



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Medicina Veterinaria

### Caracterización físico-química de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*), para uso en la alimentación animal

Trabajo de Integración Curricular,  
previo a la obtención del título de  
Médica Veterinaria

#### AUTORA:

Karla Jacqueline Viveros Riofrio

#### DIRECTORA:

Dra. Martha Esther Reyes Coronel, Mgtr.

Loja – Ecuador

2024

## Certificación



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

Sistema de Información Académico  
Administrativo y Financiero - SIAAF

### CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **REYES CORONEL MARTHA ESTHER**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Caracterización físico-química de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) para uso en la alimentación animal**, perteneciente al estudiante **KARLA JACQUELINE VIVEROS RIOFRIO**, con cédula de identidad N° **0706423027**.

#### Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 28 de Noviembre de 2024

  
Firmado electrónicamente por:  
MARTHA ESTHER REYES  
CORONEL  
F) -----  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

  
Certificado TIC/TT.: UNL-2024-002988

1/1  
*Educamos para Transformar*

## **Autoría**

Yo, **Karla Jacqueline Viveros Riofrio**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:** *Karla Viveros.*

**Cédula de identidad:** 0706423027

**Fecha:** 11 de diciembre de 2024

**Correo electrónico:** karla.viveros@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989303594

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Karla Jacqueline Viveros Riofrio**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización físico-química de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*), para uso en la alimentación animal**, como requisito para optar por el título de **Médica Veterinaria**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los onceavos días del mes de diciembre de dos mil veinticuatro.

**Firma:** 

**Autora:** Karla Jacqueline Viveros Riofrio

**Cédula:** 0706423027

**Dirección:** Los Cipres

**Correo electrónico:** karla.viveros@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0989303594

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Directora del Trabajo de Integración Curricular:** Dra. Martha Esther Reyes Coronel,  
Mgtr.

## **Dedicatoria**

El presente Trabajo de Integración Curricular está dedicado a Dios, mi guía excepcional, que ha iluminado mi camino con sabiduría, fortaleza y bendiciones incontables a lo largo de este viaje académico.

A mis queridos padres, Jacqueline Riofrio y Carlos Viveros, mis pilares inquebrantables de amor y sacrificio, quienes han sido la inspiración detrás de cada logro, les dedico a ustedes no solo como testimonio de mis esfuerzos académicos, sino como un reflejo de la educación, valores y amor que han depositado en mí a lo largo de los años. A mis hermanos, Aaron y Miguel Ángel, los cuales también me han apoyado en todo este trayecto y sobre todo creyeron en mí. Gracias por ser mis guías, mentores y los mejores padres y hermanos que me pudo dar la vida. También, a mi compañera más fiel (Sophy), que me ha dado fuerza y alegría durante todo este proceso, gracias por quedarte conmigo a altas horas de la madrugada, haciendo más llevadero cada momento de soledad y dándome tu incondicional cariño.

A mis queridos amigos y compañeros, quienes han estado a mi lado durante este emocionante y desafiante trayecto, sus palabras de aliento, risas compartidas y apoyo incondicional han sido mi fuerza motivadora, agradezco sinceramente su amistad y paciencia, pues cada momento juntos ha sido invaluable.

Por último, a mis respetados docentes, quienes han guiado mis pasos a lo largo de esta travesía académica, gracias por su orientación y conocimientos compartidos, que han enriquecido mi aprendizaje y fueron parte de mi formación. Este logro no solo representa mi esfuerzo individual, sino también la influencia positiva de haber tenido unos docentes excepcionales como ustedes.

*Karla Jacqueline Viveros Riofrio*

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por haberme dado vida, guía y sabiduría durante este trayecto por permitir terminar mi formación académica con bien.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Medicina Veterinaria, por brindarme la oportunidad de aprender y desarrollarme como profesional, a su personal docente, por su dedicación y conocimiento para mi formación académica.

De manera muy especial agradezco a mi estimada directora del Trabajo de Integración Curricular, Dra. Martha Esther Reyes Coronel, Mgtr., por su guía experta, paciencia, conocimiento y compromiso que han sido fundamentales para la realización de este proyecto; a la Ing. Beatriz Guerrero, quien también me brindó su ayuda y sus conocimientos en todo este trayecto.

A mis padres y hermanos, por su aliento constante y amor incondicional ya que han sido la fuerza motriz de cada logro, le agradezco a mis amigos, quienes han sido mi segunda familia, les agradezco por las risas y lágrimas compartidas, el apoyo incondicional y la amistad sincera. Gracias por todo.

*Karla Jacqueline Viveros Riofrio*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de anexos</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Cacao .....	6
4.2. Variedades de Cacao .....	6
4.2.1. <i>Cacao Nacional, Arriba o Fino de Aroma</i> .....	6
4.2.2. <i>Variedad CCN-51</i> .....	6
4.3. Producción de Cacao en Ecuador .....	7
4.4. Cascarilla de Cacao .....	7
4.5. Obtención de la Cascarilla de Cacao .....	8
4.6. Composición Físico-Química de la Cascarilla de Cacao .....	8
4.6.1. <i>Propiedades Físicas de la Cascarilla de Cacao</i> .....	8
4.6.2. <i>Propiedades Químicas de la Cascarilla de Cacao</i> .....	9
4.6.3. <i>Composición Química de la Cascarilla de cacao</i> .....	9
4.7. Usos de la Cascarilla de Cacao en Nutrición Animal.....	12
4.7.1. <i>Consideraciones sobre la Inclusión de la Cascarilla de Cacao en Diferentes Especies Animales</i> .....	12
<b>5. Metodología</b> .....	<b>16</b>
5.1 Área de Estudio.....	16
5.2. Procedimiento .....	19
5.2.1. Enfoque Metodológico .....	19
5.2.2. Diseño de la Investigación.....	19
5.2.3. Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo .....	19
5.2.4. Técnicas .....	19
5.2.5. Variables de Estudio.....	19
5.2.6. Análisis de Laboratorio .....	20
5.2.7. Procesamiento y Análisis de Resultados .....	25
5.2.8. Consideraciones Éticas .....	25

<b>6. Resultados</b> .....	<b>26</b>
6.1. Caracterización de la Cascarilla de Cacao .....	26
6.2. Parámetros Físicos y Bromatológicos de la Cascarilla de Cacao .....	27
6.3. Caracterización Física de la Cascarilla de Cacao de la Variedad Nacional y CCN51 .....	27
6.3.1. <i>Capacidad de Retención de Agua</i> .....	27
6.3.2. <i>Densidad Aparente</i> .....	27
6.3.3. <i>Humedad</i> .....	28
6.3.4. <i>pH</i> .....	29
6.3.5. <i>Acidez</i> .....	29
6.3.6. <i>Materia Seca</i> .....	30
6.3.7. <i>Cenizas</i> .....	30
6.3.8. <i>Proteína Cruda</i> .....	31
6.3.9. <i>Extracto Etéreo</i> .....	31
6.3.10. <i>Fibra Cruda</i> .....	32
6.3.11. <i>Fibra Detergente Neutra</i> .....	32
6.3.12. <i>Fibra Detergente Ácida</i> .....	33
6.3.13. <i>Lignina Detergente Ácida</i> .....	33
<b>7. Discusión</b> .....	<b>34</b>
<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>38</b>
<b>9. Recomendaciones</b> .....	<b>39</b>
<b>10. Bibliografía</b> .....	<b>40</b>
<b>11. Anexos</b> .....	<b>46</b>



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Composición en humedad de la cascarilla de cacao .....	9
<b>Tabla 2.</b> Composición en materia seca de la cascarilla de cacao .....	10
<b>Tabla 3.</b> Composición en cenizas de la cascarilla de cacao .....	10
<b>Tabla 4.</b> Composición en proteína cruda de la cascarilla de cacao .....	10
<b>Tabla 5.</b> Composición en fibra cruda de la cascarilla de cacao .....	11
<b>Tabla 6.</b> Composición en fibra detergente neutra de la cascarilla de cacao .....	11
<b>Tabla 7.</b> Composición en fibra detergente ácida (FDA) de la cascarilla de cacao .....	12
<b>Tabla 8.</b> Composición en lignina ácida detergente (LAD) de la cascarilla de cacao .....	12
<b>Tabla 9.</b> Composición fisicoquímica de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN-51 .....	14
<b>Tabla 10.</b> Análisis físico-químicos de la cascarilla de cacao .....	20
<b>Tabla 11.</b> Caracterización física de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 .....	26
<b>Tabla 12.</b> Caracterización química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 .....	26
<b>Tabla 13.</b> Caracterización física de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 de la provincia de El Oro .....	51
<b>Tabla 14.</b> Caracterización química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 en base seca .....	51

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	16
<b>Figura 2.</b> Cantón Santa Rosa de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	17
<b>Figura 3.</b> Sitio Damas de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	17
<b>Figura 4.</b> El Valle de la provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	17
<b>Figura 5.</b> Parroquia de Bellavista de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	18
<b>Figura 6.</b> Cantón Pasaje de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	18
<b>Figura 7.</b> Parroquia La Avanzada de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).....	18
<b>Figura 8.</b> Capacidad de retención de agua de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	27
<b>Figura 9.</b> Densidad aparente de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	28
<b>Figura 10.</b> Humedad de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	28
<b>Figura 11.</b> pH de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	29
<b>Figura 12.</b> Acidez de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	29
<b>Figura 13.</b> Composición en materia seca de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	30
<b>Figura 14.</b> Composición de cenizas de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	30
<b>Figura 15.</b> Composición en fibra cruda de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 .....	32
<b>Figura 16.</b> Composición en fibra detergente neutra de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 .....	32
<b>Figura 17.</b> Composición en fibra detergente ácida de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.....	33
<b>Figura 18.</b> Composición en lignina detergente ácida de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 .....	33

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Muestra de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 .....	46
<b>Anexo 2.</b> Análisis de acidez y pH .....	46
<b>Anexo 3.</b> Proceso de determinación de materia seca de la cascarilla de cacao en base seca ...	47
<b>Anexo 4.</b> Cascarilla de cacao de la variedad nacional en base seca .....	47
<b>Anexo 5.</b> Procedimiento para obtención de extracto etéreo .....	48
<b>Anexo 6.</b> Proceso de obtención de la capacidad de retención de agua .....	48
<b>Anexo 7.</b> Procedimiento para analizar proteína cruda .....	49
<b>Anexo 8.</b> Procedimiento para obtención de fibra cruda, fibra neutra detergente, fibra ácida detergente y lignina ácida detergente. ....	49
<b>Anexo 9.</b> Certificado de ingles.....	50

## **1. Título**

Caracterización físico-química de la cascarilla de cacao (*Theobroma Cacao*), para uso en la alimentación animal.

## 2. Resumen

La presente investigación se centró en la caracterización físico química de la cascarilla de cacao como fuente potencial para la alimentación animal, utilizando dos variedades de cacao cultivadas en la provincia de El Oro: nacional y CCN51. Dado el creciente interés por el aprovechamiento de subproductos agroindustriales para la alimentación animal, este estudio tuvo como objetivo evaluar sus propiedades nutricionales y su viabilidad como ingrediente en la dieta animal. Se empleó un diseño completamente aleatorizado y se tomaron muestras (1 kg) de cascarilla de cacao obtenidas en la provincia de El Oro. Las propiedades físicas evaluadas fueron: la capacidad de retención de agua, la densidad aparente y humedad. Para la valoración química, se realizó un análisis bromatológico de las muestras en base seca, determinando el pH, acidez, materia seca, cenizas, proteína y extracto etéreo. Además, se llevó a cabo un análisis de fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina detergente ácida. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) en la mayoría de los indicadores evaluados, excepto en las variables de densidad aparente. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el programa estadístico InfoStat. Los resultados muestran que la cascarilla de cacao nacional tuvo una mayor densidad aparente. En cuanto a la composición química proximal, la variedad nacional presentó mayor contenido de materia seca y fibra cruda. Por otro lado, la variedad CCN51 destacó por presentar valores más altos de cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina detergente ácida. Por lo que, este subproducto presenta un valor nutricional aceptable y puede considerarse una alternativa viable para la alimentación animal, con un potencial destacado para su inclusión en la dieta de rumiantes.

**Palabras clave:** *Cascarilla de cacao, cacao nacional, cacao NNC51, subproducto agroindustrial, caracterización físico-química.*

## **Abstract**

The current research examined the physical and chemical properties of cocoa husks as a potential animal feed source, focusing on two varieties of cocoa cultivated in the province of El Oro: national and CCN51. Given the growing interest in the use of agro-industrial by-products for animal feed, the objective of this study was to evaluate their nutritional properties and their viability as an ingredient in animal diets. A completely randomized design was used and samples (1 kg) of cocoa husk obtained in the province of El Oro were taken; the physical properties evaluated were: water-holding capacity, bulk density, and moisture. For the chemical evaluation, a bromatological analysis of the samples was conducted on a dry basis. This analysis included the determination of pH, acidity, dry matter, ash content, protein, and ether extract. Moreover, the crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and acid detergent lignin were also analyzed. The results showed no significant statistical differences ( $p>0.05$ ) in most of the indicators evaluated, except for the bulk density variables, which did show statistical significance. The data collected were analyzed using the statistical program InfoStat. The results demonstrated that the national cocoa husk exhibited superior performance in terms of physical properties. However, regarding chemical composition, the national variety showed higher levels of acidity, dry matter, and crude fiber content. On the other hand, the CCN51 variety stood out for its higher content of pH, ash, crude protein, ethereal extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and acid detergent lignin. Therefore, this by-product presents acceptable nutritional value and can be considered a viable alternative for animal feed, with an outstanding potential for inclusion in ruminant diets.

**Keywords:** Cocoa husk, national cocoa, cocoa NNC51, agro-industrial by-product, physicochemical characterization.

### 3. Introducción

Los costos de los ingredientes convencionales para uso en la alimentación animal se encuentran cada vez más elevados, siendo objeto de preocupación entre los productores agropecuarios, por esa razón, la necesidad de encontrar fuentes de alimentos alternativos sostenibles y que sean económicamente viables. El Ecuador es un país privilegiado tanto por su ubicación geográfica y su clima, se sabe que históricamente se ha destacado por la mayor producción de cacao, producto donde se derivan varios residuos con potencial uso en la alimentación animal, principalmente para rumiantes (Food and Agriculture Organization [FAO], 2019).

La producción de cacao se realiza principalmente en zonas tropicales, con una capacidad aproximadamente de 4,7 millones de toneladas anuales a nivel mundial. Las regiones que reportaron la mayor producción de la cosecha 2022/2023 fueron África siendo la principal región exportadora de cacao a nivel mundial produciendo 3,7 millones de toneladas representando el 75%, luego le sigue América con un 20% y Asia con el 5% equivalente a 659.776 toneladas métricas, con un estimado de 4.996 millones de toneladas de producción mundial cacao (International Cocoa Organization, 2023).

La industria de cacao produce como residuo principal: la vaina de cacao, la cascarilla de cacao y la harina de cacao, que constituyen más del 70% del fruto del cacao (Eligwu et al, 2019). La cascarilla de cacao, obtenida después de la cosecha, es considerada como un insumo importante para la alimentación animal, debido a sus características físicas y químicas, la disponibilidad en los países productores como Ecuador y su bajo costo, lo que genera buenos resultados en la economía del productor. Los granos de cacao son separados de la fruta, sometidos a una fermentación; posteriormente, secados y trasladados a las industrias productoras de chocolate, donde serán tostados para ser retirados de su cáscara (Barbosa et al, 2020).

La cascarilla es considerada un residuo agroindustrial sin valor comercial que usualmente es depositado en grandes pilas durante las etapas iniciales del procesamiento del grano de cacao, ocasionando problemas ambientales (Makinde et al, 2019). Representa el 12% del peso del grano fermentado y seco, lo cual indica que el país produce al año aproximadamente 337.1 mil TM (Corporación Financiera Nacional, 2023).

En este contexto, es importante para la producción pecuaria, contribuir con conocimientos sobre los recursos poco conocidos para utilizarlos como alimentos, con el objetivo de disminuir los costos y elevar la productividad. Una de las planificaciones es el empleo de recursos no convencionales como lo es la cascarilla de cacao, sobre la cual no se ha generado suficiente información local sobre sus características químicas y su valor nutricional. Makinde et al (2019) mencionan que la cascarilla de cacao está compuesta principalmente por proteína, lignina, minerales, lípidos, hidratos de carbono como almidones, azúcares y teobromina.

En la provincia de El Oro, la producción de cacao es una actividad importante que genera grandes ingresos a los productores y aporta al desarrollo económico de la región, siendo la producción promedio de alrededor de 2.609 TM (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022).

Por consiguiente, el presente trabajo de investigación aporta con información relevante respecto a las propiedades físicas y químicas de la cascarilla de cacao, y fue desarrollado con la intención de proponer este residuo como un recurso alimenticio alternativo para animales, en particular herbívoros, aportar a la reducción en el costo alimenticio; y, ayudar a la conservación del ambiente, evitando problemas de contaminación.

Este estudio, también permitirá aprovechar los recursos disponibles en la provincia de El Oro, en particular la cascarilla de cacao, apoyando así a medianos y pequeños productores, y promoviendo una producción más eficiente, sostenible y económica. Para el efecto, se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar las propiedades físicas de la cascarilla de cacao, producido en la Provincia de EL Oro.
- Evaluar la composición química de la cascarilla de cacao, producido en la Provincia de El Oro.



## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Cacao**

Es una especie del género *Theobroma*, que se originó en Sudamérica y fue domesticada en Mesoamérica. En Ecuador, el cacao se cultiva principalmente en la región Costa y en la Amazonía ecuatoriana y en menor proporción en la Cordillera de los Andes, lo que lo convierte en un cultivo de importancia económica, social, ambiental y cultural, especialmente para las zonas agroecológicas donde el cultivo se adapta con facilidad (Andrade et al, 2022).

### **4.2. Variedades de Cacao**

El cacao es uno de los principales productos ecuatorianos de exportación que ha posicionado al Ecuador como el país más competitivo de América Latina en este ámbito. Normalmente se conocen cinco tipos de cacao: Criollo, Forastero o Amazónico, Trinitario, CCN-51 (híbrido) y Nacional o fino de aroma (Abad et al, 2020).

A continuación, se describen las características principales de las variedades que se cultivan en la provincia de El Oro:

#### **4.2.1. Cacao Nacional, Arriba o Fino de Aroma**

El cacao nacional es la variedad que dio a conocer al Ecuador en el mercado mundial y es sinónimo de aromas y sabores, características que se deben a las condiciones climáticas y geográficas que posee su lugar de origen, y que contribuyen a la denominación de cacao fino y de aroma (Abad et al, 2020). Es originario de los trópicos húmedos de América del Sur, las mazorcas son amelonadas de color amarillo, pero con estrangulaciones en la base y el ápice de las mismas, con surcos y lomos pocos profundos. El color intenso de las almendras es violeta pálido o lila, aunque en ciertas ocasiones se pueden observar semillas blancas (Quiroz, 2012).

#### **4.2.2. Variedad CCN-51**

Este tipo de variedad fue descrita inicialmente en la Isla Trinitaria por el señor Homero Castro, en la zona de Naranjal, hacia el sur, que comprende una pequeña parte de la provincia del Guayas y la provincia de El Oro. Este cacao es el producto desarrollado por el mencionado productor, mayormente conocido como clon CCN-51. Una de sus principales características es que es muy resistente a plagas existente en el entorno donde se encuentra cultivado, dando como

resultado cultivos productivos y de buena calidad (Gómez & Quintana, 2011).

### **4.3. Producción de Cacao en Ecuador**

En Ecuador, el cacao es uno de los productos de agroexportación más importante, Las dos variedades de cacao de mayor producción son: Nacional Arriba y CCN-51, cultivadas principalmente en las provincias de la Costa, por la naturaleza de la planta (González et al, 2020). El cacao fino de aroma o cacao nacional representa en el mercado mundial entre 6% y 8% de la producción, siendo Latinoamérica la región que produce alrededor del 80%. Ecuador se destaca por aportar con cerca de 54% del total de este rubro. La producción cacaotera se extiende en 21 de las 24 provincias ecuatorianas y representó alrededor de 451.841 hectáreas plantadas y 392.743 hectáreas cosechadas en el año 2022, con una producción promedio de alrededor de 265.425 toneladas métricas (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022). Es así como, el cacao es uno de los principales productos de la canasta exportable ecuatoriana.

En la provincia de El Oro, la producción de cacao representa alrededor de 8.868 ha sembradas, 6.231 ha cosechadas con una producción promedio de alrededor de 2.609 tm (INEC, 2022).

### **4.4. Cascarilla de Cacao**

El término cáscara o cascarilla de cacao hace referencia a la materia prima que envuelve el grano de cacao y se obtiene separando la capa del grano a través del proceso de descascarillado de la semilla. Este material representa aproximadamente alrededor del 12% del peso de la semilla, se caracteriza por ser crujiente, seco, color marrón y olor similar al del chocolate (Espinoza y Vásquez, 2023).

Posee más de un 40% de fibra dietaria, celulosa, hemicelulosa y ácido galacturónico; también posee proteína, lignina, minerales, lípidos, hidratos de carbono como almidones y azúcares, teobromina, y compuestos fenólicos, taninos y cafeína (Jumbo, 2021). A su vez está compuesto por agentes antibacterianos y tiene una gran capacidad para disminuir el crecimiento de algunos microorganismos patógenos (Lema, 2016).

Así mismo, la cascarilla de cacao en la actualidad ha sido objeto de estudios que han demostrado que posee propiedades medicinales y nutricionales, lo que la hace atractiva para uso en la industria alimentaria (González et al, 2020). Actualmente, su uso principal es en la

alimentación animal, como fuente de pectinas, para la elaboración de fertilizantes para recuperar suelos agrícolas; como combustible, para la elaboración de carbón activado, infusiones, exfoliantes, y bloques de hormigón; como aislante térmico (Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología, 2022).

#### **4.5. Obtención de la Cascarilla de Cacao**

La cascarilla de cacao se obtiene del procesamiento del grano del cacao. Para llegar a adquirir el producto y sus derivados, la semilla tiene que sufrir varios cambios y etapas que van desde el fermentado, secado con el propósito de remover las impurezas para garantizar la calidad del producto, luego es sometido el proceso de tostado y, por último, descascarillado, con el objetivo de obtener como producto final, desecho o residuo la cascarilla de cacao (Guamán, 2021).

Aun así, la cascarilla mediante sus rasgos aromáticos, material fibroso, seco, y crujiente de color marrón con un olor similar al del chocolate, la denominación de cascarilla de cacao se obtiene por la parte exterior del grano de cacao limpia y en adecuadas condiciones (González et al, 2020).

#### **4.6. Composición Físico-Química de la Cascarilla de Cacao**

Es relevante analizar la composición físico-química de la cascarilla de cacao para comprender las propiedades de este derivado. A continuación, se destacan algunas de las propiedades físico-químicas fundamentales.

##### **4.6.1. *Propiedades Físicas de la Cascarilla de Cacao***

###### **4.6.1.1. Capacidad de Retención de Agua (CRA).**

Según Baumann et al, (2022), la capacidad de retención de agua es un indicativo de la cantidad de agua que se mantiene adherida a la materia prima hidratada dependiendo del tipo de fuerza que sea aplicada, ya sea presión o centrifugación.

###### **4.6.1.2. Densidad Aparente**

Es una medida de la densidad real de un producto o material, considerando tanto su volumen y masa, es decir, la masa de una muestra o un cuerpo dividido por su volumen (Bonilla et al, 2019). Cely et al, (2023), señalan que la cascarilla de cacao es posible que tenga una

densidad aparente baja a causa de su naturaleza, contenido de aire dentro de la estructura de la cascarilla y según la forma en que se procese.

#### **4.6.1.3. Humedad**

La humedad se refiere a la capacidad de agua presente en una materia prima (Mendoza et al, 2016). A continuación, en la Tabla 1, se detallan los datos recopilados de varios autores:

**Tabla 1.**

*Composición en humedad de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Campo et al., (2017)	8,74
Villamizar & López, (2016)	6,7
Buscema et al., (2014)	3,46 – 5,08

#### **4.6.2. Propiedades Químicas de la Cascarilla de Cacao**

##### **4.6.2.1. pH.**

El pH es un indicativo que nos dice si una sustancia es ácida, neutra o básica, se calcula mediante la concentración de iones de hidrogeno, y es una variable que controla la regulación de algunas reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas (Real Academia Española [RAE], 2022).

##### **4.6.2.2. Acidez.**

La acidez se relaciona a la existencia de iones de hidrógeno (H+) en una solución y esta puede cambiar debido a ciertos factores como el procesamiento y variedad (Perea et al, 2011).

#### **4.6.3. Composición Química de la Cascarilla de cacao**

##### **4.6.3.1. Materia Seca (MS)**

La materia seca se refiere a la parte que queda una vez que se ha eliminado o extraído completamente el agua mediante un proceso de calor (Astudillo et al, 2021). A continuación, se detallan datos proporcionados por varios autores (Tabla 2).

**Tabla 2.**

### *Composición en materia seca de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Alcivar & Alcivar, (2020)	90,00
Astudillo et al., (2021)	95,28

#### **4.6.3.2. Cenizas**

Se trata de la capacidad de residuo que permanece después de una incineración dominada de la muestra para deshacer la materia orgánica y dejar solo los residuos inorgánicos presentes en ella (Perea et al, 2011). A continuación, se presentan los datos obtenidos por varios autores (Tabla 3).

**Tabla 3.**

#### *Composición en cenizas de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Campo et al., (2017)	5,14
Astudillo et al., (2011)	9,67
Tapia, (2015)	8,14
Villamizar & López, (2016)	11,4

#### **4.6.3.3. Proteína Cruda (PC).**

Se entiende por proteína cruda a la sustancia existente de nitrógeno total que contiene un producto (Bautista et al., 2021). A continuación, se muestran los datos publicados por varios autores (Tabla 4).

**Tabla 4.**

#### *Composición en proteína cruda de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Astudillo et al., (2011)	6,23
Tapia, (2015)	16,2
Campo et al., (2017)	8,75
Villamizar & López., (2016)	6,3

#### **4.6.3.4. Fibra Cruda (FC)**

Se refiere a los constituyentes orgánicos no nitrogenados, que no se diluyen tras hidrólisis sucesivas, tanto en medio ácido como en medio alcalino (García et al., 2008). A continuación, se muestra los datos recopilados de varios autores (Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Composición en fibra cruda de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Astudillo et al., (2011)	18,06
Tapia, (2015)	16,2

#### **4.6.3.5. Fibra Detergente Neutra (FDN).**

Es una variable que se refiere a la fracción de un cuerpo o material que es resistente a la digestión por parte de enzimas digestivas y detergentes neutros, donde constituyen componentes como la hemicelulosa, celulosa y lignina (Goicochea & Paredes, 2021). A continuación, se detallan datos recopilados de varios autores (Tabla 6).

**Tabla 6.**

*Composición en fibra detergente neutra de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Astudillo et al., (2011)	48,32
Rodríguez, (2022)	41,45

#### **4.6.3.6. Fibra Detergente Ácida (FDA).**

Es un parámetro esencial en la evaluación de la calidad nutricional de los alimentos para rumiantes, que se refiere a la parte menos digerible de la membrana plasmática, compuesta fundamentalmente por celulosa y lignina (Barzallo et al., 2021). A continuación, se presenta la recopilación de varios autores (Tabla 7).

**Tabla 7.**

*Composición en fibra detergente ácida (FDA) de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Astudillo et al., (2011)	35,13
Rodríguez, (2022)	32,22

#### **4.6.3.7. Lignina Ácida Detergente (LAD).**

Se refiere al contenido de fibra detergente ácida que se utiliza como un indicador de la cantidad de lignina presente en una muestra (Apráez, 2020). A continuación, se describen datos de varios autores (Tabla 8).

**Tabla 8.**

*Composición en lignina ácida detergente (LAD) de la cascarilla de cacao*

<b>Autor</b>	<b>%</b>
Astudillo et al., (2011)	24,76
Rodríguez, (2022)	21,34

#### **4.7. Usos de la Cascarilla de Cacao en Nutrición Animal**

Se conoce que la cascarilla de cacao ha sido evaluada y experimentada en distintos tipos de dieta para animales, entre ellos se destaca su uso en la alimentación de tilapias, aves, cuyes, porcinos y rumiantes. Aunque, por su alto contenido de alcaloides puede ser inconveniente para su uso (Alcívar & Alcívar, 2020).

##### **4.7.1. Consideraciones sobre la Inclusión de la Cascarilla de Cacao en Diferentes Especies Animales**

###### **4.7.1.1. Tilapias.**

La cascarilla de cacao se ha utilizado en la alimentación de tilapias, debido a su contenido alto de macro y micronutrientes, lo que promueve su producción. Estudios realizados por Yépez (2021), indican que las tilapias en crecimiento presentaron una buena respuesta tras la incrementación de la cascarilla de cacao, sin afectar ningún parámetro, logrando buenos resultados, tanto en conservación alimenticia, ganancia de peso, consumo de alimento, y

rendimiento a la canal aprovechable. Así mismo, Penadillo (2018), reporta que la inclusión de la cascarilla de cacao al 0%, 5%, 10%, 15% y 20% en dietas paletizadas en tilapias de engorde mejoró la respuesta productiva, produjo un mayor índice de rentabilidad e influyó positivamente sobre los parámetros bioeconómicos, por lo tanto, recomiendan su inclusión en dietas para esa especie.

#### **4.7.1.2. Aves.**

Jumbo (2021), en su investigación realizada en pollos de engorde, en la cual probó dietas a base de la cascarilla de cacao en niveles de inclusión de: 5%, 10% y 15%, determinó que la dieta al 5% produjo los mejores resultados en las aves. El autor argumenta que se debió, al alto contenido en proteína y bajo porcentaje de grasa en la dieta. En el estudio realizado por Flores & Velásquez (2021), en el que aplicaron cinco tratamientos, con niveles de inclusión de cascarilla de cacao del 2,5%, 5%, 7,5% y 10%, como reemplazo del alimento balanceado, observaron que los animales alimentados con el 7,5% y 10% de la cascarilla de cacao presentaron resultados inferiores con respecto a los animales alimentados con 2,5% y 5% de la cascarilla de cacao, respectivamente.

#### **4.7.1.3. Cuyes.**

Al incluir diferentes niveles de la cascarilla de cacao en las dietas diarias de cuyes durante las etapas de crecimiento y engorde, se puede obtener respuestas positivas en su comportamiento productivo. En estudios realizados por Lema (2016), quien utilizó dietas con el 5%, 10% y 15% de cascarilla de cacao, reportó la mayor rentabilidad con la utilización de la ración con el 15%. Por último, un estudio de Salazar (2017), demostró que al incluir el 15% de la cascarilla de cacao en la dieta se lograron buenos resultados. El autor concluye que la inclusión de la cascarilla de cacao es beneficiosa por su alta palatabilidad lo cual aumenta el consumo por parte de los animales.

#### **4.7.1.4. Porcinos.**

Guillerí et al (2010), realizaron un estudio en el que probaron dos variedades de cascarilla de cacao en la formulación de la dieta de los cerdos. La cascarilla de cacao fue procesada a diferentes temperaturas de secado y se le adicionó antioxidantes. Los mejores resultados se obtuvieron con la dieta preparada con la cascarilla de cacao nacional, obtenida con una temperatura de secado de 60°C durante 24 horas. A esta dieta se le incorporó ácido



cítrico lo que hizo posible extender la vida útil del producto y hacerlo más apetecible para el animal. Por último, Pita (2020), reportó que un alimento balanceado a base de mezclas como el garbanzo, arroz, chocho y cascarilla de cacao, donde concluyó que esos ingredientes tienen un gran potencial al ser combinados entre sí.

#### 4.7.1.5. Rumiantes.

La cascarilla de cacao se ha utilizado en la dieta de rumiantes como una materia prima alternativa no convencional, por su aporte en proteína y fibra que ayuda al engorde y sin efectos perjudiciales en el rendimiento de producción de leche. Acosta et al. (2022), determinaron que se puede emplear estratégicamente la cascarilla de cacao bajo parámetros pertinentes para evitar que sus componentes tóxicos como es la teobromina afecten a los animales. Así mismo, Alcívar & Alcívar (2020), reportaron que los subproductos la cascarilla de cacao puede ser incluidos en las dietas de los rumiantes, debido a sus propiedades nutritivas que pueden mejorar las funciones ruminales de los animales.

#### 4.8. Estudios similares a nivel Nacional

En Cañar, Ecuador, Astudillo et al (2021), realizaron una caracterización física y química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN-51, reportando los siguientes resultados (Tabla 9):

**Tabla 9.**

*Composición fisicoquímica de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN-51.*

<b>Variedad</b>	<b>PC</b>	<b>EE</b>	<b>MS</b>	<b>CNZ</b>	<b>FC</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>LDA</b>
Nacional	6,23	8,84	95,28	9,67	18,06	50,74	35,13	33,92
CCN-51	8,50	11,72	97,03	9,20	9,20	48,32	37,21	26,43

Por otro lado, en el cantón La Troncal, provincia de El Oro, Barzallo et al (2020), determinaron la caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos, obteniendo los siguientes resultados:

- En la variedad nacional: proteína cruda (8,15%), extracto etéreo (6,18%), ceniza (9,89%), fibra cruda (25,85%), materia seca (48,91%), fibra detergente neutra (41,45%), fibra detergente ácida (32,22%) y lignina detergente ácida (21,34%).

- CCN-51: proteína cruda (7,00%), extracto etéreo (6,89%), ceniza (10,69%), fibra cruda (24,83%), materia seca (45,37%), fibra detergente neutra (41,30%), fibra detergente ácida (30,45%) y lignina detergente ácida (20,42%).

## 5. Metodología

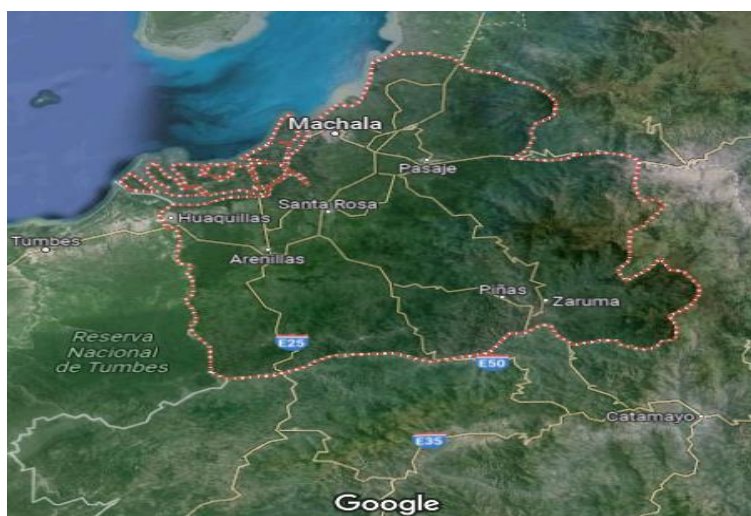
### 5.1. Área de Estudio

La presente investigación se llevó a cabo mediante la toma de muestras de la cascarilla de cacao en varios establecimientos dedicados a la producción de cacao, ubicados en la provincia de El Oro. Los establecimientos que se seleccionaron para ser incluidos en el presente estudio fueron los ubicados en los siguientes lugares:

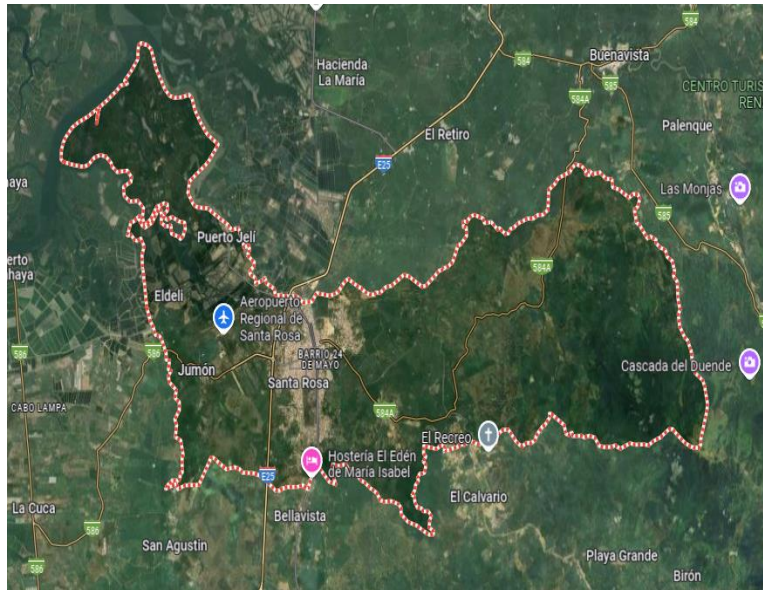
1. Santa Rosa
2. Sitio Damas
3. El Valle
4. Bellavista
5. Pasaje
6. La Avanzada

La provincia de El Oro, ilustrada en la Figura 1, se encuentra situada en el sur del país, en la zona geográfica conocida como región litoral o costa, su capital administrativa es la ciudad de Machala, la cual además es la urbe más grande y poblada, altitud de 3750 m.s.n.m., posee una superficie aproximada de 5766,68 km<sup>2</sup> y presenta una temperatura que oscila entre los 12 a 35°C (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro, 2023).

La fase de laboratorio se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.



**Figura 1.** Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).



**Figura 2.** Cantón Santa Rosa de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).

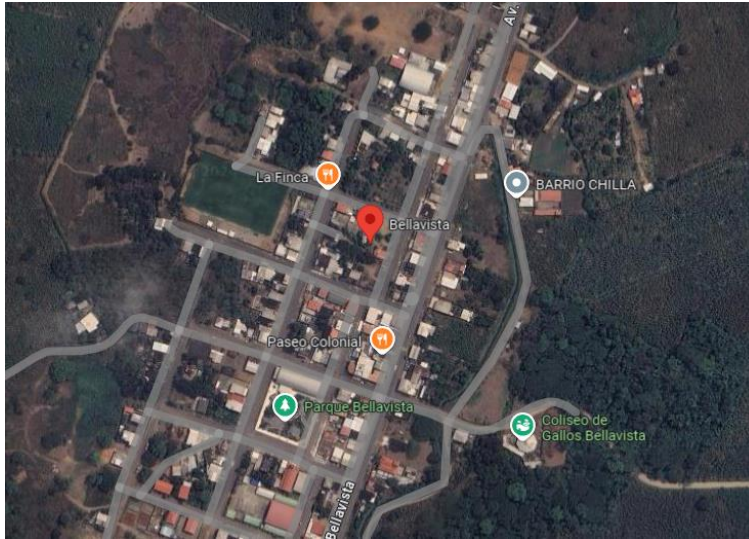


**Figura 3.** Sitio Damas de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).

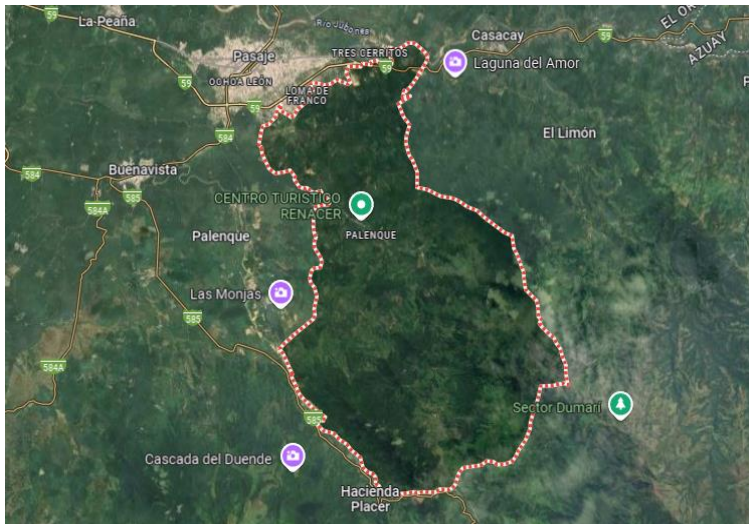


**Figura 4.** El Valle de la provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).

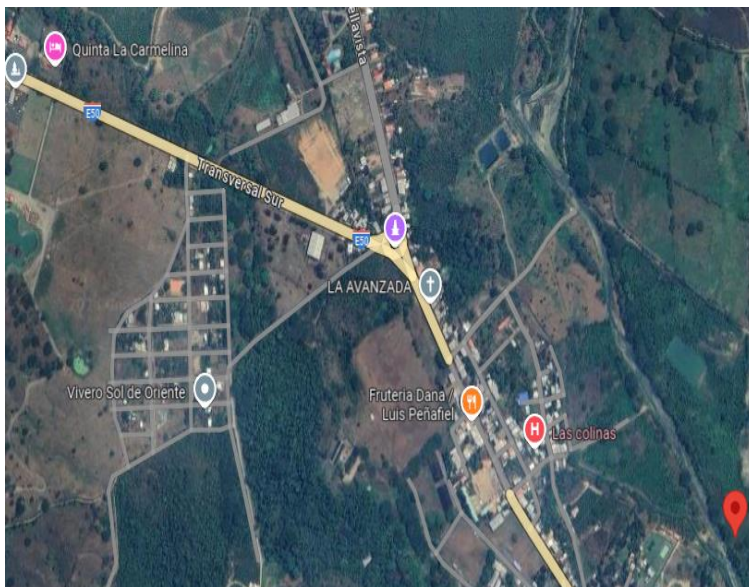




**Figura 5.** Parroquia de Bellavista de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).



**Figura 6.** Cantón Pasaje de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).



**Figura 7.** Parroquia La Avanzada de la Provincia de El Oro, (Google Maps, 2024).

## **5.2. Procedimiento**

### **5.2.1. Enfoque Metodológico**

Se llevó a cabo un estudio utilizando un enfoque cuantitativo para evaluar los parámetros físicos-químicos de muestras de cascarilla de cacao de la variedad nacional.

### **5.2.2. Diseño de la Investigación**

El diseño empleado en esta investigación fue completamente al azar (DCA), con un solo factor que es la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51, obtenida de diferentes sectores identificados como: Santa Rosa, Sitio Damas, El Valle, Bellavista, Pasaje y La Avanzada.

### **5.2.3. Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo**

La unidad muestral consistió en muestras de las variedades nacional y CCN51 de la cascarilla de cacao, recolectadas después de la etapa de fermentación, secado, tostado y descascarillado. Se realizaron tres repeticiones por cada tipo de muestra, obteniendo un tamaño total muestral de 18 muestras. El tipo de muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia.

### **5.2.4. Técnicas**

El muestreo consistió en la recolección de 1000 g de cada muestra de cascarilla de cacao de las variedades: nacional y CCN51, procedentes de seis establecimientos situados dentro de la provincia de El Oro, y se realizaron tres réplicas de cada muestra. Las muestras recolectadas se almacenaron en condiciones de refrigeración (10°C) en bolsas plásticas de cierre hermético hasta su posterior análisis. Se realizó un análisis físico-químico para determinar: capacidad de retención de agua, densidad aparente, acidez, pH, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, fibra detergente neutra, fibra ácida detergente, materia seca y ceniza.

Para llevar a cabo el análisis físico-químico, de cada muestra recogida en cada sitio de estudio, se extrajo una cantidad aproximada de 100 g. Este procedimiento hizo posible una representatividad de las muestras seleccionadas.

### **5.2.5. Variables de Estudio**

En la tabla 9, se consideran los diferentes análisis físicos-químicos de la cascarilla de

cacao que se realizaron en la presente investigación.

**Tabla 10.**

*Análisis físico-químicos de la cascarilla de cacao*

<b>Propiedades y composición de la cascarilla de cacao</b>		
<b>Propiedades físicas</b>	<b>Propiedades químicas</b>	<b>Composición química</b>
Capacidad de retención de agua	pH	Materia seca
Densidad aparente	Acidez	Ceniza
Humedad		Proteína cruda
		Fibra cruda
		Fibra detergente neutra (FDN)
		Fibra ácida detergente (FDA)
		Lignina ácida detergente (LDA)
		Extracto etéreo

### **5.2.6. Análisis de Laboratorio**

El análisis de laboratorio permitió determinar la composición proximal y propiedades físicas de la cascarilla de cacao de la variedad nacional o fino de aroma.

#### **5.2.6.1. Análisis de las Propiedades Físicas de la Cascarilla de Cacao.**

El análisis de las propiedades físicas hizo posible caracterizar en el laboratorio los siguientes parámetros que describen el comportamiento físico de la cascarilla de cacao:

##### **5.2.6.1.1. Humedad.**

Para determinar la humedad se empleó el Método AOAC 930.15 de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2016). Primeramente, se inició mezclando y homogenizando la muestra, luego se pesó una funda de papel vacía, donde se añadieron 100 g de muestra y se procedió a registrar el peso (funda + muestra). Después, las muestras fueron colocadas en una estufa a una temperatura de 65 °C, durante 48 horas. Por último, se retiraron las muestras de la estufa, se las dejó enfriar por 15 minutos y se realizó el pesaje final. Para calcular el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{\text{Peso de muestra de agua evaporada}}{\text{Peso de la muestra humedad}} \times 100$$

#### **5.2.6.1.2. Capacidad de Retención de Agua.**

Para determinar la capacidad de retención de agua se utilizó la metodología de Wang & Towers, 2011.

Primero, se hizo el pesaje de 1 gramo de muestra seca molida en un tubo cónico de 50 mL la cual luego fue hidratada con 30 mL de agua destilada, mientras se mezclaba. Luego de lograr el equilibrio (18 h), las muestras fueron centrifugadas a 3000 r.p.m. x g durante 20 minutos y se descartó el sobrante. Por último, los tubos se invirtieron cuidadosamente durante 10 minutos para permitir que el precipitado escurriera antes de registrar el peso final. La fórmula utilizada para calcular esta propiedad fue la siguiente:

$$WRC (g/g) = \frac{\text{Peso del residuo fresco} - \text{peso del residuo seco}}{\text{Peso del residuo seco}}$$

#### **5.2.6.1.3. Densidad Aparente.**

Para determinar el análisis de densidad aparente se utilizó la metodología de Atáres, 2015.

Se inició pesando una probeta de vidrio de 100 mL para añadirle 10 gramos de muestra, luego, se compactó la muestra y se midió el volumen que ocupaba en la probeta. La fórmula que se utilizó para determinar la densidad aparente fue la siguiente:

$$P_{aparente} = \frac{m_{(probeta+muestra)} - m_{probeta}}{V_{aparente}}$$

### **5.2.6.2. Análisis de las Propiedades Químicas de la Cascarilla de Cacao.**

El análisis de las propiedades químicas permitió evaluar los cambios o reacciones químicas que presentó la cascarilla de cacao.

#### **5.2.6.2.1. pH.**

Para el análisis de pH se empleó el Método AOAC 981.12 (AOAC, 2016). Para determinar el pH, primeramente, se pesaron los matraces de Erlenmeyer vacíos. A continuación, se añadieron 50 g de muestra, y 150 mL de agua destilada. Se colocó papel aluminio en las



boquillas de los matraces, los cuales fueron ubicados sobre la plancha de calor para que el contenido alcance el punto de ebullición manteniendo la temperatura constante durante 30 minutos. Luego, se retiraron las muestras y se las dejó enfriar a temperatura ambiente. Después, se filtró la solución obtenida y se las transfirió a un balón volumétrico; se añadió agua destilada y se aforó a 250 mL. La solución obtenida después del aforo se colocó en vasos de precipitado a los que se le llevó a un agitador para obtener una solución homogénea. Finalmente, se procedió a medir el pH de la muestra.

#### **5.2.6.2.2. Acidez.**

Para el análisis de pH se empleó el Método AOAC 942.15 (AOCAC, 2016). El procedimiento se realizó colocando la solución obtenida del procedimiento de pH en el agitador. Por último, con ayuda de la bureta que contenía 50 mL de NaOH, se procedió a realizar la titulación hasta alcanzar un pH aproximado de 8.1.

#### **5.2.6.3. Análisis de la Composición Química de la Cascarilla de Cacao.**

El análisis de composición química permitió la determinación de los compuestos y nutrientes presentes en la cascarilla de cacao.

##### **5.2.6.3.1. Materia seca.**

El procedimiento inició con el pesaje de crisoles; luego, se añadieron 2 gramos de muestra en cada uno, para proceder a llevarlas a la estufa a  $103 \pm 2$  °C durante 24 horas. Finalmente, se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador y se procedió a pesar.

Para calcular el contenido de materia seca de cada muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MS = 100 - \%H$$

$$\%MS = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso muestra antes del secado}} \times 100$$

H= humedad de la muestra

##### **5.2.6.3.2. Cenizas.**

Para determinar las cenizas se empleó el Método AOAC 923,03 (AOAC, 2016). Se empezó pesando 2 gramos de muestra, luego se la llevó a la mufla a 600 °C durante 4 horas. A

continuación, se dejó enfriar en el desecador y por último se procedió a pesar el residuo. Para calcular la composición en cenizas, se empleó la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso del crisol} - \text{peso crisol cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### 5.2.6.3.3. *Proteína Cruda.*

Para determinar la proteína cruda de la cascarilla de cacao se empleó el Método AOAC 2001.11 (AOAC, 2016). Se inició pesando el papel libre de nitrógeno, sobre el cual se colocó 0.70 g de muestra. Las muestras y el papel fueron colocados dentro de un tubo de Kjeldahl de 300 mL. Luego, se agregó una tableta catalizadora y 13 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. En un matraz de Erlenmeyer se preparó una solución con 60 mL de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4%, con un pH 4,65, se incluyó una mezcla de los indicadores rojo de metilo y verde de bromocresol, rápidamente se colocó a la salida del refrigerante cuidando que el extremo del mismo quede sumergido en la solución ácida. El equipo fue agregando la solución necesaria de NaOH al 30% para reaccionar con el sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El indicador vira a azul cuando empieza a destilarse el NH<sub>3</sub> por arrastre en corriente de vapor. La destilación finaliza hasta alcanzar un volumen de aproximadamente 200 mL, en el matraz de Erlenmeyer colector. Por último, se tituló con solución valorada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 0,2 N hasta lograr el viraje. Para todo el ensayo se debió realizar un blanco de reactivos.

Para determinar la composición de proteína cruda se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Proteína\ total = (V_{muestra} - V_{blanco}) \times N_{ácido} \times 1.4 \frac{F}{G_{muestra}}$$

V<sub>muestra</sub> = ml de ácido gastado en la valoración de la muestra.

V<sub>blanco</sub> = ml de ácido gastado en la valoración del blanco.

N<sub>ácido</sub> = Normalidad del ácido sulfúrico.

0.014 = peso del meq de nitrógeno, en g

F = factor de conversión de nitrógeno a proteína (6.25).

G<sub>muestras</sub> = peso en g de la muestra.

#### 5.2.6.3.4. *Fibra Cruda (FC).*

Para determinar la fibra cruda, se empleó el método (962.09) de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2016). Primero se pesaron las bolsas, a las que se les

añadió 0,5 g de muestra. Estas fueron selladas y colocadas en el equipo ANKOM2000 Fiber Analyzer. A continuación, se añadieron 2000 mL de ácido sulfúrico al 0,255 N, y 3-5 gotas de n-octanol; se llevó a ebullición durante 30 minutos desde que inició ese proceso. Posteriormente, se lavaron las bolsas con las muestras por tres veces con 2000 mL de agua destilada o hasta que el residuo tuvo un pH neutro. Luego, se agregaron 2000 mL de NaOH al 0,313 N y 3-5 gotas de n-octanol, Las bolsas luego fueron sometidas a una nueva ebullición por 30 minutos y se las lavó nuevamente por tres veces, con 2000 mL de agua destilada o hasta que el residuo tuvo un pH neutro. Seguidamente, las bolsas fueron sumergidas en 25 mL de acetona grado analítico; se las dejó secar en una estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante; se las dejó enfriar en un desecador, se las pesó; y, finalmente, se las colocó en la mufla a 650 °C por 4 horas.

#### **5.2.6.3.5. Fibra Detergente Neutra (FDN).**

Para determinar la fibra detergente neutra se empleó el método (2002.04) (AOAC, 2016). Primero, se pesaron las bolsas, se añadió 0,5 g de muestra y se sellaron. Seguidamente, se añadieron 2000 mL de solución detergente neutro a temperatura ambiente con 20g de sulfito de sodio y 3 gotas de n-octanol, luego, se calentó la solución durante 60 minutos contados a partir del momento en que alcanzó el punto de ebullición. A continuación, se procedió a lavar tres veces con 2000 mL de agua destilada o hasta que el residuo tenga un pH neutro. Después, se sumergieron las bolsas en acetona y se dejó secar en la estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante. Seguidamente, se dejó enfriar en un desecador, se pesó cada bolsa con su contenido. Finalmente se realizó el cálculo de resultados, para ello, se aplicó la siguiente formula:

$$\%FDN = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### **5.2.6.3.6. Fibra Detergente Ácida (FDA).**

Para determinar la fibra detergente ácida se empleó el método (973.18) (AOAC, 2016). Se inició con el residuo obtenido del análisis de fibra detergente neutra (FDN). Se añadieron 2000 mL de solución detergente ácida a temperatura ambiente, se sumergieron las bolsas en acetona y se las dejó secar en la estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante. A continuación, se dejó enfriar en un desecador, se pesó. Finalmente, se realizó el cálculo de resultados con la siguiente formula:

$$\%FDA = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### **5.2.6.3.7. Lignina Ácida Detergente (LAD).**

Para determinar la lignina ácida detergente se empleó el método (973.18) (AOAC, 2016). Primero, se emplearon los residuos en este caso las bolsas de filtro con muestra resultantes del análisis de la Fibra Detergente Ácida (FDA). Estos residuos fueron introducidos en los recipientes para análisis de digestión, a la que se les agregó 25 mL de ácido sulfúrico al 72% a temperatura ambiente. De ahí, se colocaron los recipientes en un incubador del equipo ANKOM Daisy II, el mismo que se mantuvo en constante rotación durante 3 horas. Luego, cuando el proceso terminó, con la ayuda de una pinza se sacaron las bolsas de los recipientes y se lavaron con 2000 mL de agua destilada, por tres ocasiones o hasta que el residuo tuvo un pH neutro. Seguidamente, se dejaron secar las bolsas en la estufa a 105°C hasta que se obtuvo un peso constante; luego, se las colocó en un desecador y se pesaron una vez que se enfriaron. Por último, las bolsas fueron colocadas en crisoles y llevadas a la mufla a 650°C por 4 horas y, una vez enfriadas, se pesó el resultante. El porcentaje de LDA se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%LDA = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### **5.2.7. Procesamiento y Análisis de Resultados**

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico InfoStat, versión 2020. En este análisis se consideró como principal factor la cascarilla de cacao de la variedad nacional obtenido de seis establecimientos situados en la provincia de El Oro. Para realizar las comparaciones entre medidas, se aplicó la prueba de Tukey. Los p-valores <0,05 fueron considerados como significativos.

#### **5.2.8. Consideraciones Éticas**

El presente estudio es de tipo observacional realizado en un subproducto del cacao, por lo tanto, no se realizó ningún tipo de intervención en animales.

## 6. Resultados

### 6.1. Caracterización de la Cascarilla de Cacao

El presente trabajo de investigación tuvo la finalidad de aportar información sobre la composición físico-química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional obtenido de tres establecimientos dedicados a la producción de cacao. Las propiedades físicas de la cascarilla de cacao determinadas fueron: capacidad de retención de agua (g de agua absorbida/g de fibra), la densidad aparente (kg/ m<sup>3</sup>) y la humedad (%). Las propiedades químicas que se midieron incluyeron: materia seca, ceniza, proteína cruda, fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN), fibra ácida detergente (FDA), lignina ácida detergente (LAD), todos ellos expresados en porcentaje. Los resultados obtenidos se detallan en las tablas 10 y 11.

**Tabla 11.**

*Caracterización física de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51*

Análisis	CN	CCN51	C.V.	p-valor
Capacidad de retención de agua (g/g)	4,51	3,42	31,42	0,3469
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	137,67	125,92	0,33	< 0,0001
Humedad (%)	6,94	7,69	8,25	0,2024

CV= Coeficiente de variación, P-valor= Tabla F

**Tabla 12.**

*Caracterización química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51*

Análisis	CN	CCN51	C.V.	p-valor
pH	5,17	5,57	5,58	0,1802
Acidez, (%)	0,38	0,31	30,24	0,4190
Materia seca, (%)	92,73	92,31	0,28	0,1199
Cenizas, (%)	7,88	18,25	52,69	0,1389
Proteína cruda, (%)	8,12	8,24	2,83	0,5396
Extracto etéreo, (%)	11,57	16,87	41,68	0,3352
Fibra cruda, (%)	20,25	17,64	11,71	0,2226
Fibra detergente neutra (FDN), %	48,36	50,61	1,46	0,0190
Fibra ácida detergente (FDA), %	34,37	35,70	12,01	0,7185
Lignina ácida detergente (LDA), %	24,87	26,23	3,57	0,1424

CV= Coeficiente de variación, P-valor= Tabla F

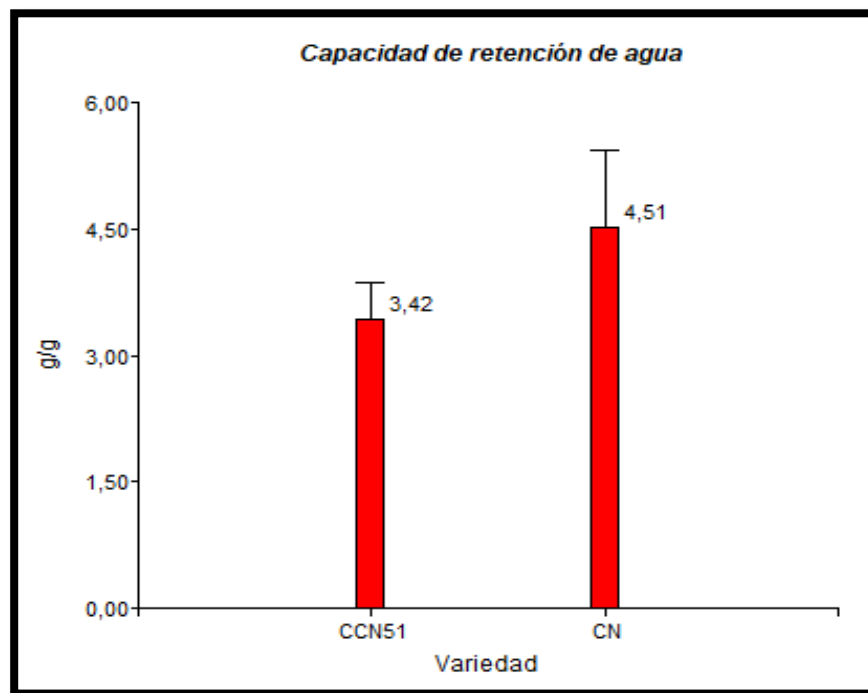
## 6.2. Parámetros Físicos y Bromatológicos de la Cascarilla de Cacao

El análisis de varianza, ADEVA, mostró que los parámetros físicos y químicos en las muestras analizadas (Tabla 10), no son estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ), Excepto el parámetro de densidad aparente que mostró significancia estadística.

## 6.3. Caracterización Física de la Cascarilla de Cacao de la Variedad Nacional y CCN51

### 6.3.1. Capacidad de Retención de Agua

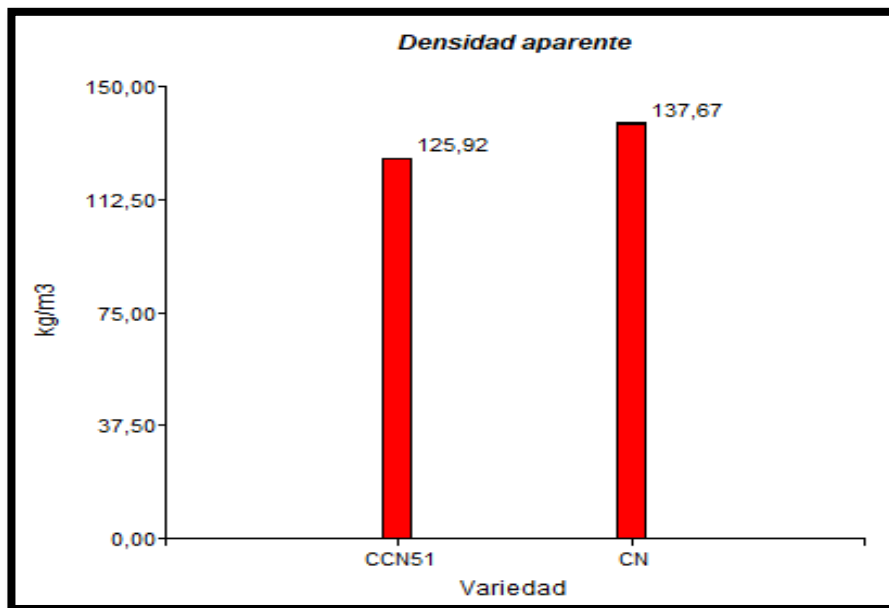
En la figura 8, se puede observar que la cascarilla de cacao de la variedad nacional tiene una mayor capacidad de retención de agua con 4,51 g/g, comparado con la cascarilla de cacao de la variedad CCN51, con 3,42 g/g.



**Figura 8.** Capacidad de retención de agua de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51.

### 6.3.2. Densidad Aparente

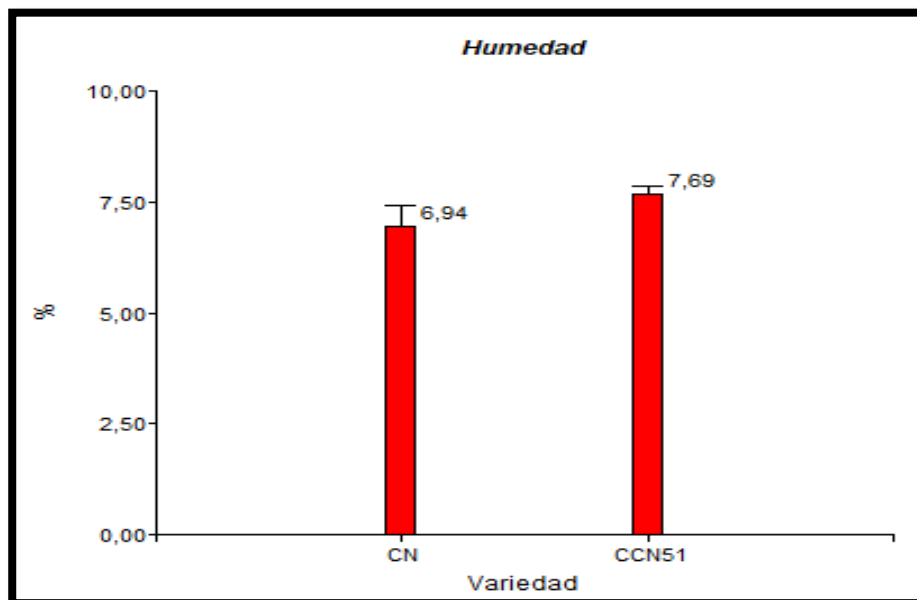
En la figura 9, se observa que la densidad aparente de la cascarilla de cacao de la variedad nacional es mayor, con un 137,67 kg/m<sup>3</sup>, en relación con la de la variedad CCN51 (125,92 kg/m<sup>3</sup>).



**Figura 9.** Densidad aparente de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.3. Humedad

La figura 10, muestra que la humedad de la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 es mayor, alcanzando un 7,69%. En cambio, la humedad de la cascarilla de cacao de la variedad nacional fue del 6,94%.



**Figura 10.** Humedad de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

#### 6.3.4. pH

El pH (Figura 11) de la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 es más elevado al de la cascarilla de caca de la variedad nacional con 5,57 y el 5,17, respectivamente.

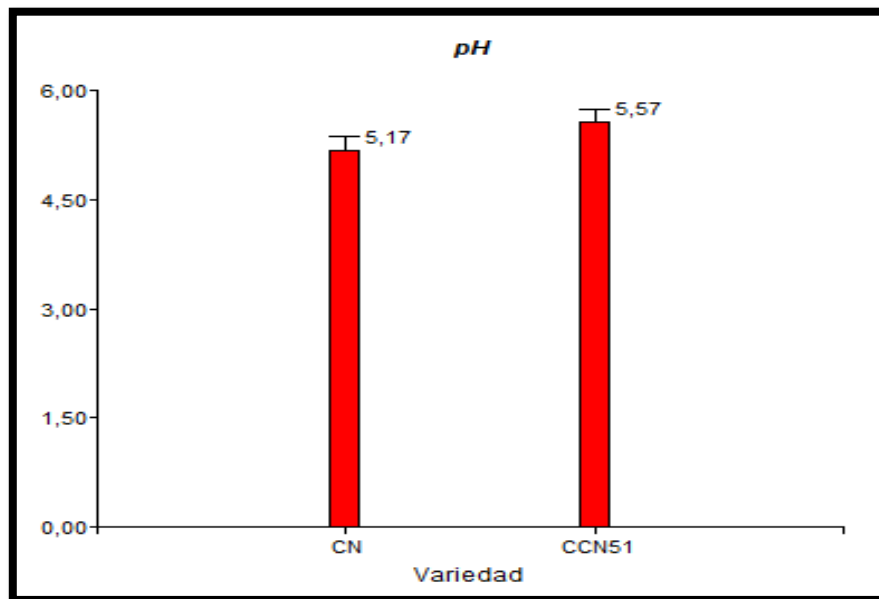


Figura 11. pH de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

#### 6.3.5. Acidez

Como se muestra en la figura 12, la cascarilla de cacao de la variedad nacional es mayor con el 0,38%, mientras que, la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 tiene un valor de 0,31%.

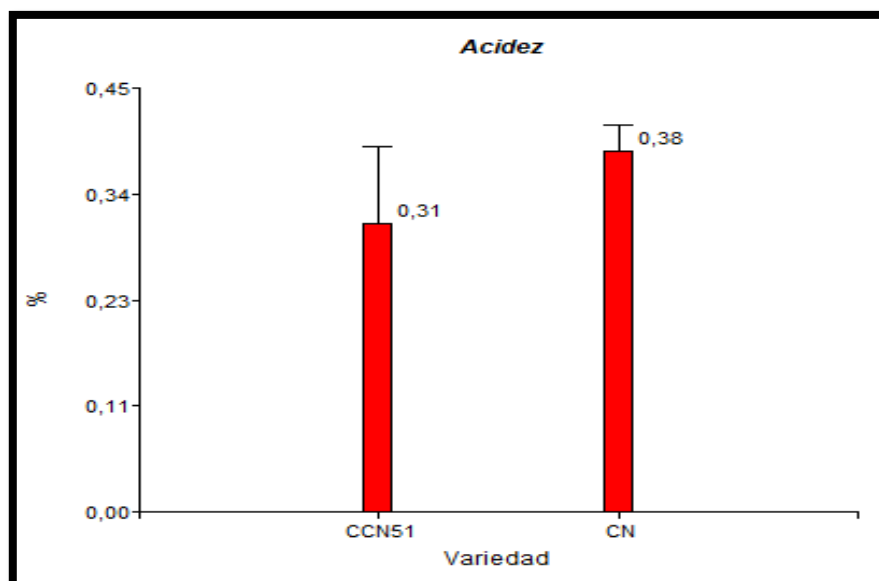
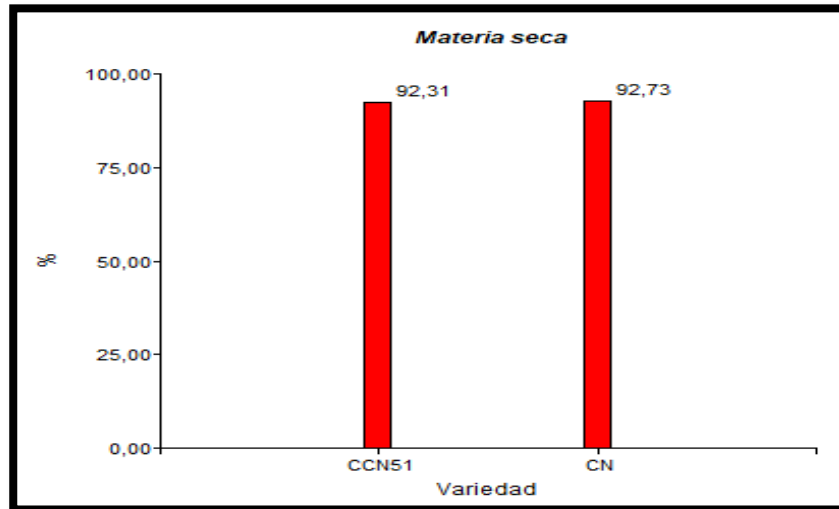


Figura 12. Acidez de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51



### 6.3.6. *Materia Seca*

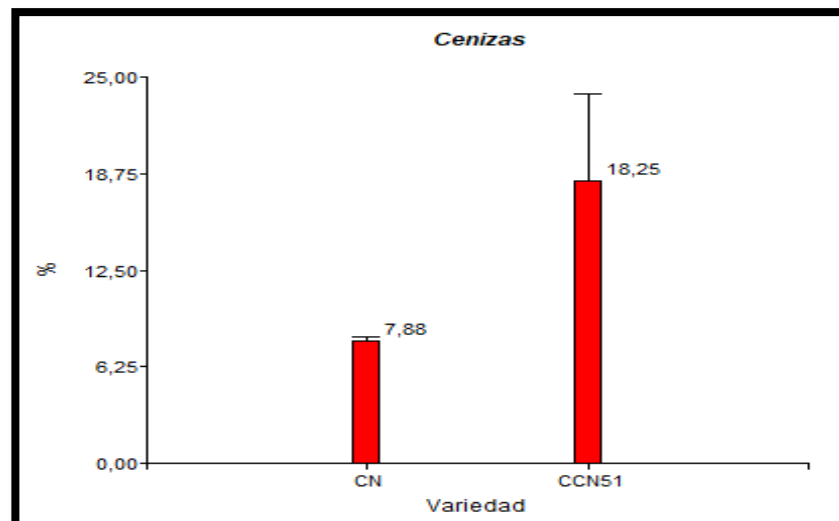
En lo que respecta a materia seca (Figura 13), la cascarilla de cacao de la variedad nacional registró un valor de 92,73%, mientras que, la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 contiene un 92,31%.



**Figura 13.** Composición en materia seca de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.7. *Cenizas*

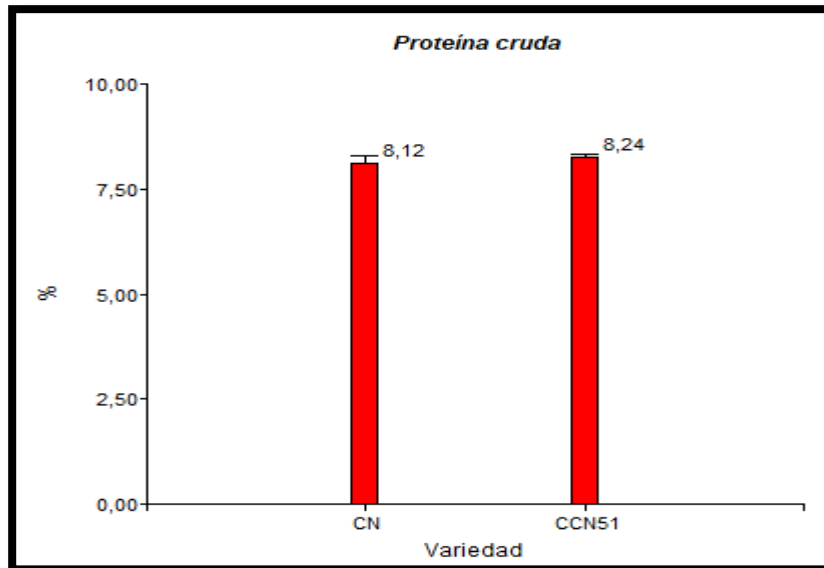
En la figura 14, se observa que, en lo que respecta a la composición de cenizas, la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 tiene un mayor porcentaje (18,25%) que la cascarilla de cacao de la variedad nacional (7,88%).



**Figura 14.** Composición de cenizas de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.8. *Proteína Cruda*

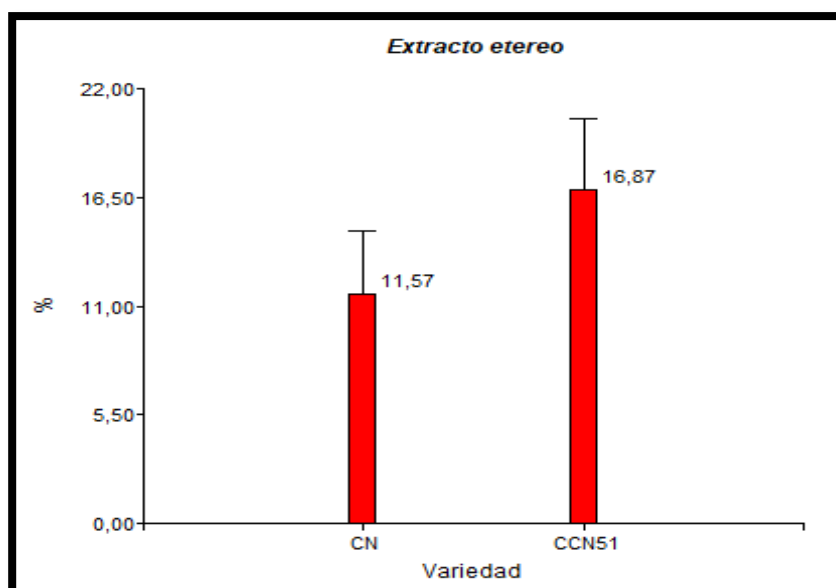
La figura 15, muestra que el contenido de proteína cruda de la cascarilla de la variedad nacional es menor con un 8,12%, en cambio, la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 es de un 8,24%.



**Figura 15.** Proteína cruda de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.9. *Extracto Etéreo*

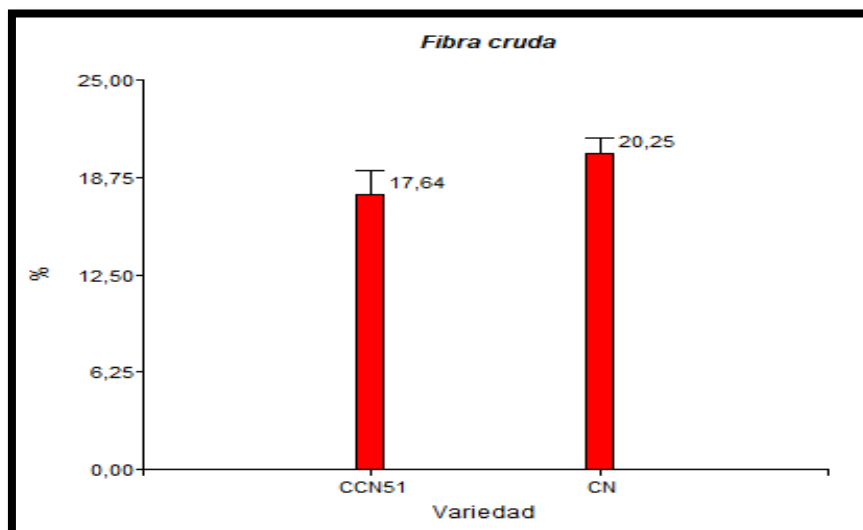
En la figura 16, se observa que, la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 mostró un mayor resultado de extracto etéreo (16,87%), en comparación con la cascarilla de cacao de la variedad nacional (11,57%).



**Figura 16.** Extracto etéreo de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.10. Fibra Cruda

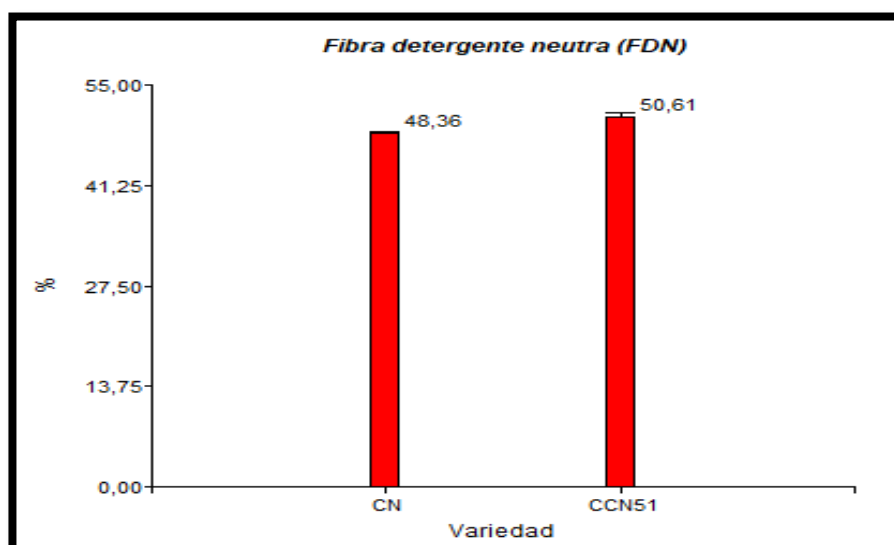
La figura 17, muestra que la cascarilla de cacao de la variedad nacional tiene mayor cantidad de fibra cruda con el 20,25%, en cambio, la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 tiene un valor de 17,64%.



**Figura 17.** Composición en fibra cruda de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.11. Fibra Detergente Neutra

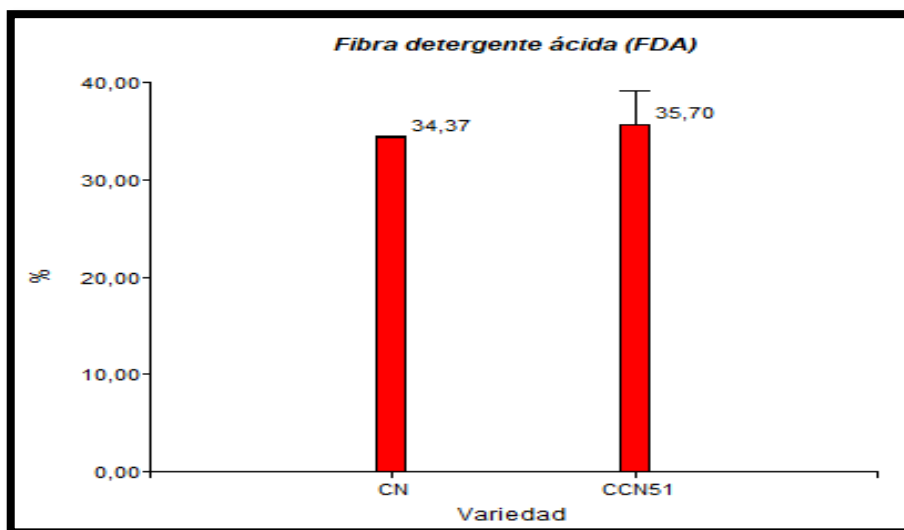
Con respecto a la FDN (figura 18), se evidencia que la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 tiene mayor contenido (50,61%), que la cascarilla de cacao de la variedad nacional (48,36%), existiendo diferencia estadística significativa.



**Figura 18.** Composición en fibra detergente neutra de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.12. Fibra Detergente Ácida

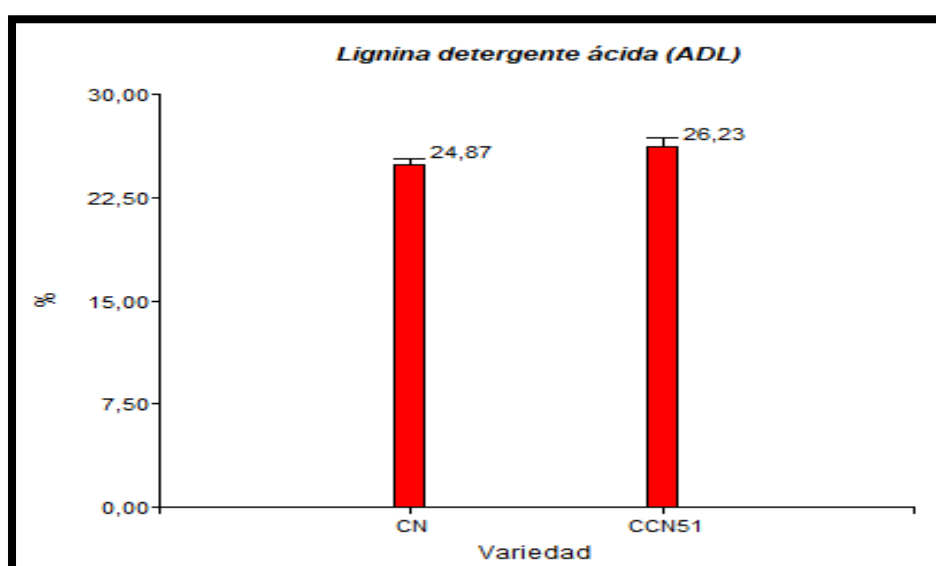
En cuanto a fibra detergente ácida que se muestra en la figura 19, se registró un mayor contenido en la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 con un 35,70%, que la cascarilla de cacao de la variedad nacional con un 34,37%.



**Figura 19.** Composición en fibra detergente ácida de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

### 6.3.13. Lignina Detergente Ácida

En la figura 20, muestra que el porcentaje de lignina detergente ácida es mayor en la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 (26,23%), en comparación con la cascarilla de cacao de la variedad nacional (24,87%).



**Figura 20.** Composición en lignina detergente ácida de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51

## 7. Discusión

En el presente estudio se analizó la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51, obtenidos de diferentes establecimientos situados en la provincia de El Oro, las cuales, fueron producidas bajo los mismos métodos de elaboración.

La caracterización de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*), residuo agroindustrial, se llevó a cabo conforme a los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC) para realizar la determinación de las variables: humedad, pH, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA).

Los resultados obtenidos de la caracterización física con respecto a la capacidad de retención de agua fueron similares a los obtenidos por González et al, 2020, quienes reportaron un valor de 3,5 g/g, mientras que, los valores obtenidos en el presente estudio de investigación fueron 3,42 g/g de la variedad CCN51 y 4,51 de la variedad nacional. Es relevante señalar que hay ciertos factores que pueden influir en la capacidad de retención de agua como la composición química, estructura física, tamaño de partículas, condiciones ambientales y el tipo de fibra (Tello & Vega, 2015). Una alta capacidad de retención de agua es beneficiosa para prevenir una separación de componentes líquidos para mantener su viscosidad y estructura sin alteraciones, siendo la cascarilla de cacao un subproducto que presenta una relevante capacidad de retención de agua debido a su porosidad y composición rica en fibra, lo que lo convierte en un producto valioso para aplicaciones agrícolas y ambientales (Buscema et al, 2014).

La densidad aparente de la cascarilla de cacao fue de 137,67 kg/m<sup>3</sup> en la variedad nacional y 125,92 kg/m<sup>3</sup> en la variedad CCN51. Estos valores fueron inferiores al del estudio de Cuan et al (2020), quienes reportaron un valor de 307,2 kg/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que, en el estudio de Cuan y sus colaboradores se analizó la cacota de cacao, a diferencia de la presente investigación en la que se analizó la cascarilla de cacao. No fue posible comparar la densidad aparente de este subproducto con otros reportes en la literatura. Sin embargo, dado que se realizaron múltiples repeticiones, se puede considerar que los resultados son confiables y reflejan de manera precisa la densidad aparente de la cascarilla de cacao. La densidad aparente de la cascarilla de cacao varía dependiendo de factores como el proceso de secado, tamaño de partículas y comprensión del material. Además, esta propiedad puede influir en la manera en

que la cascarilla se mezcla con otros componentes en formulaciones alimentarias o en el desarrollo de bioproductos (Bonilla et al, 2019; &, Pérez, 2020).

En cuanto a la variable de humedad, se obtuvieron valores de 6,94% de la variedad nacional y 7,69% de la variedad CCN51. Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Villamizar & López, (2016) quienes reportaron una composición de 6,7%. En contraste, Buscena et al, (2014), reportaron un resultado inferior, de 3.46-5,08%. Es importante señalar que cuando se obtiene un alto contenido de humedad, es mayor la probabilidad de reducción en la vida útil de la materia prima (Mendoza et al, 2016). Para asegurar la estabilidad microbiológica de este subproducto, el contenido de humedad no debe exceder el 13,1 % (Gonzalez et al, 2020).

Con respecto a los resultados de pH, se obtuvieron valores de 5,17 (nacional) y 5,57 (CCN51). Estos valores fueron inferiores con los reportados en el estudio de Alvarez et al (2018), quienes obtuvieron un valor de  $6,25 \pm 0,04$ . Los autores evaluaron la harina de la cáscara de cacao, a diferencia del presente estudio en la que se utilizó la cascarilla de cacao. Es fundamental conocer y controlar el nivel pH de la cascarilla de cacao, ya que podría propiciar el desarrollo de microorganismos patógenos capaces de contaminar la materia prima.

Los valores de acidez oscilaron entre 0,31% y 0,38% de la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 y nacional, respectivamente. Estos valores fueron superiores a los publicados por García et al (2020), quienes reportaron un rango entre el  $0,11 \pm 0,038\%$ . En la investigación realizada por García y sus compañeros, se analizó el almidón de la cáscara de cacao. Cabe recalcar que no fue posible comparar la acidez de este subproducto con otros reportes de literatura. El nivel de acidez no inhibe el crecimiento microbiano y puede aumentar el riesgo de deterioro de la materia prima (Perea et al, 2011).

Las composiciones promedio de materia seca de la cascarilla de cacao de la variedad nacional (92,73%) y la variedad CCN51 (92,31%), son inferiores a los obtenidos por Astudillo et al., (2021) cuyos valores fueron: 95,28% (nacional) y 97,03% (CCN51). En contraste, Vera (2022), determinaron una composición de 45,37% (CCN51) y 48,91 (nacional). Es necesario mencionar que el porcentaje de materia seca puede variar debido a varios factores interrelacionados como el método de procesamiento y almacenamiento (Ordoñez et al, 2019). Además, un elevado contenido de materia seca es importante porque contiene los nutrientes, fibra y otros componentes que pueden ser beneficiosos en una buena alimentación animal (Álvarez et al 2020).

El contenido en cenizas de la cascarilla de cacao de la variedad nacional (7,88%) fue inferior al del estudio de Astudillo et al (2021), quienes reportaron un 9,67%. Por otro lado, el contenido de cenizas de la cascarilla de cacao de la variedad CCN51 (18,25%) fue superior al obtenido por Vera (2022), quien indicó un valor de 10,69%. Un elevado nivel de cenizas es beneficioso, ya que suministra minerales y demás componentes vitales para el funcionamiento del organismo de los animales (Buscema et al, 2014).

Los valores de proteína cruda de la cascarilla de cacao de la variedad nacional (8,12%) y de la variedad CCN51 (8,24%) fueron superiores a los obtenidos por Villamar & López (2016), quienes reportaron un valor de 6,7%, en comparación con el estudio de Vera (2022), quien registró un valor de 8,15% (nacional) y 7,00% (CCN51). Un mayor porcentaje de proteína cruda en una materia prima es importante, especialmente en la alimentación animal permitiendo un excelente desarrollo muscular, producción de alimentos o formulación de dietas equilibradas (Bautista et al., 2021).

Con respecto al contenido de extracto etéreo, los valores encontrados en este estudio fueron 11,57% y 16,87% de la cascarilla de cacao de variedad nacional y CCN51 respectivamente, fueron superiores a los valores reportados por Vera (2022), quien reportó un contenido de 6,89% (CCN51) y 6,18% (nacional). Es importantes recalcar, que el extracto etéreo es considerado como aporte energético especialmente para animales con altos requerimientos energéticos como aquellos en etapas de crecimientos, producción de leche o trabajo físico, también mejora la palatabilidad de los animales, aporta ácidos grasos esenciales que son beneficiosos para su salud y así mismo para cumplir con las necesidades nutricionales específicas de estos (Figuroa & Salazar, 2005).

En cuanto a la composición de la fibra cruda, la variedad nacional presentó un valor de 20,25% siendo superior al valor reportado por Astudillo et al (2021) el cual fue 18,06%. En cambio, el contenido de fibra de la variedad CCN51 es de 17,64%, fue inferior al estudio de Vera (2022) quien presentó un valor de 24,83%. El contenido de fibra cruda en una materia prima es importante debido a la salud intestinal de los animales, ayuda a estimular la motilidad intestinal y promueve la función adecuada del sistema digestivo, así mismo, para satisfacer las necesidades fisiológicas y comportamientos naturales de masticación (García et al., 2008).

La fibra detergente neutra de la cascarilla de cacao de la variedad nacional determinada en este estudio fue de 48,36% y del 50,61% de la variedad CCN51. Estos valores fueron inferiores a los resultados del estudio de Alcívar & Alcívar (2020), quienes reportaron un valor

de 58,93%. Por otro lado, Vera (2022), encontró valores promedio de 41,80% (CCN51) y 41,45% (nacional). Cabe recalcar que un mayor porcentaje de fibra detergente neutra en una materia prima es esencial, debido a que contribuye al mantenimiento de un ambiente saludable en su organismo, favoreciendo la producción de saliva y correcto equilibrio entre los microorganismos del tracto digestivo de los animales (Goicochea & Paredes, 2021).

Los resultados obtenidos de la variable fibra ácida detergente de la cascarilla de cacao de la variedad nacional fueron de 34,37% y 35,70% de la variedad CCN51. Estos valores difieren con los publicados por Astudillo et al (2011), quienes obtuvieron un 35,13%. Por otra parte, Rodríguez, (2022), encontró una composición inferior en FDA (32,22%) de la variedad CCN-51. Es importante destacar, que al igual que la fibra detergente neutra, la fibra ácida detergente también estimula la rumia en rumiantes, siendo un proceso fundamental para la salud digestiva y la eficiencia en la descomposición de los alimentos en el rumen; además, la fermentación de esta fibra genera ácidos que contribuyen a mantener un ambiente ruminal adecuado, previniendo problemas como la acidosis ruminal (Barzallo et al., 2021).

En cuanto a la composición en lignina ácida detergente de la cascarilla de cacao de la variedad nacional (24,87%) y de la variedad CCN51 (26,23%), los valores encontrados en la presente investigación con comparables a los obtenidos por Astudillo et al (2011) con de 24,76% para la variedad nacional. Al contrario, Rodríguez, (2022) reportó un valor de 21,34% para la variedad CCN-51. Es necesario mencionar, que la lignina presenta tanto ventajas y desventajas en la alimentación animal. Por un lado, su capacidad para estimular la rumia es fundamental, ya que, promueve una descomposición eficiente de los alimentos y mejora la palatabilidad de la materia prima, además, actúa como reservorio de nutrientes y agua. Sin embargo, su baja digestibilidad puede limitar la disponibilidad de nutrientes, especialmente si se utiliza en grandes cantidades (Apráez, 2020; Astudillo et al, 2011; &, Jaimes et al, 2022).



## 8. Conclusiones

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se pueden formular las siguientes conclusiones:

- La cascarilla de cacao de la variedad nacional tiene mejores propiedades físicas que la variedad CCN51, en lo que respecta a la capacidad de retención de agua (4,51%) y densidad aparente (137,67%). En contraste, con la variedad CCN51, que obtuvo mejor porcentaje en cuanto a humedad con un valor de 7,69%.
- En cuanto a la composición química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional tiene mayor contenido de acidez (0,38%), materia seca (92,73%) y fibra cruda (20,25). En comparación, con la variedad CCN51 que obtuvo mayor nivel en las variables de pH (5,57%), cenizas (18,25), proteína cruda (8,24%), extracto etéreo (16,87%), fibra detergente neutra (50,61%), fibra ácida detergente (35,70%) y lignina ácida detergente (26,23%).
- Se considera que el análisis físico químico de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 producidas en la provincia de El Oro, presentó una composición química que permitiría su uso en la fabricación de alimentos balanceados, particularmente para rumiantes, por su contenido de PC y FDN

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda investigar la inclusión de ambas variedades de cascarilla de cacao (nacional y CCN51) en formulaciones de dietas animales principalmente en rumiantes, esto permitirá que se aprovechen las propiedades físicas de la variedad nacional, como su capacidad de retención de agua, junto con los beneficios nutricionales de la variedad CCN51, que presenta un mayor contenido de proteína y fibra.
- Realizar indagaciones con la posibilidad de mejorar la composición química de la cascarilla de cacao, realizando futuros tratamientos físicos y químicos, con el objetivo de incrementar su digestibilidad y valor nutritivo.
- Realizar estudios complementarios para evaluar la palatabilidad y aceptación de las diferentes variedades de la cascarilla de cacao (nacional y CCN51) en diversas especies animales principalmente en bovinos. Esto ayudará a determinar su posible combinación con otros productos o materias primas para maximizar la ingesta y rendimiento.
- Se recomienda promover el uso de la cascarilla de cacao como un recurso sostenible en la alimentación animal, destacando su potencial para disminuir los residuos y mejorar la economía circular en la producción agroindustrial.

## 10. Bibliografía

Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión*, No. 7, 59-83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>

Acosta, Y., Autukai, J., Carrasco, R., García, A., & Terrones, H. (2022). Subproductos del cacao (*Theobroma cacao*) como alternativa para la mejora de la dieta balanceada en rumiantes. *Rev inv cien Dekamu Agropec*, 3(1), 42-57. doi: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.72>

Alcívar, L., & Alcívar, W. (2020). *Valoración nutricional de la cáscara de cacao y su potencial uso en nutrición de bovinos* [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21957/1/T-ESPE-043565.pdf>

Alvarez, C., Castillo, E., & Contreras, Y. (2018). Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*theobroma cacao* L.) Cosechados en Caucagua estado Miranda. Venezuela. *Rev Investigación*, 42(95). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376160247008>

Andrade, A., Bastidas, S., Burbano, A., Caicedo, C., Chanaluiza, A., Chancosa, C., Díaz, A., Enríquez, G., Fernández, F., Intriago, J., Lima, L., Monteros, A., Paredes, N., Sotomayor, D., Subía, C., Tinoco, L., & Vargas, Y. (2022). *Manual del cultivo de cacao sostenible para la Amazonía ecuatoriana: Vol. Manual No.125* (1.<sup>a</sup> ed.).

Apraéz, J. (2020). *Análisis químico de alimentos para animales* (1a Ed.). San Juan de Pasto: Editorial Universidad de Nariño. <https://doi.org/10.22267/lib.udn.012>

Astudillo, C., Cabrera, W., Jiménez, W., Montecé, G., Naula, M., Vera, J., Villa, U., Zaruma, F., & Zambrano, F. (2021). Residuos de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 13(2), e839. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.839>

Barzallo, D., Gavin, C., Lazo, R., & Rodríguez, J. (2021). Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 1-14. <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.166>

Buscema, I.; Sangronis, E., Soto, M. J., & Valero, Y. (2014). Cascarrilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Alan, 8.

Baumann, P., Lee, J., Behrens, T., Biswas, A., Six, J., McLachlan, G., & Rossel, R. A. V. (2022). Modelling soil water retention and water-holding capacity with visible–near-infrared spectra and machine learning. *European Journal Of Soil Science*, 73(2). <https://doi.org/10.1111/ejss.13220>

Bautista, M., Landeros, C., Martínez, J., Mendoza, G., Olmos, G., Tarango, L., & Ugalde, S. (2021). Requerimientos y balance nutricional de fósforo y proteína cruda en plantas preferidas por el borrego cimarrón (*Ovis canadensis mexicana*). *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 21(1), e2021211. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2021.21.1>

Bonilla, M., Cobas, M., Falcón, E., Rodríguez, O., & Romero, C. (2016). Influencia del sustrato en la calidad de la planta *Swietenia Mahagoni* (L.) Jacq., cultivada en contenedores. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 283-296. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/422/html#:~:text=Las%20mezclas%20representadas%20por%20los,%2C65%20g%20mL%2D1>

Campo, M., Carpio, E., & Matute, L. (2017). Caracterización físico-química de la cascarrilla de *Theobroma Cacao L*, variedades nacional y CCN-51. *Conference Proceedings UTMACH*, 2(1). <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/309/253>

Cely, D., Flórez, D., Maza, R., Ortíz, J., & Sotelo, D. (2020). Efecto de la suplementación alimentaria a base de cascarrilla de cacao (*Theobroma cacao*) sobre la producción y calidad de la leche de vacas mestizas alimentadas con pasto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 14(2), 171-188. <https://doi.org/10.22490/21456453.6500>

CONAHCYT. (2022). *Las propiedades de la cascarrilla de grano de cacao*. Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías. <https://www.ciad.mx/las-propiedades-de-la-cascarilla-de-grano-de-cacao/#:~:text=La%20cascarilla%20de%20grano%20de%20cacao%20es%20un%20subproducto%20derivado,para%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20fertilizante>

Cuan, M., Gómez, R., Güiza, I., López, L., & Monsalve, N. (2023). Caracterización de la cacota de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon fear-05 para la obtención de materiales carbonosos mediante activación química para posible uso industrial. *Sociedad y Ambiente*, 21(2), 138-156.

Espinoza, G., & Vasquez, B. (2023). *Efectos de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao) en una bebida láctea sobre las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas* [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2232/1/TIC\\_AI56D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2232/1/TIC_AI56D.pdf)

Flóres, D., & Velásquez, Y. (2022). Efecto de la harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) sobre el desempeño productivo de pollo de engorde. *Rev Inv Agraria y Ambiental*, 13(2), 165-174. doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.4480>

García, O., Infante, R., & Rivera, C. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1), 25-30. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-07522008000100005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005)

García, L., Herrera, J., Olaya, A., & Villa, L. (2020). Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. como alternativa de bioprospección. *Rev ION*, 33(2). doi:<https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020002>

Guillerí, A., Tandazo, E., Vélez, W., & Viteri, I. (2020). Evaluación del proceso de elaboración de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para alimento porcino. *Rev Caribeña de Ciencias Sociales*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/01/elaboracion-harina-cacao.html>

Goicochea, E., & Paredes, M. (2015). Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutra y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos Del Cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(1). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172021000100003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172021000100003)

González, J., Pérez, D., Rodríguez, A., Rodríguez, J., & Villavicencio, M. (2020). Caracterización física y química de la cascarilla del grano tostado de cacao. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30(3), 23-30.

Guamán, C. (2021). La harina de cascarilla de cacao en la alimentación de cuyes. *Poltécnic Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16268/1/17T01683.pdf>

Guamán, M., Oyaque, S., & Teneda, W. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador\*. *Cuadernos de Contabilidad*, 20(50). [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/20-50%20\(2019\)/151561447004/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/20-50%20(2019)/151561447004/)

*Instituto Nacional de Estadística y Censos*. (2022). INEC. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTEyY2NiZDI0YjZiYi00ZGQ1LTlkNGEtNDE1OGViM2Q1N2VlIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWVtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9&pageName=ReportSection>

Jaimes, I., Sánchez, L., & Sánchez, L. (2022). Suplemento bovino a base de cáscara y cascarilla de cacao, para inferir en el mejoramiento de la producción de bovinos de leche. *Producción Agroindustrial*. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/5996581d-160e-43b7-ba4d-e2456d984521/content>

Jumbo, M. (2021.). Implementación en 3 niveles de harina de cacao (*Theobroma cacao*) 5;10 Y 15% sustituyendo la proteína en dietas de pollos de engorde. *Univ Tecn Cotopaxi*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10213/1/PC-002611.pdf>

Lema, L. (2016). Evaluación de harina de *Theobroma cacao* (cascarilla de cacao) para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento-engorde. *Politecn Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5254/1/17T1335.pdf>

Mendoza, L., Rivera, C., Rivera, P., & Rizo, J. (2016). Desarrollo de un método analítico alternativo para la determinación del porcentaje humedad y materia volátil en aceite vegetal de uso comestible. *Revista Científica de la UNAN-León*, 7(1), 52-59. <http://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/revistauniversita/article/download/291/253>

Murillo, I. (2008). Evaluación de 2 dietas experimentales con diferentes niveles de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) en las fases de crecimiento y acabado de cuyes (*Cavia porcellus L.*) de raza andina. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/31993/1/D-65694.pdf>

Ordoñez, S., Tigselema, S., & Vera, J. (2019). Cascarilla de cacao (*theobroma cacao* L.) De líneas híbridas para la elaboración de rehiletes de chocolate. *Universidad y Sociedad*, 11(2). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202019000200136](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000200136)

Penadillo, D. (2018). Desempeño bioeconomico de cuatro niveles de inclusión de harina de cáscara de *Theobroma cacao* L. en dietas de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) en fase de engorde. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Obtenido de [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1462/DMP\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1462/DMP_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Perea, J., Ramírez, O., & Villamizar, A. (2011). Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. *Biotecnología En el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 35-42. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117873.pdf>

Pita, M. (2020). Estudio comparativo del alimento balanceado obtenido con la mezcla de harinas de garbanzo, arroz, chocho y cáscara de cacao versus fórmulas comerciales para cerdos en la etapa de engorde. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15265/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-65.pdf>

Quiróz, J. (2012). Influencia de la agronomía y cosecha sobre la calidad del cacao. *Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria (INIAP)*, No. 147, 2-3. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2049/1/iniaplsbt147i.pdf>

Rodríguez, J., Rodríguez, A., Pérez, D., Ríos, J., & Villavicencio, M. (2020). Caracterización física y química de la cascarilla del grano tostado de cacao: Physical and chemical characterization of roasted cocoa Bean Shell. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30(3), 23-30. <https://www.revcitecal.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/202>

Salazar, D. (2017). Efecto de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) sobre los índices productivos en cuyes (*Cavia porcellus*). *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26364/1/Tesis%20101%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20517.pdf>

Tapia, C. (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) variedad arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión*

[Universidad Técnica de Ambato].

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11981/1/AL%20574.pdf>

Tello , L., & Vega, R. (2015). Metodologías para determinar la retención de humedad y la densidad en el compost. *Anales Científicos*, 76(1), 186-192.

Vera, J. (2022). Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos del cantón La Troncal - Ecuador. *Rev Sinapsis*, 2(21). Obtenido de <http://www.itsup.edu.ec/sinapsis>

Villamizar, A. & López, L. (2016). Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción. *Revista Científica de la Universidad Francisco de Paula Santander*, 9.

Yépez, J. (2021). Inclusión de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la dieta: Sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne (*Oreochromis Spp*). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/73d04808-4416-48f1-9424-7ff6f4d601b3/content>



## 11. Anexos



**Anexo 1.** Muestra de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51



**Anexo 2.** Análisis de acidez y pH



**Anexo 3.** Proceso de determinación de materia seca de la cascarilla de cacao en base seca



**Anexo 4.** Cascarilla de cacao de la variedad nacional en base seca



**Anexo 5.** Procedimiento para obtención de extracto etéreo

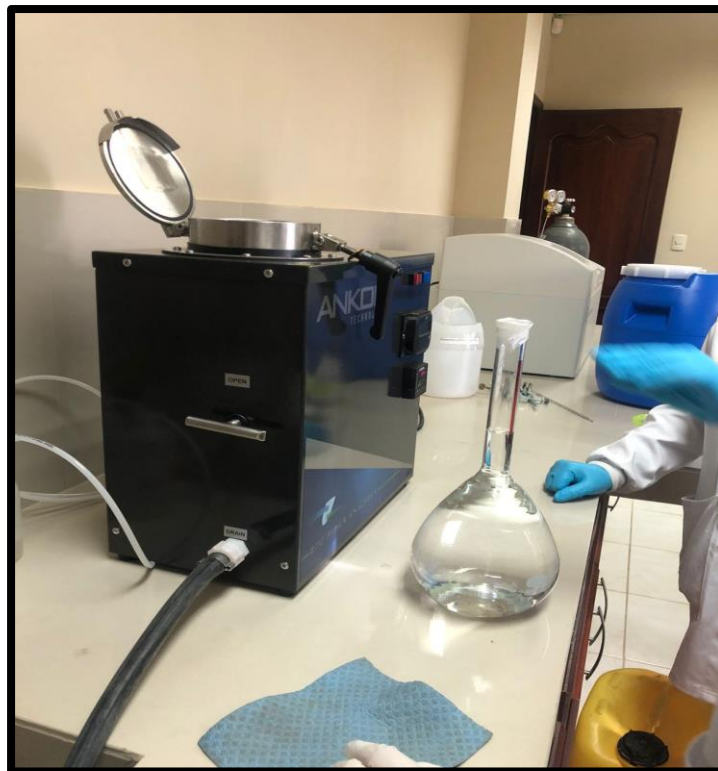


**Anexo 6.** Proceso de obtención de la capacidad de retención de agua





**Anexo 7.** Procedimiento para analizar proteína cruda



**Anexo 8.** Procedimiento para obtención de fibra cruda, fibra neutra detergente, fibra ácida detergente y lignina ácida detergente.

## CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Loja, 27 de noviembre de 2024

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

**DOCENTE DE INGLÉS**

A petición verbal de la parte interesada:

**CERTIFICA:**

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular titulado **Caracterización físico-química de la cascarilla de cacao (*Theobroma Cacao*)**, para uso en la alimentación animal, de la autoría de: **Karla Jacqueline Viveros Riofrio**, portadora de la cédula de identidad número **0706423027**

Para efectos de traducción se han considerado los lineamientos que corresponden a un nivel de inglés técnico, como amerita el caso.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la portadora del presente documento, hacer uso del mismo, en lo que a bien tenga.

Atentamente. -



Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

N° Registro Senescyt 4to nivel **1031-2021-2296049**

N° Registro Senescyt 3er nivel **1008-16-1454771**

**Anexo 9.** Certificado de ingles

**Tabla 13.** Caracterización física de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 de la provincia de El Oro.

<b>Análisis de Varianza para los análisis físicos</b>							
<b>Parámetros evaluados</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Error</b>	<b>C.V.</b>	<b>p-valor</b>
% Capacidad de retención de agua	1,76	1	1,76	1,13	6,21	31,42	0,3469
Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	207,09	1	207,09	1086,35	0,76	0,33	<0,001
% Humedad	0,84	1	0,84	2,32	1,45	8,25	0,2024

SC = Suma de cuadrado, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios, F calc = F de Fisher, P- valor = Tabla F, CV= Coeficiente de variación

**Tabla 14.** Caracterización química de la cascarilla de cacao de la variedad nacional y CCN51 en base seca

<b>Análisis de Varianza para los análisis químicos</b>							
<b>Parámetros evaluados</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Error</b>	<b>C.V.</b>	<b>p-valor</b>
pH	0,24	1	0,24	2,63	0,36	5,58	0,1802
% Acidez	0,01	1	0,01	0,81	0,04	30,24	0,4190
% Materia seca	0,26	1	0,26	3,89	0,27	0,28	0,1199
% Ceniza	161,20	1	161,20	3,40	189,57	52,69	0,1389
% Proteína cruda	0,02	1	0,02	0,45	0,21	2,83	0,5396
% Extracto etéreo	42,08	1	42,08	1,20	140,52	41,68	0,3352
% Fibra cruda	10,24	1	10,24	2,08	19,69	11,71	0,2226
% Fibra detergente neutra (FDN)	7,59	1	7,59	14,51	2,09	1,46	0,0190
% Fibra ácida detergente (FDA)	2,65	1	2,65	0,15	70,88	12,01	0,7185
% Lignina ácida detergente (LDA)	2,76	1	2,76	3,32	3,32	3,57	0,1424

SC = Suma de cuadrado, gl = grados de libertad, CM = Cuadrados medios, F calc = F de Fisher, P- valor = Tabla F, CV= Coeficiente de variación.