacao de manera continua, pudiendo de esta manera realizar un análisis de diferencias entre las cantidades de minerales presentes en muestras de la costa y la amazonia.

Referencias

- Hernández, L., Barrado, E., & García-Barrera, T. (2015). Atomic absorption spectrometry: a review of the recent progress in matrix modification techniques for enhancing the sensitivity and selectivity. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(12), 3473-3487. <https://doi.org/10.1007/s00216-015-8604-x>
- Gutiérrez, R., Amador, M., & Azofeifa, G. (2008). Nickel content in cocoa beans from different regions in Costa Rica. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(6), 464-467. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.011>
- Tito, B. (28 de Marzo de 2021). Ingeniería Ambiental. Obtenido de https://ingenieriaambiental.net/espectrofotometro-de-absorcion-atmica/#Como_funciona_un_espectrofotometro_de_absorcion_atmica
- Jasso-Pineda, Y., Aldana-Madrid, M. L., Ornelas-Paz, J. de J., Garibay-Febles, V., Pérez-Pérez, M. C., & Torres-Moreno, M. (2021). Concentration of metals in cocoa beans from Latin America. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 14(1), 34-41. <https://doi.org/10.1080/19393210.2020.1850833>
- Jassim, S. A. A., & Naji, M. A. (2021). The Pharmacological Importance of Theobroma cacao: A Review. *International Journal of Scientific Research and Management*, 9(2), 9022-9028. <https://doi.org/10.18535/ijstrm/v9i2.01>
- Phillips-Mora, W., & Wilkinson, M. J. (2007). Genetic diversity, conservation and utilization of *Theobroma cacao* L.: a review. *Tropical Plant Biology*, 1(1), 2-15.
- Lippi, D. (2013). Chocolate in history: food, medicine, medi-food. *Nutrients*, 5(5), 1573-1584.
- Lugo, L. R., & Betancourt, A. (2018). La Cadena Agroindustrial del Cacao en Venezuela: Un Análisis de Competitividad. *Revista Ciencias Gerenciales*, 22(2), 33-50.

- Trujillo, J. (2010, mayo 20). Breve historia del cacao y del chocolate. Directoalpaladar.com; Directo al Paladar. <https://www.directoalpaladar.com/cultura-gastronomica/breve-historia-del-cacao-y-del-chocolate>
- BRAUDEAU, J. 1970. El Cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blumé. Barcelona, España. 297 p.
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., Angulo, J., & Parra, P. (2002). Características físicas del fruto de cacao tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía tropical*, 52(3), 343–362. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000300006
- USDA. (2021). Basic Report: 19903, Cocoa, dry powder, unsweetened. Recuperado el 25 de marzo de 2023, de <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171411/nutrients>
- Agus, B. A. P., Mohamad, N. N., & Hussain, N. (2018). Composition of unfermented, unroasted, roasted cocoa beans and cocoa shells from Peninsular Malaysia. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 12(4), 2581–2589. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9875-4>
- Grassia, M., Salvatori, G., Roberti, M., Planeta, D., & Cinquanta, L. (2019). Polyphenols, methylxanthines, fatty acids and minerals in cocoa beans and cocoa products. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 13(3), 1721–1728. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00089-5>
- Murillo-Baca, S., Ponce-Rosas, F., & Huamán-Murillo, M. (2020). Características físico-químicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Manglar (Tumbes)*, 17(1), 67–73. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/148/264>

Lanza, J. G., Churión, P. C., Liendo, N. J., & López, V. H. (2016). Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (teobroma cacao L.) de santa bárbara del Zulia, Venezuela. *Saber (Cumana, Venezuela)*, 28(1), 106–115.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622016000100011

Carlos Zehnder, B. (2010). Sodio, potasio e hipertensión arterial. *Revista médica Clínica Las Condes*, 21(4), 508–515. [https://doi.org/10.1016/s0716-8640\(10\)70566-6](https://doi.org/10.1016/s0716-8640(10)70566-6)

Niquel. (n.d.). *isc.Ac.In*. Retrieved December 9, 2023, from

<https://wgbis.ces.isc.ac.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol336.htm>

Manuel, U., Linares, B., Geordy, N. D., Ashqui, E., & Msc, A. (n.d.). REPÚBLICA DEL ECUADOR UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: MAGÍSTER EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA CON MENCIÓN EN NUTRICIÓN COMUNITARIA. *Edu.Ec*. Retrieved December 9, 2023, from

<https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/6914/1/BERMUDEZ%20LINARES%20URBANO.pdf>

Olivares Arias, V., Valverde Som, L., Quiros Rodríguez, V., García Romero, R., Muñoz, N., Navarro Alarcón, M., & Cabrera Vique, C. (2015). Níquel en alimentos y factores influyentes en sus niveles, ingesta, biodisponibilidad y toxicidad: una revisión. *CyTA - Journal of Food*, 13(1), 87–101. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.917383>

Mapa Politico Zamora. (n.d.). *Scribd*. Retrieved December 30, 2023, from

<https://es.scribd.com/doc/217841285/Mapa-Politico-Zamora>

Apéndice
Apéndice A: Cálculo del porcentaje de cenizas

El cálculo del porcentaje de cenizas para la muestra 1.1, de la finca M1 utilizando la ecuación 1

$$\%cenizas = \frac{P - p}{M} \times 100$$

$$P = 15.8635 \text{ g}$$

$$p = 15.7724 \text{ g}$$

$$M = 1.0082 \text{ g}$$

$$\%cenizas = \frac{15.8635 - 15.7724}{1.0082} \times 100$$

$$\%cenizas = 9.036$$

Apéndice B: Datos de los pesos de la ceniza y la muestra}

Figura B1

Datos de la ceniza en la cáscara

	Peso crisol vacío (g)	Peso muestra (g)	peso crisol+muestra final (g)	%Ceniza	Media	Desviación	Coefficiente de Variación Estandar (%)
Finca 1	M1						
1,1	15,7724	1,0082	15,8635	9,035905574	9,023484424	0,165328761	1,832205313
1,2	16,1692	1,0052	16,2615	9,182252288			
1,3	16,7773	1,002	16,866	8,852295409			
Finca 2	M2						
2,1	16,6173	1,002	16,6952	7,774451098	7,614163045	0,142572967	1,872470631
2,2	14,3344	1,0031	14,4103	7,566543714			
2,3	16,9636	1,0038	17,0389	7,501494322			
Finca 3	M3						
3,1	16,5241	1,0012	16,6038	7,960447463	8,072181459	0,524897112	6,502543514
3,2	16,8544	1,0076	16,9311	7,612147678			
3,3	17,1389	1,0007	17,2254	8,643949236			
Finca 4	M4						
4,1	17,9079	1,0002	18,0036	9,568086383	9,637536921	0,170811657	1,772358001
4,2	18,8650	1,0008	18,9634	9,832134293			
4,3	16,6089	1,0008	16,7041	9,512390088			
Finca 5	M5						
5,1	16,7791	1,0009	16,8453	6,614047357	6,705794072	0,262818841	3,919279927
5,2	16,7150	1,0029	16,7802	6,501146675			
5,3	16,5351	1,0054	16,6055	7,002188184			

Figura B2

Datos de ceniza en el pedúnculo

	Peso crisol vacío (g)	Peso muestra (g)	peso crisol+muestra final (g)	%Ceniza	Media	Desviación	Coefficiente de Variación Estandar (%)
Finca 6	M3						
6,1	16,7467	1,0006	16,7941	4,737157705	4,25105057	0,420985893	9,903102441
6,2	18,7529	1	18,793	4,01			
6,3	17,4233	1,001	17,4634	4,005994006			
Finca 7	M5						
7,1	16,8183	0,5029	16,8288	2,087890237	2,105915577	0,025666868	1,218798536
7,2	13,9949	0,5011	14,0056	2,135302335			
7,3	14,7575	0,5013	14,768	2,094554159			
Finca 8	M2						
8,1	15,7739	1,0058	15,8075	3,340624379	3,219553034	0,221353683	6,875292331
8,2	15,4669	1,0018	15,5005	3,353962867			
8,3	14,3374	1,002	14,3671	2,964071856			
Finca 9	M4						
9,1	16,1701	0,5017	16,2022	6,398245964	6,490087848	0,140656454	2,167250381
9,2	16,524	0,5006	16,5573	6,652017579			
9,3	18,8663	0,5	18,8984	6,42			
Finca 10	M1						
10,1	16,775	1,0112	16,8239	4,835838608	4,684141343	0,149528293	3,192224181
10,2	14,7593	1,0073	14,805	4,53688077			
10,3	18,7536	1,0022	18,8005	4,67970465			

Figura B3

Datos de ceniza en el grano

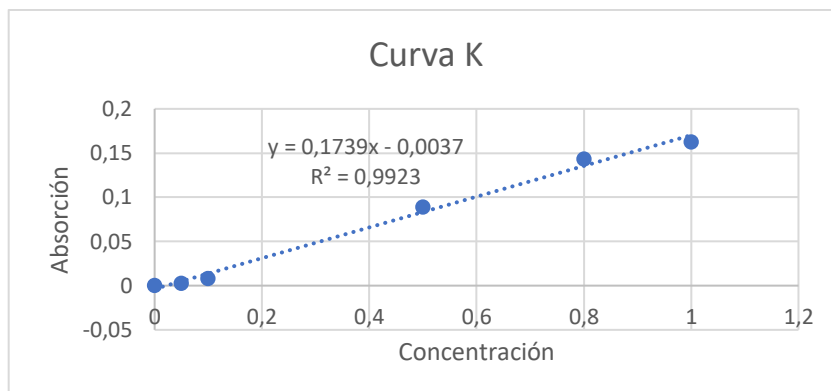
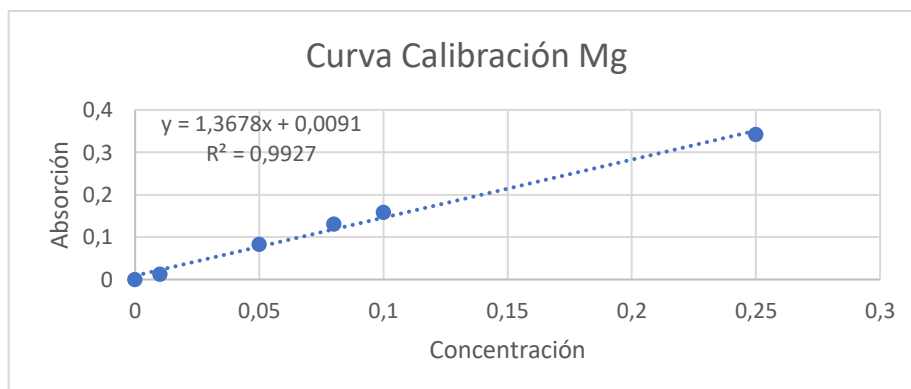
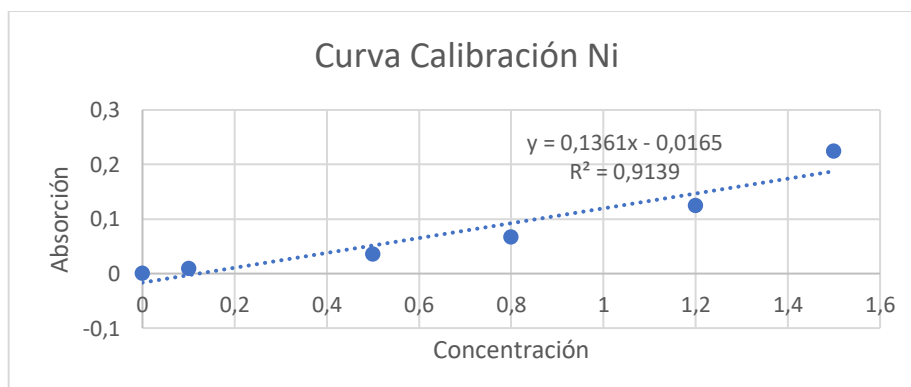
	Peso crisol vacío (g)	Peso muestra (g)	peso crisol+muestra final (g)	%Ceniza	Media	Desviación	Coefficiente de Variación Estandar (%)
Finca 11	M5						
11,1	16,7	1,007	16,8107		3,844309383	0,214528579	5,580419195
11,2	14,75	1,001	14,79	3,996003996			
11,3	14,33	1,002	14,367	3,69261477			
Finca 12	M4						
12,1	16,6094	1,013	16,6493	3,938795656	3,74703165	0,248616825	6,635034028
12,2	16,1704	1,001	16,2088	3,836163836			
12,3	16,6178	1,004	16,6526	3,466135458			
Finca 13	M2						
13,1	18,86	1,02	18,8968	3,607843137	3,488971438	0,12069415	3,459304619
13,2	18,75	1,005	18,7851	3,492537313			
13,3	16,52	1,004	16,5538	3,366533865			
Finca 14	M1						
14,1	14	1,004	14,03	2,988047809	3,343245006	0,308571269	9,229693547
14,2	16,854	1,007	16,8897	3,545183714			
14,3	16,7131	1,001	16,7481	3,496503497			
Finca 15	M3						
15,1	18,7537	1,0054	18,7889	3,501094092	3,946419614	0,417960951	10,59088977
15,2	15,77	1,003	15,8102	4,007976072			
15,3	18,46	1,06	18,5059	4,330188679			

Figura B4

Datos de ceniza en la cascarilla

	Peso crisol vacío (g)	Peso muestra (g)	peso crisol+muestra final (g)	%Ceniza	Media	Desviación	Coefficiente de Variación Estandar (%)
Finca 16	M5						
16,1	17,13	1,003	17,1676	3,748753739	3,428199678	0,47151501	13,75401243
16,2	16,81	1,003	16,8466	3,649052841			
16,3	16,96	1,06	16,9906	2,886792453			
Finca 17	M4						
17,1	16,748	0,504	16,7635	3,075396825	2,904137311	0,267515896	9,211544325
17,2	17,4206	0,5085	17,4338	2,595870206			
17,3	16,7794	0,5031	16,7947	3,041144902			
Finca 18	M1						
18,1	14,7589	0,508	14,7807	4,291338583	4,109106002	0,168134892	4,091763308
18,2	18,8663	0,5054	18,8869	4,075979422			
18,3	16,7475	0,5	16,7673	3,96			
Finca 19	M2						
19,1	17,4244	0,205	17,425	0,292682927	1,531605858	1,608740668	105,036205
19,2	16,1705	0,203	16,1773	3,349753695			
19,3	16,9651	0,21	16,9671	0,952380952			
Finca 20	M3						
20,1	18,4729	0,15	18,477		6,435785486	0,152036425	2,362360054
20,2	16,8533	0,1517	16,8629	6,328279499			
20,3	16,777	0,1513	16,7869	6,543291474			

Apéndice C: Curvas de calibración

Figura C1*Curva de calibración de K***Figura C2***Curva de calibración de Mg***Figura C3***Curva de calibración Ni*

La concentración inicial se determinó de la siguiente manera:

$$y = mx + b$$

Donde:

y= Absorbancia

m= Pendiente

x= Concentración

b= Intercepto

Despejando x, de la curva de calibración de Cu

$$x = \frac{y + 0.0028}{0.1316}$$

Para la muestra 1.1

$$x = \frac{0.3572 + 0.0028}{0.1316}$$

$$x = 0.398 \frac{mg}{g}$$

La concentración final fue determinada de la siguiente manera:

$$Cf = \frac{C_o * A * FD}{P}$$

Donde:

Cf= Concentración final

Co= Concentración inicial

A= Aforo original

FD= Factor de dilución

P= Peso de muestra

Continuando con la muestra 1.1

$$Cf = \frac{0.398 * 0.1 * 1}{1.0082}$$

$$Cf = 0.0395 \frac{mg}{g}$$

Apéndice D: Análisis estadístico

Figura D1

ANOVA para K

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	5	15877,83	3175,5661	1726286,8		
Columna 2	5	9796,8843	1959,3769	655231,15		
Columna 3	5	13984,814	2796,9629	4282261,4		
Columna 4	5	5894,8716	1178,9743	1249436,3		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11921626	3	3973875,2	2,0087284	0,1533346	3,2388715
Dentro de los	31652862	16	1978303,9			
Total	43574488	19				

Figura D2

Prueba Tukey para K

TUKEY HSD/KRAMER		alpha		0						
group	mean	n	ss	df	q-crit					
Cascara	3175,5661	5	6905147,222							
Pedunculo	2001,6277	5	2874656,872							
Granos	2683,8303	5	13607822,72							
Cascarilla	1178,9743	5	4997745							
		20	28385371,81	###	4,046					
Q TEST										
group 1	group 2	mean	std err	-sta	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d	
Cascara	Pedunculo	1173,9383	595,6652983	2	-1236,123455	3584,0001	0,5209184	2410,0618	0,8813694	
Cascara	Granos	491,73576	595,6652983	1	-1918,326037	2901,7976	0,9355432	2410,0618	0,3691854	
Cascara	Cascarilla	1996,5917	595,6652983	3	-413,4700628	4406,6535	0,1235562	2410,0618	1,4990012	
Pedunculo	Granos	682,20258	595,6652983	1	-1727,859214	3092,2644	0,848901	2410,0618	0,5121841	
Pedunculo	Cascarilla	822,65339	595,6652983	1	-1587,408405	3232,7152	0,7644619	2410,0618	0,6176317	
Granos	Cascarilla	1504,856	595,6652983	3	-905,2058225	3914,9178	0,3152241	2410,0618	1,1298158	

Figura D3

ANOVA para Mg

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	5	871,3444343	174,2688869	1052,49161		
Columna 2	5	392,6831125	78,53662251	1532,45814		
Columna 3	5	625,9265506	125,1853101	1926,7702		
Columna 4	5	658,1892072	131,6378414	3721,16482		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	23035,9308	3	7678,643601	3,73071836	0,033070739	3,238871517
Dentro de los grupos	32931,53913	16	2058,221195			
Total	55967,46993	19				

Figura D4

Prueba Tukey para Mg

TUKEY HSD/KRAMER							alpha	0,05			
group	mean	n	ss	df	q-crit						
Cascara	174,268887	5	4209,96645								
Pedunculo	78,5366225	5	6129,83258								
Granos	125,18531	5	7707,08081								
Cascarilla	131,637841	5	14884,6593								
		20	32931,5391	16	4,046						
Q TEST											
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d		
Cascara	Pedunculo	95,7322643	20,2890177	4,71842776	13,6428987	177,82163	0,01964901	82,0893656	2,11014504		
Cascara	Granos	49,0835767	20,2890177	2,41921898	-33,0057889	131,172942	0,3505316	82,0893656	1,08190762		
Cascara	Cascarilla	42,6310454	20,2890177	2,10118824	-39,4583202	124,720411	0,46822461	82,0893656	0,93967995		
Pedunculo	Granos	46,6486876	20,2890177	2,29920878	-35,440678	128,738053	0,39282568	82,0893656	1,02823742		
Pedunculo	Cascarilla	53,1012189	20,2890177	2,61723952	-28,9881467	135,190585	0,28716465	82,0893656	1,1704651		
Granos	Cascarilla	6,45253132	20,2890177	0,31803074	-75,6368343	88,5418969	0,99582196	82,0893656	0,14222767		

Figura D5

ANOVA para Ni

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	5	2,98324223	0,59664845	0,0143808		
Columna 2	5	3,02177614	0,60435523	0,1341307		
Columna 3	5	2,03752035	0,40750407	0,04049824		
Columna 4	5	3,80228206	0,76045641	0,20115985		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,31295169	3	0,10431723	1,06945526	0,38980964	3,23887152
Dentro de los	1,56067836	16	0,0975424			
Total	1,87363005	19				

Figura D6*Prueba Tukey para Ni*

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0,05					
group	mean	n	ss	df	q-crit				
Cascara	0,15796086	5	0,49903266						
Pedunculo	0	5	0						
Granos	0,14188145	5	0,40260693						
Cascarilla	0	5	0						
		20	0,90163959	16	4,046				
Q TEST									
group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
Cascara	Pedunculo	0,15796086	0,10616259	1,48791456	-0,27157297	0,58749469	0,72222594	0,42953383	0,66541562
Cascara	Granos	0,01607941	0,10616259	0,15146019	-0,41345442	0,44561323	0,99954082	0,42953383	0,06773506
Cascara	Cascarilla	0,15796086	0,10616259	1,48791456	-0,27157297	0,58749469	0,72222594	0,42953383	0,66541562
Pedunculo	Granos	0,14188145	0,10616259	1,33645437	-0,28765237	0,57141528	0,78147345	0,42953383	0,59768056
Pedunculo	Cascarilla	0	0,10616259	0	-0,42953383	0,42953383	1	0,42953383	0
Granos	Cascarilla	0,14188145	0,10616259	1,33645437	-0,28765237	0,57141528	0,78147345	0,42953383	0,59768056