



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y  
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL**

**TEMA: VALORACIÓN NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA DE  
CACAO Y SU POTENCIAL USO EN NUTRICIÓN DE BOVINOS**

**AUTORES:  
ALCÍVAR MURILLO, LEONARDO LENIN  
ALCÍVAR GUADAMUD, WILMER WAGNER**

**DIRECTOR: VILLAVICENCIO ABRIL, ÁNGEL FABIÁN PhD.**

**SANGOLQUÍ**

**2020**



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE  
TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

**CERTIFICADO DEL DIRECTOR**

Certifico que el trabajo de titulación, *"VALORACIÓN NUTRICIONAL DE LA CÁSCARA DE CACAO Y SU POTENCIAL USO EN NUTRICIÓN DE BOVINOS"* fue realizado por los señores *Alcívar Murillo, Leonardo Lenin, y Alcívar Guadamud, Wilmer Wagner* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de diciembre del 2019

Villavicencio Abril Ángel Fabián PhD.

C.C: 1712390200



## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

### CENTRO DE POSGRADOS


### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Alcívar Murillo, Leonardo Lenin*, con cédula de ciudadanía N°: 1309862769, y *Alcívar Guadamud, Wilmer Wagner*, con cédula de ciudadanía N°: 1311707051, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Valoración nutricional de la cáscara de cacao y su potencial uso en nutrición de bovinos”* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 10 de diciembre del 2019

  
-----  
**Alcívar Murillo, Leonardo Lenin**  
C.C: 1309862769

  
-----  
**Alcívar Guadamud, Wilmer Wagner**  
C.C: 1311707051



## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA


### CENTRO DE POSGRADOS

#### AUTORIZACIÓN

Yo, *Alcívar Murillo, Leonardo Lenin*, con cédula de ciudadanía N°: 1309862769, y *Alcívar Guadamud, Wilmer Wagner*, con cédula de ciudadanía N°: 1311707051, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “*Valoración nutricional de la cáscara de cacao y su potencial uso en nutrición de bovinos*” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 10 de diciembre del 2019

  
.....  
**Alcívar Murillo, Leonardo Lenin**  
C.C: 1309862769

  
.....  
**Alcívar Guadamud, Wilmer Wagner**  
C.C: 1311707051

## DEDICATORIA

A mi esposa, hijas y padres.

**Alcívar Murillo, Leonardo Lenin**

La educación es un seguro para la vida y un pasaporte para la eternidad, por esta razón dedico esta investigación primeramente a Dios por permitirme tener vida, salud y poder realizar unos más de mis propósitos como es ser Magister.

A mi padre Wilmer Alcívar (†) y mi madre Marlene Guadamud, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, ya que muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mis hijos Thiago Matteo y Luana Claribel, por las fuerzas que me inspiran para seguir trabajando y preparándome hasta alcanzar mis objetivos. Ustedes son mi más grande motivación.

A mi amada esposa Claribel Cedeño, quien con su ayuda incondicional me fortaleció hasta en los momentos más turbulentos de este proceso formativo, ya que no fue fácil y no va a ver manera de devolverte todo el apoyo que me has dado amor.

**Alcívar Guadamud, Wilmer Wagner**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro inmenso agradecimiento a las autoridades y docentes de la Escuela Superior Politécnica del Ejército ESPE por habernos brindado la oportunidad de realizar la maestría en Producción y Nutrición Animal, por el apoyo y colaboración oportuna en el desarrollo del proceso de investigación.

A nuestros familiares que con comprensión y afecto aceptaron nuestro alejamiento temporal de las responsabilidades del hogar mientras cumplíamos con nuestras actividades académicas.

**Los autores**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....</b>	<b>i</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	4
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Marco de Referencia (antecedentes de la investigación).....	6
2.1.1 Cacao.....	6
2.1.2 Descripción botánica del cacao ( <i>theobroma sphaerocarpum</i> a. Chev.).....	6
2.1.3 Cáscara de cacao.....	7
2.1.3.1 Generalidades.....	7
2.1.3.2 Composición nutricional.....	7
2.1.3.3 Usos.....	8
2.1.4 Clasificación botánica.....	9
2.1.4.1 Subespecie cacao.....	9
2.1.4.2 Subespecie <i>sphaerocarpum</i> .....	10
2.1.4.3 Variedades del cacao.....	10

2.1.5	Producción de cacao, superficie y rendimiento .....	12
2.1.6	Análisis proximal.....	15
2.1.7	Análisis bromatológico de muestras.....	15
2.1.8	Análisis Van Soest.....	16
2.1.8.1	Fibra detergente neutra (FDN).....	17
2.1.8.2	Fibra detergente acida (FDA) .....	17
2.1.8.2.1	Fibra .....	17
2.1.8.2.2	Fibra insoluble.....	18
2.1.8.2.3	Fibra soluble.....	18
2.1.9	Digestibilidad y métodos de determinación.....	19
2.1.9.1	Digestibilidad in situ .....	19
2.1.9.2	Factores que afectan los resultados del método in situ .....	20
2.1.9.3	Limitaciones del método in situ .....	20
2.1.9.4	Aplicaciones del método in situ .....	20
2.1.9.5	Degradabilidad ruminal de los nutrientes en función del tiempo de permanencia en el rumen.....	21
2.1.10	Requerimientos nutricionales en rumiantes .....	22
2.1.10.1	Energía .....	23
2.1.10.2	Proteína .....	23
2.1.10.3	Carbohidratos .....	24
2.1.10.4	Grasas y aceites .....	24
2.1.11	Fisiología digestiva de los rumiantes .....	24
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>26</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>26</b>
3.1	Ubicación del lugar de investigación .....	26
3.1.1	Ubicación Ecológica .....	26
3.1.2	Características climáticas.....	26
3.2	Materiales y Equipos.....	27
<b>3.2.1</b>	<b>Materiales de campo .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Materiales y equipos de laboratorio.....</b>	<b>27</b>
3.3	Metodología de investigación .....	28
3.4	Diseño experimental.....	29
<b>3.4.1</b>	<b>Fases de trabajo .....</b>	<b>29</b>



<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>31</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Producción de la cáscara de cacao .....	31
4.2 Análisis nutricional de la cáscara de Cacao .....	32
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
5.1 Conclusiones .....	43
5.2 Recomendaciones.....	44
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Información nutricional de la cáscara de cacao</i> .....	8
<b>Tabla 2</b> <i>Diferencia entre cacao Criollo y el Forastero</i> .....	11
<b>Tabla 3</b> <i>Métodos utilizados en el análisis Bromatológico de muestras</i> .....	16
<b>Tabla 4</b> <i>Requerimientos nutricionales y condición corporal (CC) sugerida de vaca lecheras, según producción, período de lactancia y preñez</i> .....	22
<b>Tabla 5</b> <i>Producción de cáscara de cacao/Ha/Año en finca productora de cacao fino de aroma</i> 31	31
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis químico proximal de la cáscara de cacao</i> .....	32
<b>Tabla 7</b> <i>Análisis de fibra en cáscara de cacao</i> .....	34
<b>Tabla 8</b> <i>Contenido de minerales en cáscara de cacao</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Contenido de energía en cáscara de cacao</i> .....	37
<b>Tabla 10</b> <i>Degradabilidad de la cáscara de cacao a nivel ruminal</i> .....	37
<b>Tabla 11</b> <i>Degradabilidad de la proteína en cáscara de cacao</i> .....	38
<b>Tabla 12</b> <i>% Proteína ligada a lignina en el residuo 72 h</i> .....	40
<b>Tabla 13</b> <i>Valores de degradabilidad de varios nutrientes contenidos en cáscara de cacao</i> .....	41
<b>Tabla 14</b> <i>Degradabilidad de minerales presentes en cáscara de cacao</i> .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Composición del fruto de cacao .....	7
<b>Figura 2</b> Diferencias entre cacao criollo, forastero y trinitario .....	10
<b>Figura 3</b> Rendimiento cacao Nacional (fino de aroma) almendra .....	13
<b>Figura 4</b> Rendimiento cacao CCN-51 almendra seca (t/ha).....	14
<b>Figura 5</b> Procedimiento del análisis proximal.....	15
<b>Figura 6</b> Mapa de ubicación del cantón Chone parroquia Ricaurte .....	26
<b>Figura 7</b> Degradabilidad de materia seca en cáscara de cacao.....	38
<b>Figura 8</b> Degradabilidad de la proteína contenida en la cáscara de cacao .....	39

## RESUMEN

En la provincia de Manabí, cantón Chone parroquia Ricaurte, se realizó la valoración nutricional de la cascara de cacao y su potencial uso en nutrición de bovinos. La cáscara de cacao recogida posterior a la cosecha del cacao, fue evaluada tanto en peso de mazorca como el porcentaje de humedad, para posteriormente ser enviadas las muestras hasta el laboratorio de bromatología del INIAP Santa Catalina para realizar un análisis proximal, fibra y minerales macro y micro, donde se determinó la valoración nutricional: % de Humedad 3.62; % de ceniza 6.87; % extracto etéreo 0.41; % de proteína 7.63; ELN 56.58 % de fibra 28.51; Energía metabolizable 1.61Mcal/kg; Energía digerible 2Mcal/kg y energía bruta 4145 Cal/kg, además los macro minerales: Calcio 0.24%; Fósforo 0,32%; Magnesio 0.11%; Potasio 1.98%; 5% Sodio; Cobre 5ppm; Hierro 88ppm; Manganeso 26 ppm; Zinc 49 ppm; además FDN 58.93%; FDA 45.26%; Lignina 38.94%. Constó de cinco fases de desarrollo, encaminadas a la determinación y caracterización de propiedades físicas, químicas, y nutricionales, así como también en la alimentación de bovinos. Los valores de este estudio son bajos posiblemente por un desbalance de nutrientes, su baja degradabilidad se debe a la presencia de una alta fracción de lignina contenida en la cascara, lo cual limita el grado de consumo, aporte nutricional e interés comercial, ya que dada sus características nutricionales solo sería utilizable si su valor económico por Kg/Ms fuera atractivo frente al valor de otras materias primas.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **DEGRADABILIDAD**
- **CÁSCARA DE CACAO**
- **BOVINOS**

## ABSTRACT

In the province of Manabí, Chone canton, Ricaurte parish, the nutritional assessment of the cacao husk and its potential use in bovine nutrition was carried out. The cocoa husk collected after the cocoa harvest, was evaluated both in weight of ear and the percentage of humidity, to be sent later samples to the laboratory of bromatology of INIAP Santa Catalina to perform a proximal analysis, fiber and macro minerals and micro, where the nutritional assessment was determined: % of Moisture 3.62; % ash 6.87; % ethereal extract 0.41; % of protein 7.63; ELN 56.58% fiber 28.51; Metabolizable energy 1.61Mcal / kg; Digestible energy 2Mcal / kg and gross energy 4145 Cal / kg, in addition to the macro minerals: Calcium 0.24%; Phosphorus 0.32%; Magnesium 0.11%; Potassium 1.98%; 5% Sodium; Copper 5ppm; Iron 88ppm; Manganese 26 ppm; Zinc 49 ppm; also FDN 58.93%; FDA 45.26%; Lignin38.94%. It consisted of five phases of development, aimed at the determination and characterization of physical, chemical, and nutritional properties, as well as in the feeding of bovines. The values of this study are possibly low due to an imbalance of nutrients, its low degradability is due to the presence of a high fraction of lignin contained in the shell, which limits the degree of consumption, nutritional contribution and commercial interest, given that its nutritional characteristics would only be usable if its economic value per Kg/Ms were attractive compared to the value of other raw materials.

### KEYWORDS:

- **DEGRADABILITY**
- **COCOA SHELL**
- **BOVINE**

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Introducción

*Theobroma cacao L*, es una especie, con diferentes variedades entre frutos y semillas diferentes. En la región mesoamericana se puede diferenciar tres variedades autóctonas: el criollo cultivado en México, Suramérica y centro América, el forastero cultivado especialmente en la cuenca de la Amazonía y el cacao nacional propio de Ecuador. (Bach, Stern, Merchen, & Drackley, 1998)

Si hablamos del comercio mundial el 95 % corresponde al cacao granel producido especialmente en África, Brasil y Asia. El 5 % restante corresponde al cacao fino de aroma buscado por grandes productores que buscan calidad en sus chocolates. En el Ecuador encontramos una nueva variedad conocida como CCN-51 (Colección Castro Naranjal - 51), que después de varias investigaciones se logró obtener el tipo 51 siendo una planta tolerante a enfermedades y con una alta productividad y calidad. (Portaltemp, 2015)

Expertos en la fabricación de diferentes productos de cacao, determinan que el rendimiento por cada 100 kg de semillas de cacao es alrededor del 85 %, siendo su valor restante considerado como desechos entre ellos está la cáscara, granza, triturado y maguey. (Brenes, 1989)

Expertos en la fabricación de productos a base de cacao, determinan que el rendimiento de 100kg de semillas de cacao es alrededor del 85 %, su valor restante es considerado desechos (cáscara, granza, triturado, maguey). De estos desechos solo la cascarilla de cacao corresponde al 12 % que se convierte en grandes volúmenes de desperdicios. (Brenes, 1989)

Las semillas o almendras de cacao se extraen para diferentes usos, pero eso representa apenas el 10% de la semilla para la elaboración del chocolate dejando atrás otros potenciales como la cáscara, desperdiciando las propiedades nutritivas de su composición. (Tingo, 2012)

El uso de estos materiales se los emplea para la alimentación de rumiantes, debido a que poseen microorganismos que hidrolizan los carbohidratos estructurales a ácidos carboxílicos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) que toman el nombre de AGV en nutrición y que son utilizados como fuentes de energía. (Reyes & Sánchez, 2000)

Al evaluar los alimentos se toma en cuenta diferentes conceptos como la fisiología del animal, la microbiología del rumen, la química entre otros parámetros (Flatt, 1988). Existen diferentes métodos para determinar la digestibilidad como la técnica de la bolsa en rumen o *in sacco* (método más utilizado), análisis proximal, fraccionamiento de la fibra bruta, digestibilidad *in vitro*, métodos enzimáticos, simulación del rumen, entre otros (Vanzant, Cochran, & Titgemeyer, 1988). Técnicas que serán evaluadas y que permitirán definir las características de los forrajes para determinar la producción animal como la ganancia de peso, producción de leche. (Blummel & Becker, 1997)

Una alternativa para la suplementación de bovinos es la cáscara de cacao, utilizando niveles del 15 al 25 por ciento. Facilitando su palatabilidad, donde se puede almacenar como un producto deshidratado y a su vez promoviendo un control sanitario en los cultivos. (Hernández, 1994)

Según Lagarrán (1958) la cascara de cacao por su bajo contenido de teobromina no es tóxica para el ganado vacuno al ser consumida en más de siete kilos / día, pero notando un ligero efecto diurético a estos niveles de consumo.

La cáscara de cacao permite una ganancia de peso satisfactoria para ganado bovino de engorde, siendo aprovechable por su valor nutricional aun teniendo un bajo rendimiento como concentrado. (Larragán, 1958)

Esto aumentado a la alta disponibilidad de cáscara muchas veces descartada y sub utilizada, por lo que con el presente trabajo se pretende encontrar alternativas de uso de la cáscara de cacao en la alimentación y nutrición de bovinos lecheros en la provincia de Manabí.

## **1.2 Justificación**

La producción intensiva de bovinos (carne y leche) hace avizorar grandes cambios, con sistemas de producción cada vez más intensivos, lo cual implica que para ser eficientes y competitivos ante la globalización, se necesita contar con materias primas disponibles a módicos precios y con un valor nutricional elevado, en tal virtud resulta de vital importancia levantar una fuente de información sólida y confiable que permita de manera técnica poder emplear determinadas cantidades de materias primas disponibles como sub productos de procesos productivos agropecuarios para las diferentes etapas de producción. Ante estas circunstancias surge la necesidad de emprender una investigación que permita al sector ganadero contar con una materia prima alternativa que cuente con todos los estudios que garantice el uso de la cáscara de cacao.

Por lo antes expuesto, además del aumento en la demanda de materias primas para la alimentación y nutrición de animales, la posibilidad de reciclar los nutrientes contenidos en los desechos de la agroindustria, puede ser una excelente alternativa. Bajo esta perspectiva los rumiantes constituyen un factor importante en el uso de estos residuos, debido a que ellos utilizan el nitrógeno no proteico (NNP), la fibra y otros nutrientes que los monos gástricos no lo usan.

Para corregir esta problemática los diferentes sistemas agros productivos, deben contemplar un plan de manejo y utilización adecuado de los desechos, para que, en vez de desperdiciar materias primas con un posible potencial de uso estas, se conviertan en una fuente de alimentación.



Por la cantidad de desecho de cáscara de cacao que se genera de manera industrial, en la Hcda. La gran María donde se realizó el estudio se aproxima al 52,01% como desperdicio por cada hectárea producida, en otras palabras, más de la mitad de la producción total es cascara.

Por lo antes expuesto, el principal problema que presenta la ganadería en algunas zonas tropicales de nuestro país, es el déficit de alimento en épocas secas, la actual coyuntura económica en la que se hace prácticamente imposible la utilización de insumos convencionales (maíz, soya, etc.), obliga a la búsqueda y caracterización de todo tipo de alimento que puede ser suministrado a los rumiantes. (Preston, 2002; Ojeda y Cáceres, 2002).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Valorar y caracterizar el contenido nutricional, de la cáscara de cacao, mediante análisis químico proximal (AQP) y digestibilidad, para uso potencial en alimentación de bovinos.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el potencial productivo de la cáscara de cacao en la provincia de Manabí, cantón Chone parroquia Ricaurte sitio Agua Blanca, finca La Gran María.
- Determinar el contenido nutricional (proximal, fibra y mineral) de la cáscara de cacao, obtenido como desecho en fincas cacaoteras.
- Determinar el valor de digestibilidad en bovinos fistulados.

### **1.4 Hipótesis**

**H0:** La cáscara de cacao obtenido como sub producto de la industria cacaotera, no puede ser utilizada en nutrición de bovinos.

**H1:** La cáscara de cacao obtenido como sub producto de la industria cacaotera, si puede ser utilizada en nutrición de bovinos.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Marco de Referencia (antecedentes de la investigación)

##### 2.1.1 Cacao

El cacao tiene una corteza rugosa de casi 4 cm de espesor. Está rellena de una pulpa rosada viscosa, dulce y comestible, que encierra de treinta a cincuenta granos largos (blancos y carnosos) acomodados en filas en el enrejado que forma esa pulpa. Los granos o habas del cacao tienen la forma de las judías: dos partes y un germen rodeados de una envoltura rica en tanino. Su sabor en bruto es muy amargo y astringente. (Pinzón, y otros, 2005)

##### 2.1.2 Descripción botánica del cacao (*theobroma sphaerocarpum a. Chev.*)

Árbol de pequeña talla, perennifolio, de 4 a 7 m de altura (cultivado). El cacao silvestre puede crecer hasta 20 mts o más. Copa/Hojas. Copa baja, densa y extendida. Hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de (15) 20 a 35 (50) cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo. (Pinzón, y otros, 2005)



*Figura 1.* Composición del fruto de cacao  
Fuente: Navarro J. (2009)

### **2.1.3 Cáscara de cacao**

#### **2.1.3.1 Generalidades**

La cáscara de cacao es la parte externa del grano del cacao que en un estado de conservación adecuado poseen entre 2,85% a 3,14% de grasa en relación con el 30% a 50% del cacao. (Tingo, 2012)

#### **2.1.3.2 Composición nutricional**

Las semillas o almendras de cacao se extraen para diferentes usos, pero eso representa apenas el 10% de la semilla para la elaboración del chocolate, dejando atrás otros potenciales como la cáscara desperdiciando las propiedades nutritivas de su composición que se indican en la tabla 1. (Tingo, 2012)

**Tabla 1**  
*Información nutricional de la cáscara de cacao*

COMPOSICION NUTRICIONAL	UNIDAD	CANTIDAD
Materia seca	%	90,00
Energía metabolizada	Mcal/kg	1,29
Proteína	%	6,30
Calcio	%	0,72
Fosforo total	%	0,28
Fibra	%	10,17

Fuente: (Tingo, 2012)

En la industria cacaotera los sub productos o desechos es la cáscara y la cascarilla (Kalvathev, Garzaro, & Guerra, 1998) que ofrecen alto contenido en pectinas (Barazarte, Sangronis, & Emaldi, 2008), componentes de la fibra dietética, tiene una gran actividad antioxidante (Macrae, R, Robinson, & Sadler, 1993), entre otros compuestos de interés (Baena & García, 2012). Permitiendo ser utilizadas para abono orgánico y alimento para animales, pero su alto contenido de alcaloides puede ser un inconveniente para su uso. (Baena & García, 2012)

### 2.1.3.3 Usos

La cáscara de cacao: sus usos se deben al descubrimiento de la pectina, espesante natural con diferentes usos en la industria alimentaria que, según varias investigaciones, la combinación de fibra y pectina tiene un efecto depurador del organismo, además como la eliminación de toxinas. (Rojas, 2008)

Según Rojas (2008) la cáscara de cacao ofrece beneficios a base de su contenido nutricional de ácido oleico y linoleico y por su gran contenido de antioxidantes.

- Antidiarreicos: Elimina las bacterias que ocasionan este problema actuando directamente en el sistema digestivo.

- Energizante: La cáscara de cacao es un energizante suave por su contenido de teobromina atacando la debilidad y la fatiga.
- Suplemento Nutricional: La cáscara de cacao posee un alto contenido de magnesio. Su deficiencia ocasiona fatiga, cansancio crónico y calambres.
- Antiinflamatorio: Reduce la retención de líquidos por la presencia de teobromina. Es diurética.

#### 2.1.4 Clasificación botánica

Botánicamente, al cacao se le ha asignado la siguiente clasificación:

<b>División</b>	Espermatofita
<b>Clase</b>	Angiosperma
<b>Sub-Clase</b>	Dicotiledónea
<b>Orden</b>	Malvales
<b>Sub-Orden</b>	Malvinas
<b>Familia</b>	Esterculiáceas
<b>Tribu</b>	Bitneria
<b>Genero</b>	Teobroma
<b>Especie</b>	Cacao

Todas las formas cultivadas están contenidas en la especie cacao, la cual ha sido dividida en 2 sub-especies: cacao y sphaerocarpum.

##### 2.1.4.1 Subespecie cacao

Esta sub-especie está constituida por el tipo genético Criollo, el cual se caracteriza por tener frutos de forma alargada, de superficie rugosa, surcos profundos con 5 a 10 lomos, almendras ovoides o elipsoidales y cotiledones color blanco o rosado pálido.

### 2.1.4.2 Subespecie *sphaerocarpum*

Los frutos de esta sub-especie son de forma elipsoide, de superficie lisa y surcos relativamente superficiales. Las almendras son de formas ovoides, aplanadas, cotiledones color violeta, y es conocida con el nombre de Forastero.

### 2.1.4.3 Variedades del cacao

Los cacaos finos de aroma provienen en su gran mayoría de cacaos criollos y trinitarios, diferentes en términos de aroma y sabor a los cacaos de tipo forastero. (García O, 2008)



**Figura 2.** Diferencias entre cacao criollo, forastero y trinitario

Fuente: (Luker Cacao, 2016)

El cacao fino de aroma son los más apetecidos por el mundo, como lo son los trinitarios de sabor suave y aromático. La variedad trinitaria es el resultado del cruzamiento de las variedades de tipo criollo y forastero, producidos principalmente en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

En la tabla N° 2, podemos diferenciar con cierto detalle las características genéticas que diferencian el Criollo del Forastero. El Forastero es muy superior al Criollo en su comportamiento a nivel de campo. Sin embargo, el Criollo es mejor en su calidad para el consumo.

**Tabla 2**  
*Diferencia entre cacao Criollo y el Forastero*

	<b>Criollo</b>	<b>Forastero</b>
<b>Árbol</b>	Débil y Pequeño	Robusto y Grande
<b>Hojas</b>	Grandes, Color Verde Oscuro	Pequeñas, Color Verde Claro
<b>Mazorcas</b>	Forma Cundeamor y Angoleta	Amelonado y Calabacillo
<b>Cáscara</b>	Fina y Suave	Gruesa y Dura
<b>Superficie</b>	Rugosa	Lisa
<b>Almendras</b>	Blanxas, Violeta Pálido (Rosado) y de Forma Redondeadas	Pigmentadas, Violeta Oscuro y de Forma Aplanada
<b>Plagas</b>	Susceptible	Tolerantes
<b>Sabor</b>	Fino	Ordinario
<b>Adaptación</b>	Pobre y Limitada	Muy Buena

Fuente: (García, Benito, & Rivera, 2008)

La variedad Criollo: es una planta de bajo rendimiento y vigor, pero a su vez posee alta calidad de sus semillas siendo grandes blancas o ligeramente pigmentadas. Sus mazorcas son de tamaño mediano, alargadas con la punta aguda recta o curva y con cáscara rugosa con diez surcos. (García, Benito, & Rivera, 2008)

La variedad Forastero: tiene mazorcas pequeñas de punta redondeada, las cascara son lisas o ligeramente rugosas. Las semillas moradas, pequeñas y achatadas. Posee mayor tolerancia a enfermedades con relación al criollo. (García, Benito, & Rivera, 2008)

La variedad Trinitario: Es más productivo y resistente que el cacao criollo, viene a ser la mezcla entre el criollo con forastero. Sus mazorcas de punta redondeada con cascara gruesa algo rugosa. Dentro de la variedad trinitario producto del cruzamiento entre materiales Forasteros amazónicos incluye el clon CCN-51, llegando a obtener el CCN (Colección Castro Naranjal) un clon altamente productivo, con resistencia a enfermedades y con características físicas codiciadas. (García, Benito, & Rivera, 2008)



El CCN-51: Sus frutos son de coloración rojiza, y que contienen gran cantidad de grasa, caracterizándose por su capacidad productiva alta y por ser resistente a enfermedades. (ANECACAO, 2016)

### **2.1.5 Producción de cacao, superficie y rendimiento**

El cacao fino y de aroma posee características buscadas por los fabricantes de chocolate. Siendo esta variedad representante del 5% de producción mundial de cacao. (ANECACAO, 2016)

El sabor del cacao fino de aroma proveniente de Ecuador debido a sus condiciones geográficas y su riqueza de recursos biológicos ha sido reconocido mundialmente por lo que la producción aumento al 63 % lo que han permitido que el cacao fino de aroma sea utilizado por ser el chocolate más fino. (ANECACAO, 2016)

Ecuador el país más competitivo en la producción de cacao fino de aroma seguido de Venezuela, Panamá y México. El 75% de producción en el Ecuador es del cacao fino de aroma y el 25 % es de CCN51. (ANECACAO, 2016)

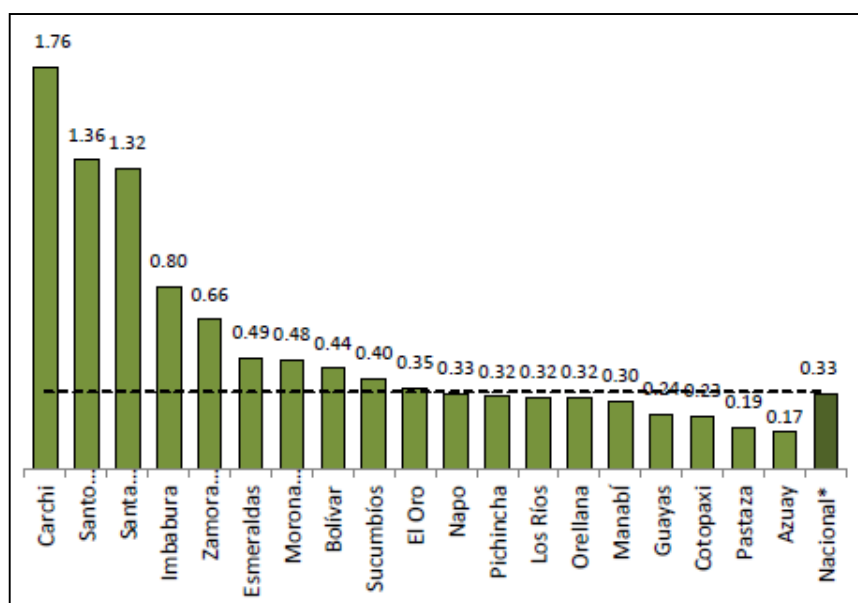
El cacao ecuatoriano corresponde hoy en día a la mezcla de cacao Nacional, trinitario y Forastero, donde la variedad de cacao tipo nacional es cada vez menor, que con el tiempo ya puede desaparecer ya que las plantaciones son poco productivas. (ANECACAO, 2016)

En el Ecuador es conocido como la “pepa de oro” desarrollando una gran importancia en las industrias, comercio y banca industrial. (PROECUADOR, 2015)

La producción de cacao durante el año 2017 fue de 289,102 toneladas, repartiendo el 43% de la producción al primer semestre (enero-junio), y el 57% restante para el segundo semestre (julio-diciembre). La producción nacional se repartió en 72% para la variedad CCN-51, mientras que para la variedad Nacional (fino de aroma) fue de 28%. En cuanto a la proporción de productores, el 54% de los encuestados declararon tener sembrado cacao CCN-51, y el 46% restante de productores con

cacao Nacional. En el año 2017 el rendimiento nacional ponderado fue de 0.52 t/ha; así, el cacao Nacional (fino de aroma) obtuvo un rendimiento ponderado de 0.33 t/ha, y el cacao CCN-51 obtuvo un rendimiento ponderado de 0.65 t/ha. (MAG, 2018)

La productividad del cacao Nacional (fino de aroma) fue de 0.33 t/ha por año, correspondiendo un rendimiento de 0.16 t/ha para el primer semestre y de 0.17 t/ha para el segundo semestre. La provincia que alcanzó la mayor productividad en el año fue Carchi con 1.76 t/ha; seguida de Santo Domingo de los Tsáchilas con 1.36 t/ha; y Santa Elena con 1.32 t/ha. Por otro lado, Azuay fue la provincia que reportó la menor productividad en el año con 0.17 t/ha. Es importante destacar que en 10 de las 19 provincias que reportan tener superficie de cacao Nacional superaron el rendimiento promedio, como se demuestra en la figura 3. (MAG, 2018)



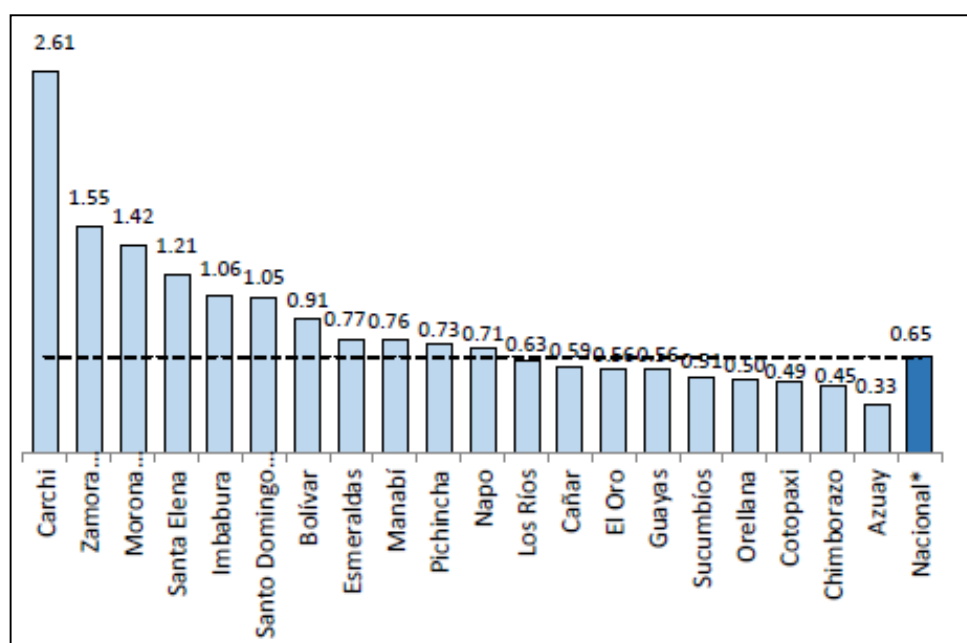
**Figura 3.** Rendimiento cacao Nacional (fino de aroma) almendra seca (TM/ha)

Fuente: (MAG, 2018)

La productividad del cacao CCN-51 fue de 0.65 t/ha por año, correspondiendo un rendimiento de 0.27 t/ha para el primer semestre y de 0.39 t/ha para el segundo semestre. La provincia que alcanzó la mayor productividad en el año fue Carchi con 2.61 t/ha; seguida Zamora Chinchipe con

1.55 t/ha y Morona Santiago con 1.42 t/ha. Por otro lado, Azuay al igual que en cacao Nacional fue la provincia que reportó la menor productividad en el año con 0.33 t/ha. Es importante destacar que en 11 de las 21 provincias que reportan tener superficie de cacao CCN-51 superaron el rendimiento promedio. (MAG, 2018)

Es importante mencionar que la productividad de la variedad CCN-51 (0.65 t/ha) supera en 91% a la variedad Nacional (fino de aroma) (0.33 t/ha), este comportamiento se atribuye principalmente a los siguientes factores: la densidad de plantas en la variedad CCN-51 es mayor en 23% a la registrada en la variedad Nacional, de igual manera, el número de frutos sanos por árbol en la variedad CCN-51 supera en dos unidades a la variedad Nacional y el índice de mazorca es menor para la variedad CCN-51, debido a que necesita en promedio 17 mazorcas para obtener un kilogramo de almendra seca de cacao; mientras que la variedad Nacional necesita 23 mazorcas. (MAG, 2018)



**Figura 4.** Rendimiento cacao CCN-51 almendra seca (t/ha)

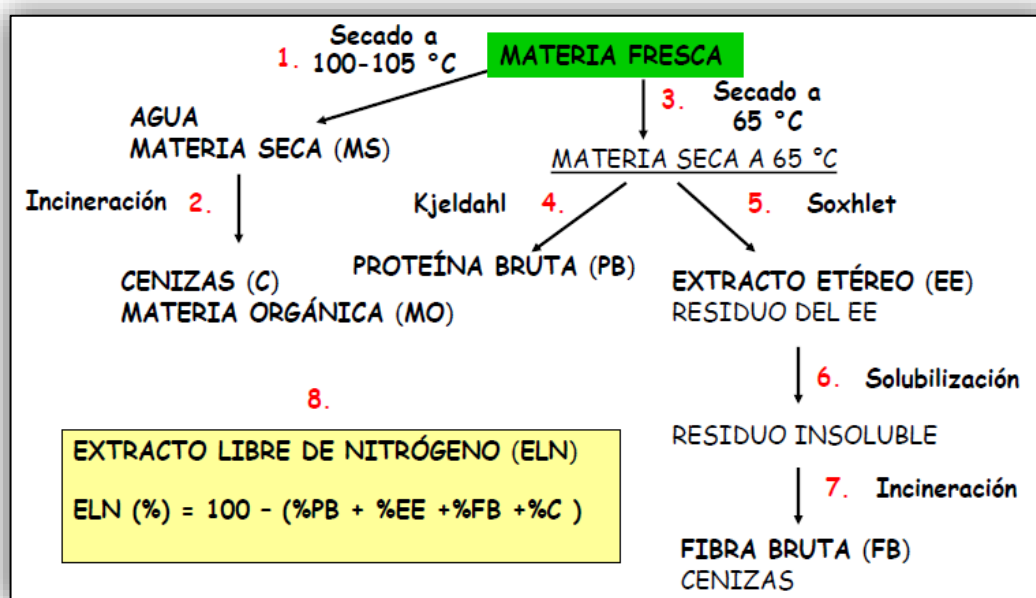
Fuente: (MAG, 2018)

### 2.1.6 Análisis proximal

A partir de las mazorcas del cacao se obtiene el cacao en grano. El grano del cacao es primeramente secado, pasando a un proceso de fermentación para luego ser sometido al proceso del tostado, teniendo como resultado de este proceso la cascarilla del cacao. (Tapia, 2015).

De esta manera se puede obtener productos intermedios (manteca, licor, torta y polvo de cacao), así como también la producción del principal producto que es el cacao. (Tapia, 2015).

Según Mc Donald, Edwards, & Greenhalgh, (1995) en la figura 5 se especifica el procedimiento para el análisis proximal.



**Figura 5.** Procedimiento del análisis proximal

Fuente: (Mc Donald, Edwards, & Greenhalgh, 1995)

### 2.1.7 Análisis bromatológico de muestras

Estos análisis permiten conocer el aporte nutricional que en ese momento los pastos como gramíneas, leguminosas y malezas otorgan a las vacas en el pastoreo; estos métodos se describen en la tabla N° 3.

**Tabla 3***Métodos utilizados en el análisis Bromatológico de muestras*

<b>Elemento</b>	<b>Método</b>	<b>Método de referencia</b>
Humedad	MO-LSAIA-01.01	U.FLORIDA 1970
Ceniza	MO-LSAIA-01.02	U.FLORIDA 1970
Proteína	MO-LSAIA-01.04	U.FLORIDA 1970
Grasa	MO-LSAIA-01.03	U.FLORIDA 1970
F.D.N	MO-LSAIA-02.01	U.FLORIDA 1970
F.D.A	MO-LSAIA-02.02	U.FLORIDA 1970
Energía metabolizable	MO-LSAIA-13	U.FLORIDA 1974

Fuente: (INIAP, 2013)

**2.1.8 Análisis Van Soest**

Utilizado para análisis de forrajes y alimentos toscos. Conocidos como forrajes a cualquier planta que sea ofrecida al animal en forma verde, cortada o no, ensilada o henificada, y a su vez el alimento tosco viene a ser cualquier otro producto o subproducto, y desecho empleado para la alimentación del animal, considerando que su porcentaje de fibra en base seca sea mayor al 18%. (Reyes & Sánchez, 2000)

El uso de estos materiales se los emplea para la alimentación de rumiantes, debido a que poseen microorganismos que hidrolizan los carbohidratos estructurales a ácidos carboxílicos de cadena corta (acético, propionico y butírico) que toman el nombre de AGV en nutrición y que son utilizados como fuentes de energía. (Reyes & Sánchez, 2000)

Hablando de nutrición, en un alimento vegetal la materia seca se puede diferenciar dos partes: primeramente, el contenido celular (altamente digestible) y por otra parte la pared celular (parcialmente digestible para rumiantes e indigestible para no rumiantes). (Reyes & Sánchez, 2000)

La separación de la pared celular y el contenido celular se puede realizar analíticamente, es decir, mediante un detergente neutro, siendo soluble el contenido celular e insoluble la pared celular a este componente. (Reyes & Sánchez, 2000)

### **2.1.8.1 Fibra detergente neutra (FDN)**

Mediante el proceso de maduración de la planta (pastos, leguminosas, maíz y granos), desarrollan el tejido xilema acumulando celulosa entre otros carbohidratos complejos, que llegan a enlazarse a través de la lignificación. De este proceso de madurez resulta la pared celular de la planta denominado FDN, siendo así difícil para la bacteria ruminal digerir y adherirse. (Hoffman, Lundberg, Bauman, & Randy, 2007)

Para poder solubilizar el contenido de la célula, se toma en cuenta este método Fibra Detergente Neutro a partir de una muestra de alimento seco que se deberá hervir a reflujo con el detergente neutro, de esta forma se empieza a solubilizar el contenido celular, obteniéndose FDN un residuo compuesto por hemicelulosa, celulosa y lignina. (Reyes & Sánchez, 2000)

### **2.1.8.2 Fibra detergente acida (FDA)**

La muestra de alimento seco se hace hervir a reflujo con una solución en detergente en medio ácido. El contenido celular se disuelve hidrolizando la hemicelulosa que se encuentra libre y a su vez esta combinada con lignina. (Reyes & Sánchez, 2000)

Este proceso es un paso intermedio para determinar lignina, donde el resultado insoluble está conformado por paredes celulares con dos componentes que son la lignina y celulosa sin hemicelulosa tomando el nombre de FDA. (Reyes & Sánchez, 2000)

#### **2.1.8.2.1 Fibra**

Término conocido para nutrición animal, la fibra está conformada principalmente por celulosa con un 90%, hemicelulosa y lignina, que corresponden la parte insoluble de la fibra. Los beneficios que ofrece es reducir los niveles de colesterol, es un excelente laxante y nivela la glucosa en la sangre. (Rivera, y otros, 2012)

Teóricamente la fibra bruta (FB) está conformada por celulosa, hemicelulosa y lignina (componente no nitrogenado). (Reyes & Sánchez, 2000)

Una vez realizado la extracción del extracto etéreo (EE) en la muestra seca se realiza la primera digestión acida disolviendo parte de la hemicelulosa y posteriormente una digestión alcalina donde se disuelve parte de la lignina obteniendo la materia orgánica del residuo denominada fibra bruta. (Reyes & Sánchez, 2000)

Por esta razón el resultado final no puede predecir que es fibra bruta en su totalidad debido a que los datos son menores a los reales. Pero a su vez, es de importancia determinar FB debido a que influye en la digestibilidad y la cantidad de alimento que es utilizado por el animal, debido a que los rumiantes tienen la capacidad de digerir de mejor manera la hemicelulosa y celulosa por medio de microorganismos en el rumen. (Reyes & Sánchez, 2000)

La fibra está constituida por polímeros entre ellos los polisacáridos, formados por la unión de más de diez monosacáridos mediante enlaces glucosídicos formando cadenas lineales o ramificadas. (Salinas, Pérez, Castillo, & Álvarez, 2003)

La fibra dietaría se conoce como un alimento importante para la nutrición animal, dividiéndose según sus propiedades físicas en fibra soluble e insoluble. (Sánchez-Mora, y otros, 2014 )

#### **2.1.8.2.2 Fibra insoluble**

Se encuentra en todos los materiales vegetales, en las envolturas de los granos proporcionando la parte estructural de la célula de las plantas, constituidas básicamente por celulosa y hemicelulosa insoluble y lignina. (Sánchez-Mora, y otros, 2014 )

#### **2.1.8.2.3 Fibra soluble**

Se encuentra en paredes celulares, son componentes solubles como pectinas, mucilagos, gomas y algunas hemicelulosas. (Sánchez-Mora, y otros, 2014 )

### **2.1.9 Digestibilidad y métodos de determinación**

La importancia para la nutrición animal de realizar una evaluación de alimentos para poder formular tomando en cuenta el punto fisiológico y económico en cada una las dietas. (Theodorou, Willians, Dhaona, & France, 1994)

Al evaluar los alimentos se toma en cuenta diferentes conceptos como la fisiología del animal, la microbiología del rumen, la química entre otros parámetros (Flatt, 1988). Existen diferentes métodos para determinar la digestibilidad como la técnica de la bolsa en rumen o *in sacco* (método más utilizado), análisis proximal, fraccionamiento de la fibra bruta, digestibilidad *in vitro*, métodos enzimáticos, simulación del rumen, entre otros (Vanzant, Cochran, & Titgemeyer, 1988). Técnicas que serán evaluadas y que permitirán definir las características de los forrajes para determinar la producción animal como la ganancia de peso, producción de leche, etc. (Blummel & Becker, 1997)

Al realizar el análisis proximal podemos obtener datos sobre la composición química bromatológica del alimento, pero en si no se puede determinar el aprovechamiento real del alimento que consume el animal en los procesos de digestión, absorción y metabolismo, por esta razón se determina la digestibilidad definida como el proceso que mide la proporción del alimento que no es excretada en las heces y que es supuestamente absorbida por el animal. (Reyes & Sánchez, 2000)

Existen tres métodos para determinar digestibilidad: digestibilidad *in vitro*, digestibilidad *in vivo* y digestibilidad *in situ*. (Reyes & Sánchez, 2000)

#### **2.1.9.1 Digestibilidad *in situ***

Este método consiste en suspender en el rumen bolsas a través de una fistula, estas bolsas contienen las muestras que se van a analizar, donde se puede observar la cantidad de alimento que desaparece de la bolsa en función del tiempo. El tiempo predeterminado es entre 2 a 96 horas. (Reyes & Sánchez, 2000).



Es el método más utilizado para estimar la degradabilidad ruminal ya que permite realizarse mediante costos relativamente bajos y a su vez en comparación con el método in vivo permite describir la degradación en función del tiempo, tomando en cuenta que estos procesos se los realiza en el rumen en el animal vivo. (Reyes & Sánchez, 2000)

### **2.1.9.2 Factores que afectan los resultados del método in situ**

Según Reyes & Sánchez (2000) los factores que afectan los resultados del método in situ son:

1. Tipo de tejido para confección de bolsas para pruebas de degradabilidad.
2. Lavado de bolsas sea sin dejar restos.
3. Porosidad de las bolsas puede ocasionar perdidas.
4. Tamaño de las bolsas y peso de la muestra.
5. Posición relativa de las bolsas dentro del rumen.
6. Periodo de permanencia de las muestras en el rumen.
7. Preparación del sustrato.

### **2.1.9.3 Limitaciones del método in situ**

Según Reyes & Sánchez (2000) las limitaciones del método in situ son:

1. No existe evidencias de que haya reabsorción de los productos en el proceso de fermentación.
2. No se puede asegurar que el material removido de la bolsa haya sido absorbido por el tracto digestivo.
3. Puede evidenciarse la presencia de microorganismos colonizando las muestras.

### **2.1.9.4 Aplicaciones del método in situ**

1. Determinar el efecto de la inclusión de granos y concentrados sobre la acción de las bacterias celulíticas del rumen.
2. Diferencias entre la capacidad digestiva entre cebuinos y taurinos.

3. Efecto de algún nutriente (grasa, minerales) sobre la digestibilidad de la celulosa en el rumen.
4. Estimar valor nutritivo de los alimentos.

### **2.1.9.5 Degradabilidad ruminal de los nutrientes en función del tiempo de permanencia en el rumen**

Según Ørskov y Mc Donald (1992) describieron un modelo exponencial no lineal para estimar la degradabilidad ruminal de los nutrientes en función del tiempo de permanencia en el rumen, por medio de la técnica de degradación in situ de donde se obtiene que:

$$DR_{bt} = b \cdot (1 - e^{-kd \cdot t})$$

Donde,

- DR<sub>bt</sub>: Degradabilidad ruminal de la fracción b en el tiempo.
- t, b: Fracción potencialmente degradable en el rumen.
- e: Base neperiana, kd es una constante.
- t: Tiempo de permanencia en el rumen.
- Kd: Cinética de degradabilidad constante
- Kp: Paso ruminal
- Deb: Degradabilidad efectiva de la fracción potencialmente degradable en el rumen

La kd y la kp fueron incorporadas por Ørskov y McDonald (1992) en una ecuación aritmética para estimar la DE<sub>b</sub> que es correcta en el caso en el que estas constantes hagan referencia a velocidades. Sin embargo, recientemente fue demostrado que estas constantes no hacen referencia a la velocidad si no al cociente entre la aceleración y la velocidad de degradación y de pasaje, respectivamente (Correa, 2005). La interpretación matemática de la kd en el modelo de Ørskov y McDonald (1992) es:

Dada la ecuación

$$DRbt = b*(1-e^{-kd*t})$$

Al calcular la primera derivada, se tiene,

$$DRbt' = kd*b*e^{-kd*t} = v = \text{velocidad}$$

Y al calcular la segunda derivada, se tiene,

$$DRbt'' = -kd^2*b*e^{-kd*t} = a = \text{aceleración}$$

Con lo que,

$$DRbt'' / DRbt' = (-kd^2*b*e^{-kd*t}) / (kd*b*e^{-kd*t}) = a/b = -kd$$

Que corresponde al cociente entre la aceleración y la velocidad de degradación denominándose correctamente, como constante de la cinética de degradación ruminal.

### 2.1.10 Requerimientos nutricionales en rumiantes

#### Tabla 4

*Requerimientos nutricionales y condición corporal (CC) sugerida de vaca lecheras, según producción, período de lactancia y preñez.*

Item Producción Cond. Corporal	Producción De Leche (Kg/Dia)			Inicio De Lactancia	Periodo Seco (45 Dias)	Periodo Pre-Parto (15 Dias)
	bajo20	20-30	30-40			
	3,5	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5
PC%1	15	16	17	19	12	15
PND	37	39	40	45	30	40
EM Mcal / Kg	2,5	2,7	2,8	2,8	2,2	2,5
En; Mcal / kg	1,52	1,62	1,72	1,67	1,25	1,47
fibra cruda, %	20	17	15	17	25	27
FDA %	21	21	19	21	27	27
FDN%	28	28	25	28	35	45
Calcio, %	0,51	0,58	0,64	0,77	0,39	0,39
Fosforo, %	0,33	0,37	0,41	0,48	0,24	0,24
Potasio, %	0,9	0,9	1	1	0,65	0,6
Magnesio, %	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,16
Azufre, %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,16	0,16
Sodio, %	0,18	0,18	0,18	0,18	0,1	0,1
Cloro, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,2	0,2

CONTINUA→

Manganeso, ppm	40	40	40	40	40	40
Cobre, ppm	10	10	10	10	10	10
Zinc. Ppm	40	40	40	40	40	40
Hierro, ppm	50	50	50	50	50	50
Selenio, ppm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cobalto, ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
yodo, ppm	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
vitamina A UI/kg	3200	3200	3200	4000	4000	4000
vitamina D UI/kg	1000	1000	1000	1000	1000	1200
vitamina E UI/kg	15	15	15	15	15	15

**Nota:** PC proteína cruda, PND proteína no degradable, EM energía metabolizable, Enl energía neta leche, FDA fibra detergente acida, FDN fibra detergente neutra.

**Fuente:** (NRC, 2002)

Según NRC, (2002) los requerimientos nutricionales en la alimentación bovina son: Agua, energía, proteína, fibra, calcio, fósforo.

#### **2.1.10.1 Energía**

La energía proviene de los carbohidratos proteínas y grasas, que durante el proceso digestivo se pierde energía generándose productos de desecho como el gas metano orina y calor quedando la fracción metabolizable de la energía (EM), quedando utilizable la energía disponible para el animal denominada (EN) la misma que se utiliza para el mantenimiento corporal, producción de leche, aumento de peso, actividad cotidiana y preñez. (Guthrie, 1998)

#### **2.1.10.2 Proteína**

Contienen en su fórmula alrededor del 16% de nitrógeno. El recorrido de la proteína por el rumen puede afectar:

- La cantidad de proteína digerida y absorbida por el rumen.
- La proteína que pasa a través del rumen para digestión y absorción en el intestino delgado en su mayoría es desdoblada en aminoácidos (PDR) por las bacterias ruminales si permanece en suficientemente tiempo en él, pero además existe una pequeña cantidad de proteína indigestible

que no es aprovechada por el organismo para la acción de los jugos digestivos llamada proteína no digestible (PND). (Guthrie, 1998)

### **2.1.10.3 Carbohidratos**

En el alimento se encuentran diferentes tipos de carbohidratos como almidones, azúcares y pectinas, productores de energía. (Guthrie, 1998)

Una alta proporción de carbohidratos se convierten en ácidos grasos volátiles (acético, butírico y propiónico) en el rumen antes de ser absorbidos en el torrente circulatorio. (Guthrie, 1998)

### **2.1.10.4 Grasas y aceites**

La ración está compuesta por grasas y aceites los cuales son un recurso alto en energía, un gramo de grasa es proporcional a 2,5 gramos de carbohidratos, estos son fundamentales en el periodo de lactancia. (Guthrie, 1998)

La cantidad de grasa no debería exceder el 7,5 % de masa seca (MS) de la ración. Existen tres tipos de grasas que pueden estar presentes en una dieta: Una primera fuente corresponde a la grasa aportada por el forraje e ingredientes no grasos. Otra, a los suplementos grasos (sebo bovino, aceites vegetales, aceites de pescado) o ingredientes vegetales (semilla de algodón, poroto soya inactivado por calor) con alto contenido de ácidos grasos insaturado. Considerando estas tres fuentes de grasa que puedan estar presentes en una dieta, no puede sobrepasar el un tercio del total, es decir 2,5 % de la materia seca. (González, 2002)

### **2.1.11 Fisiología digestiva de los rumiantes**

Los rumiantes son animales con la capacidad de degradar hidratos de carbono del forraje, como hemicelulosa, celulosa y pectina. Esta acción para otros animales de estómago simple o no rumiantes es muy poco digestible. (Relling & Mattioli, 2002)

La fisiología de los rumiantes permite realizar la degradación de los alimentos mediante la digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas. El proceso de fermentación la realizan diferentes tipos de microorganismos que se alojan en los divertículos estomacales (DE), mediante simbiosis ente las bacterias y el animal para que exista un medio ruminal favorable, y de esta forma aprovechar de mejor manera el alimento.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del lugar de investigación

La presente investigación se realizó en la Provincia de Manabí cantón Chone, parroquia Ricaurte, sitio Agua Blanca, con las siguientes coordenadas UTM (WGS84): X: 0604960, Y: 9929969, 24 msnm.

##### 3.1.1 Ubicación Ecológica

La provincia de Manabí, se encuentra en la costa ecuatoriana, ubicada en una región de bosque seco, entre 0 y 500 msnm, con un periodo de lluvias corto (enero – Abril).

##### 3.1.2 Características climáticas

Temperatura media anual:	15,8 °C
Precipitación media anual:	1346 mm <sup>3</sup> /año
Humedad relativa:	69 %



**Figura 6.** Mapa de ubicación del cantón Chone parroquia Ricaurte en la provincia de Manabí

Fuente: (Google maps, 2018)

## **3.2 Materiales y Equipos**

### **3.2.1 Materiales de campo**

- Cáscara de cacao.
- Fundas plásticas.
- Herramientas de campo (stock)
- Envases plásticos.
- Balanza analítica.
- Fundas de papel.
- Horno microondas.
- Equipo de limpieza (stock).
- Equipo sanitario (stock).
- Bolsas de Nylon para digestibilidad.
- Bovinos fistulados.
- Computadora portátil.
- Vehículo.
- Plantación de cacao.
- Machete.
- Balanza.
- Metro.

### **3.2.2 Materiales y equipos de laboratorio**

- Balanza analítica.
- Molino.



- Estufa.
- Desecadores de Silica Gel.
- Equipo para determinación de Proteína Kendall.
- Equipo de determinación de fibra Van Soest.
- Equipo de determinación de grasa equipo Soxhlet.
- Instrumental para análisis proximal (Stock).
- Peachimetro.
- Mascarillas.
- Agua bidestilada.

### **3.3 Metodología de investigación**

En el presente trabajo se determinó y caracterizó las propiedades nutricionales de la cáscara de cacao y el nivel en el que se puede utilizar y aprovechar este sub producto proveniente de fincas dedicadas al cultivo de cacao, en nuestro caso particular se realizó en la finca del Dr. Mario Zambrano, ubicada en la provincia de Manabí, Cantón Chone, parroquia Ricaurte, sector Agua Blanca, por tal razón se investigó sobre usos, niveles permisibles de consumo por parte de bovinos y aplicaciones de este en la nutrición y alimentación animal, considerando que en esta zona se produce cacao en cantidades considerables las cuales generan una gran cantidad de cáscara con características nutricionales interesantes desde el punto de vista económico y como una alternativa a las deficiencias de forraje en determinadas épocas del año en zonas tropicales de nuestro país.

## **3.4 Diseño experimental**

### **3.4.1 Fases de trabajo**

La presente propuesta de investigación, constó de cinco fases de desarrollo, las mismas que fueron encaminadas a la determinación y caracterización de propiedades físicas, químicas, microbiológicas y nutricionales, así como también en el potencial uso en la alimentación de bovinos de leche.

#### **3.4.1.1 Fase 1**

Para esta primera fase del estudio, se utilizó la información agronómica de la finca respecto al rendimiento y producción de mazorcas de cacao y su rendimiento de cáscara por mazorca, árbol y hectárea donde se determinó:

- Producción cascara/tonelada de fruto procesado.
- % de humedad al momento a la cosecha.
- Rendimiento de materia seca.
- Sistema más adecuado para su almacenaje a fin de evitar el deterioro y descomposición.

#### **3.4.1.2 Fase 2**

Con la información cuantificada sobre la producción, se procedió a la segunda fase que consistió en la determinación del contenido nutricionales, para lo cual, se procedió a la deshidratación en una estufa a 105 °C por el lapso de tiempo de 24 horas, para la determinación del contenido de materia seca presente en sus diferentes fracciones. En esta fase se realizaron los siguientes análisis:

- Análisis químico proximal de las muestras obtenidas (Humedad, Materia seca, Cenizas, Proteína, Grasa, etc.).

- Análisis de fibra, mediante método de Van Soest.
- Análisis de Ca. y P. en ceniza.

#### **3.4.1.3 Fase 3**

Se inició la investigación de campo con una prueba en blanco para determinar el grado de aceptación por parte de los animales, así como los posibles niveles de inclusión aceptables en la dieta durante la valoración de la palatabilidad y aceptación por parte de los animales, la misma que duró 25 días, (10 de adaptación y 15 de evaluación) esto para medir el posible efecto antagónico que pudiera tener la posible presencia de Teobromina en el desempeño animal.

#### **3.4.1.4 Fase 4**

En esta fase de la investigación, se midió la digestibilidad in vivo de la cáscara, para lo cual, mediante la técnica de bolsas de Nylon, en animales fistulados se midió el porcentaje de digestibilidad en diferentes periodos de tiempo, información que permitirá crear la matriz nutricional de este producto para aplicaciones futuras en alimentación de bovinos.

#### **3.4.1.5 Fase 5**

Como fase final, se realizó el levantamiento de la información, procesamiento estadístico y publicación de los resultados obtenidos

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Producción de la cáscara de cacao

**Tabla 5**

*Producción de cáscara de cacao/Ha/Año en finca productora de cacao fino de aroma*

Mazorcas/Ha.	Peso Medio Grs.	% Materia Seca	Peso Total Kgs Ms.
4285	400	35	599.9

En la tabla N° 4 se muestra la producción de cáscara de cacao en forma tal como ofrecido (TCO) en la finca La Gran María propiedad del Sr. Mario Zambrano Argandoña ubicada la provincia de Manabí, cantón Chone parroquia Ricaurte sitio Agua Blanca, en donde con una densidad de siembra promedio de 850 plantas por hectárea, de entre 5 y 6 mazorcas por planta y con un porcentaje de materia seca promedio del 35%, vemos que se obtiene en promedio una cantidad de 600 kilos de materia seca por hectárea/año, valores que son concordantes con MAGAP 2017 en que al realizar un estudio de Rendimientos de cacao almendra seca (*Theobroma cacao*) en Ecuador 2017, reporta valores cercanos en cuanto a productividad, misma producción que estaría en condiciones de alimentar a 130 UBAs con un consumo medio de 13 Kgs de producto (TCO) en época de sequía. Sin embargo, en época de invierno no es muy apetecido dado a que hay abundante pasto, los animales a pesar de que se le ofrezcan a voluntad no lo apetecen mucho y dan preferencia al pasto esto en razón del contenido alto de fibra que presenta este.

## 4.2 Análisis nutricional de la cáscara de Cacao

**Tabla 6**

*Análisis químico proximal de la cáscara de cacao*

Nutriente	Unidad	Valor
Humedad	%	3.62
Cenizas	%	6.87
Ext. Etéreo	%	0.41
Proteína	%	7.63
Fibra	%	28.51
E.L.N.	%	56.58
N.D.T	%	49.5
Energía digestible	Mcal/Kg	2.0

**Nota:** Aqp: Análisis Químico Proximal

La composición centesimal calculada para la harina de cáscara de cacao se muestra en la tabla 5. Los valores de humedad fueron del 3.62%; 6.87% de cenizas; 0.41% de extracto etéreo; 7.63 % de proteína; 28.51 % de fibra; 56,58% de ELN, 49.5% de nutrientes digeribles totales y 2.0 Mcal/Kg de energía digestible.

Según, Villamizar, Rodríguez, & León, (2016) al determinar las propiedades físico-químico de la harina de cáscara de cacao, encontraron valores superiores para Cenizas, Extracto Etéreo y Extracto Libre de Nitrógeno en valores de 11.39; 0.71 y 74.93 respectivamente y valores inferiores para Proteína, Fibra y Energía bruta con valores de 6.30; 20.52 y 4.14 MC, respectivamente, no así al comparar con estudios efectuados por Salazar, M. José (2016), los valores reportados sobre la composición nutricional de la cáscara de la mazorca de cacao, presentan contenidos nutricionales muy cercanos a los encontrados en este estudio con valores de 6.25; 27.30 y 8.10 para Proteína, Fibra y Cenizas respectivamente, igualmente en reportes sobre el análisis bromatológico efectuado en cáscara de cacao reportado por: Calle, O. Tatiana (2017) reporta valores porcentuales de: 14.89; 96.78; 7.34; 15.22; 5.2 y 35.73 para Proteína, Materia seca, Grasa, Fibra, Cenizas y Carbohidratos respectivamente, siendo estos muy cercanos a los encontrados.

Murillo & Quilambaqui, (2004), citados por Goñas, K. (2017), nos muestra el valor nutricional de la cáscara de cacao (*Teobroma cacao*), nutricionalmente aporta como todo alimento con macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales). Este desecho agro-industrial se considera como una fuente baja de energía debido a que presenta niveles de energía digestible menor a 2500 Kcal/Kg; que es la base de la fibra para la nutrición animal, lo cual es concordante con Van Soest (1982) al manifestar que en base a los procesos metabólicos las plantas C3 tienen una estructura adventicia más densa y que el 52 % de los pastos tropicales está por debajo de 55 % de nutrientes digeribles totales (TND) en contraste con solo 4 % de los pastos templados. Además, las plantas tropicales tienen una mayor tasa de Lignificación, lo que también disminuye su digestibilidad, igualmente para la proteína en Van Soest (1982), el valor de 7 % de proteína cruda, es el punto inicial y está determinado por los requerimientos de proteína de los microorganismos del rumen. El valor real que necesitan los microorganismos del rumen en cantidad de proteínas es de 12 %, pero la saliva reciclada adiciona alrededor de un 5 %, por lo que un pasto con un contenido de proteína de 7 % ya es suficiente para cubrir los requerimientos, por lo que estaríamos hablando de una fuente muy promisoría de forraje a un precio relativamente bajo, igualmente expertos en la producción cacaotera determinaron que en esta explotación solo se aprovecha un 10 % del peso del fruto fresco, 90 % corresponde a productos de desecho, como la cáscara de cacao que representa 75 % del peso total de las mazorcas cosechadas (González and Jaimes 2005, Barazarte et al. 2008), con lo cual se cubriría los requerimientos nutricionales de energía neta de lactancia (ENI), Mcal/d 25.9; Proteína bruta: 14.0. FEDNA (2009).

**Tabla 7***Análisis de fibra en cáscara de cacao*

<b>Tipo Fibra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Fibra Detergente Neutro (FDN)	%	58.93
Fibra Detergente Acido (FDA)	%	45.25
Lignina	%	38.94

**Nota:** Clasificación según metodología VAN SOEST

En la tabla número 6 se muestra los valores reportados para los diferentes tipos de fibra contenidos en la cáscara de cacao, con valores de 58.93; 45.25 y 38.94% para fibra detergente neutro (FDN); fibra detergente acido (FDA) y lignina, respectivamente. Valores que difieren con lo reportado por Salazar, J. (2016) al indicar valores de 30.5% de FDN y 19.2 % para FDA. Es importante señalar que el contenido de (MS, MO, PC, FDN, FDA y Cenizas) podría ser utilizada como alimentación animal. Una alta concentración de FDA en forrajes se asocia con una baja digestibilidad ruminal, mientras que una alta concentración de FDN se asocia con un menor consumo de alimento (Fahey y Berger, 1988), citado por Salazar, J. (2016).

La cáscara de cacao constituye un subproducto, que puede ser utilizada en la alimentación animal, fertilización de plantas y como materia prima para biodigestores, el empleo de este material ha sido propuesto tomando en cuenta la composición química de la cáscara: 27% de fibra cruda, 6.25% de proteína cruda con 35.5% de nitrógeno disponible total y 3.2% de potasio (Brenes, et al 1990), citado por Salazar, J (2016), siendo estos valores muy cercanos a los reportados en este estudio, pero diferentes a los valores de 10.17% para fibra cruda reportados por Tingo, M. (2012) citado por Calle, T. (2017). Igualmente, García, D. et. Al. (2009), reporta valores de FDN de 40.43 % para leguminosa y 38.60% para especies no leguminosas, igualmente, PennState. (2008), hace recomendaciones de consumo de FDN y FDA en dietas totalmente mezcladas para vacas de alta producción de 28 y 21% de la materia seca respectivamente, por lo que con el uso de este sub

producto se deberá pensar en incurrir en la suplementación para aumentar la calidad del producto para que los animales puedan producir más, por lo que Van Soest (1982), manifiesta que existe algunos problemas por el efecto de la FDN, la hemicelulosa, la celulosa y la lignina con respecto a la producción de leche. Además de la calidad nutricional de la fibra (proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina).

En este caso la función de la fibra es mantener un correcto funcionamiento ruminal, para ello, las vacas deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación. Para definir el aporte de FDN necesario, no sólo hay que considerar la composición química de la fibra, sino también el tamaño y la forma de partícula, concepto que se define como Fibra Efectiva (FDNef). La FDNef es la cantidad de fibra con capacidad de estimular la rumia y la salivación. (Van Soest, 1982).

Los requerimientos mínimos de FDN en dietas de vacas lecheras según Requirements of Dairy Cattle (NRC, 2001), deberían contener un 25% de FDN como mínimo con la condición que 19% de la FDN de la dieta provenga de forraje. Estas recomendaciones son específicas para dietas con silaje de maíz o alfalfa como principal forraje, maíz seco como principal fuente de almidón y suministradas como ración total mezclada (TMR). Igualmente, el NRC (2001) manifiesta que, debido a la falta de datos, los requerimientos de FDN para vacas en pastoreo no se conocen y las recomendaciones previas pueden no ser adecuadas. En el caso del presente estudio vemos que la limitante es el grado de lignificación ya que la fibra solo puede ser degradado a nivel de rumen lo cual afectaría el grado de degradación ruminal de la fibra, sin embargo, este tipo de producto por sus características propias sería ideal para ser incluida en animales con consumos de altos niveles de concentrado para que favorezca la rumia y mantenga el pH ruminal.



**Tabla 8**  
*Contenido de minerales en cáscara de cacao*

<b>Mineral</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Calcio	%	0.24
Fósforo	%	0.32
Magnesio	%	0.11
Potasio	%	0.98
Sodio	%	0.02
Cobre	Ppm	5
Hierro	Ppm	88
Manganeso	Ppm	26
Zinc	Ppm	49

En la tabla N° 7 se muestra los valores de minerales contenidos en cáscara de cacao, siendo: 0.24; 0.32; 0.11; 0.98 y 0.02% para Calcio, Fósforo, Magnesio, Potasio y Sodio, respectivamente. Así mismo se reporta valores de 5.88; 26 y 49 ppm para Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc, respectivamente. Estos valores difieren con los reportados por Capelo, D. (2013). Los minerales presentes en las cáscaras de cacao de la variedad nacional son el K (4.98 %); Ca (0.33 %); Mg (0.27 %) y en la variedad CCN-51 son el K (5,16 %); Ca (0,40 %); Mg (0,30 %), de igual manera difieren con los reportes presentados por Calle (2017) con valores de 128 mg para calcio, 20 y 1.52 gramos para sodio. Estas diferencias pueden atribuirse al estado fenológico de cosecha y la variedad de cacao. Los requerimientos de minerales reportados según NRC. (2002) para vacas lecheras con una producción de 25 litros son las siguientes: Ca (Grs/día) 52.1; Fósforo (Grs/día) 44.2; Magnesio % 0.18; Potasio% 1; Sodio% 0.22; Cobre (Grs/día) 11; Hierro (Grs/día) 12.3; Manganeso (Grs/día) 14, valores muy por debajo de los requeridos, entendiéndose esto por el grado de lignificación del producto.

**Tabla 9**  
*Contenido de energía en cáscara de cacao*

<b>Tipo Energía</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
E. Metabolizable	Mcal/Kg	1.64
E. Digerible	Mcal/Kg	2.00
E. Bruta	Cal/Kg	4145

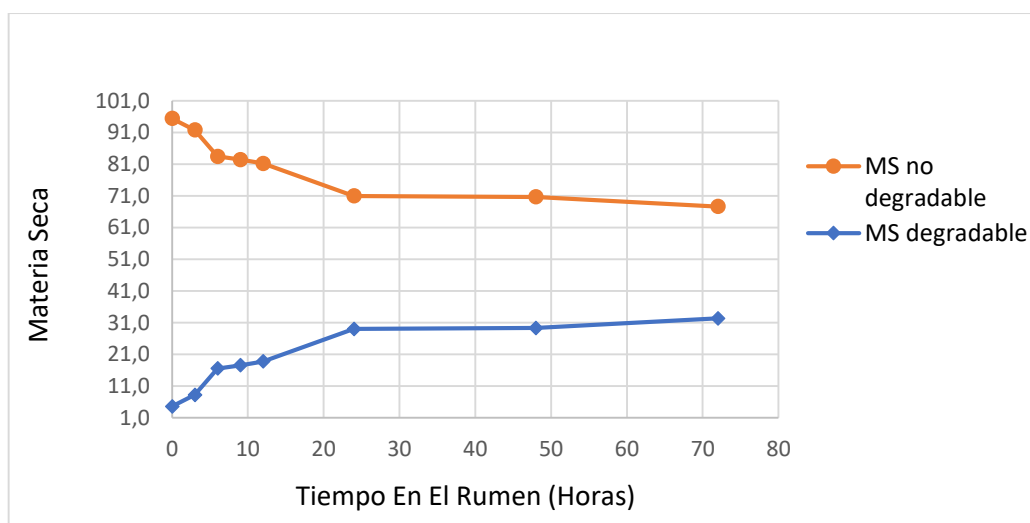
En la tabla N° 8 se reporta valores de energía contenidas en cáscara de cacao con valores de 1.64 y 2,00 Mega calorías para energía metabolizable y energía digerible respectivamente, en cambio para energía bruta se reporta un valor de 4145 calorías por kilogramo de producto, valores que difieren a los señalados por Tingo, M. (2012), y citado por Calle (2017), en el que se reporta un valor de 1.29 Mcal/Kg. valores que son determinados por el grado de lignificación y presencia de fibra con un bajo nivel energético.

**Tabla 10**  
*Degradabilidad de la cáscara de cacao a nivel ruminal*

<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Materia Seca Digerible %</b>	<b>Materia Seca No Degradada (Grs/100)</b>
<b>0</b>	4.5	95.5
<b>3</b>	8.2	91.8
<b>6</b>	16.5	83.5
<b>9</b>	17.5	82.5
<b>12</b>	18.7	81.3
<b>24</b>	29.0	71.0
<b>48</b>	29.3	70.7
<b>72</b>	32.3	67.7

En la tabla 9 se aprecia la degradabilidad ruminal in situ de la materia seca (DRISMS) de la cáscara de cacao, valores que están sustentados por la ecuación exponencial propuesta por Orkosv, (1992), la cáscara tiene una baja concentración de componentes solubles de rápida degradabilidad a nivel celular, ya que la fracción soluble (MSD%) presenta un valor de 4.5% de degradabilidad, incrementándose tan solo a 32.3% a las 72 horas, valores que pueden ser sustentados por que los componentes que existen en las reservas de las plantas, se encuentran como carbohidratos

estructurales, almidón, ácidos orgánicos, proteínas y pectina. todos con una digestibilidad muy baja.



**Figura 7.** Degradabilidad de materia seca en cáscara de cacao

Hay que enfatizar que, en la mayoría de las plantas lignificadas, la lignina afecta mucho la digestibilidad y las reservas metabólicas de las plantas. Por otro lado, a medida que aumenta la madurez de la planta, empieza a aparecer cierta proporción de las sustancias que son parcialmente responsables de la disminución en su valor nutritivo. Muchos de esos componentes, son también glúcidos como la celulosa y la hemicelulosa, los cuales tienen una digestibilidad muy variable que depende del grado de lignificación de la planta.

**Tabla 11**

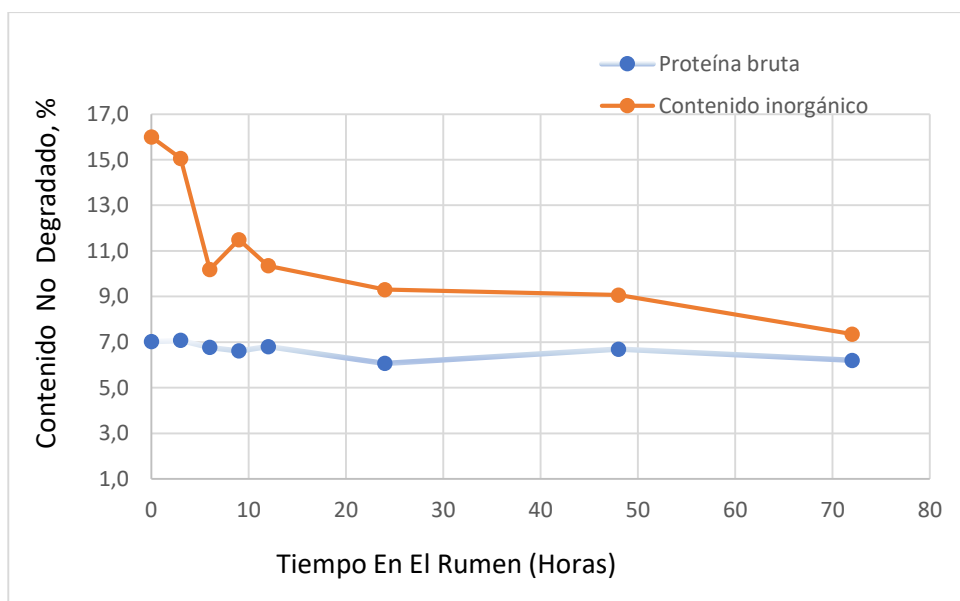
*Degradabilidad de la proteína en cáscara de cacao*

Tiempo (horas)	Proteína
0	7.0
3	7.1
6	6.8
9	6.6

CONTINUA→

12	6.8
24	6.1
48	6.7
72	6.2

En la tabla 10 se muestra los valores de degradabilidad de la proteína contenida en la cáscara de cacao, en donde a la hora 0 existe un contenido de 7 gramos y a las 72 horas se mantiene un contenido de 6.2 gramos, produciéndose una degradabilidad de tan solo el 11.42%, datos que son concordantes con Trujillo, A., Uriarte, G. (SF). Al manifestar que mientras que las estructuras de defensa, que implican tejidos lignificados y altos contenidos de cutina, se caracterizan por su bajo valor nutritivo.



**Figura 8.** Degradabilidad de la proteína contenida en la cáscara de cacao

En la figura N° 8 se muestra la degradabilidad de la proteína en donde se puede apreciar que la cantidad degradable es muy poca en el transcurso del tiempo, proceso que puede ser entendido desde el punto de vista fisiológico de la planta ya que el desarrollo y maduración es acompañado

por una disminución del valor nutritivo causado fundamentalmente por un incremento en el contenido de la pared celular y una disminución en la digestibilidad.

**Tabla 12**

*% Proteína ligada a lignina en el residuo 72 h*

% De Proteína En Lignina del Residuo 72h	<b>13.90</b>
% Lignina A 72h	<b>40.36</b>
G De Residuo 72 h	<b>2.85</b>
G De Lignina en Residuo 72h	<b>1.15</b>
G De Proteína en Residuo 72h	<b>0.16</b>
%Proteína Ligada e Lignina en el Residuo 72h	<b>5.61</b>

En la tabla N°. 11, se muestra el porcentaje de lignina presente en el residuo de fundas a las 72 horas (40.36%), el porcentaje de Proteína en lignina del residuo (13.90%) y el porcentaje de proteína ligada a la lignina en el residuo, (5.61%) lo cual nos da a entender el porqué de la baja digestibilidad de la cáscara de cacao, ya que al ser un producto que se forma para proteger el fruto este debe pasar por su ciclo completo de maduración, periodo en el cual los carbohidratos no estructurales presentes en el tejido de la cáscara se movilizan para formar carbohidratos estructurales y estos a su vez van ligando porciones de proteína volviéndolo indigerible, una característica particular de los forrajes es que son alimentos voluminosos, es decir con baja densidad física y que presentan alta proporción de pared celular en su materia seca, por lo que Cangiano, 1997, citado por Trujillo, A., Uriarte, G. (SF), manifiesta que algunos componentes de las pasturas se tornan limitantes, ya sea en cantidad como en el balance de los nutrientes aportados (proteínas, carbohidratos solubles y minerales).

**Tabla 13***Valores de degradabilidad de varios nutrientes contenidos en cáscara de cacao*

<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Fibra Bruta</b>	<b>Fibra Detergente Neutro</b>	<b>Fibra Detergente Ácido</b>	<b>Lignina</b>
<b>0</b>	16.0	37.7	61.5	60.6	34.4
<b>3</b>	15.1	36.4	59.8	59.2	34.1
<b>6</b>	10.2	33.5	55.1	54.2	31.6
<b>9</b>	11.5	33.6	54.9	54.1	31.9
<b>12</b>	10.4	33.1	54.4	54.1	31.4
<b>24</b>	9.3	29.1	48.0	47.5	27.8
<b>48</b>	9.1	29.9	48.2	47.7	28.0
<b>72</b>	7.3	29.6	46.2	45.4	27.3

En la tabla N° 12 se muestra los valores de degradabilidad de varios nutrientes contenidos en cáscara de cacao durante el periodo de incubación ruminal de 72 horas, en los que se reporta porcentajes de degradabilidad de: 55.0; 21.5; 24.87; 25.08 y 20.8% para Ceniza, Fibra bruta, FDN, FDA y Lignina respectivamente.

Redimio (2007), indica que el valor nutritivo del follaje de plantas arbustivas depende de la magnitud de energía, proteínas, minerales y vitaminas que suministren; Minson, (1990); Poppi y Norton, (1995), citados por Redimio M. et al (2007), indican que las regulaciones físicas son el factor principal que influye en el consumo de forrajes por los rumiantes, debido fundamentalmente al tiempo de retención de la materia seca en el rumen. Santacoloma, L. (2017), indica que concentraciones elevadas en FDN en los forrajes no son aconsejables para asegurar la calidad en el mismo, igualmente Di Marco, O. (2011), Independientemente de la metodología utilizada para evaluar la calidad, se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIVMS), menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína bruta (PB). Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS disminuye a menos del 50%, la FDN sube a más del 65% y la PB baja a menos del 8%.

El uso más común de la DIVMS es para estimar el contenido de energía metabolizable (EM) del alimento.

Consecuentemente dadas las características propias de la cáscara, es decir su procedencia, composición química proximal, y sus valores de digestibilidad aun a las 72 horas, es baja debido a los altos contenidos de fibra y lignina presentes, según reportes tanto proximales como de digestibilidad.

**Tabla 14**  
*Degradabilidad de minerales presentes en cáscara de cacao*

<b>Tiempo (horas)</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>
<b>0</b>	152.8	3036.2	782.9	425.8	218.7	6.5
<b>3</b>	146.9	789.7	1649.2	378.3	187.2	8.9
<b>6</b>	66.8	536.0	878.3	293.9	143.0	5.6
<b>9</b>	89.1	565.8	875.9	316.7	172.3	5.7
<b>12</b>	91.0	342.9	1004.4	289.3	174.0	5.5
<b>24</b>	98.0	286.9	924.5	170.4	144.3	5.2
<b>48</b>	84.8	172.5	754.9	134.3	165.4	3.9
<b>72</b>	81.2	240.9	714.6	166.5	166.5	5.7

En la tabla N° 13 se presenta la degradabilidad de los diferentes minerales presentes en la cáscara de cacao, siendo estos de: 53.2; 7.9; 91.3; 39.1; 76.1y 87.1% para Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro y Cobre respectivamente

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Partiendo de la base conceptual que explica las diferencias en el valor nutritivo de los vegetales, esta radica en la anatomía, fisiología, bioquímica y en la composición morfológica de la planta, por lo que se concluye que la utilización de los subproductos de poscosecha de la cáscara de la mazorca de cacao, pueden ser incluidos en la dietas de los rumiantes, debido a que por sus propiedades nutricionales puede mejorar las funciones ruminales, en función de la cantidad diaria que fuera suministrada.
- Los resultados obtenidos sobre el perfil nutricional de las muestras de cáscara de cacao, proporciona información sobre el elevado interés del sector agropecuario de buscar materias primas alternativas para alimentación animal como ingredientes para el uso en alimentación de rumiantes, sin embargo se deberá considerar los valores del contenido de nutrientes y digestibilidad de la MS, la cual por depender del contenido y de la digestibilidad de la FDN, valores que en este estudio son bajos posiblemente por un desbalance de nutrientes, así mismo, su baja degradabilidad se debe a la presencia de una alta fracción de lignina contenida en la cáscara, lo cual limita el grado de consumo, aporte nutricional e interés comercial, ya que dada sus características nutricionales solo sería utilizable si su valor económico por Kg/Ms fuera atractivo frente al valor de otras materia primas.
- La disponibilidad de este sub producto resulta interesante en razón de la superficie de cacao cultivada, la cual está sobre las 420.000 hectáreas de las cuales el 55% aproximadamente es de la variedad CCN51 con niveles de producción muy superiores al cacao fino de aroma, ya



que con un sistema adecuado de conservación (deshidratación), se puede convertir en una alternativa nutricional especialmente en épocas de verano para la provincia de Manabí.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda emplear la cáscara de la mazorca de cacao, como alternativa de alimentación para ser incorporada en la dieta de vacas lecheras en forma de fibra larga debido a que poseen características favorables para mejorar las funciones ruminales y su nutrición, aprovechando así, los residuos que generan las fincas cacaoteras, lo cual es factible debido a que la composición química de la cáscara muestra características favorables y como este subproducto es dejado en el campo, prácticamente no tiene valor económico y que al darle un uso contribuiría al mejoramiento de la producción ganadera en el Ecuador, especialmente en época de sequía
- Realizar estudios sobre niveles de inclusión en otras especies de interés zootécnico
- Realizar estudios pertinentes a fin de dar valor agregado mediante diferentes técnicas de fracturación de paredes celulares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anecacao. (2016). *Cacao Nacional*. Obtenido de [http://www.Cacao Nacional \\_ Anecacao Ecuador.mhtml](http://www.Cacao Nacional _ Anecacao Ecuador.mhtml)
- Bach, A., Stern, M., Merchen, N., & Drackley, J. (1998). Evaluation of selected mathematical approaches to the kinetics of protein degradation in situ. *J Anim Sci*, 76:2885-.
- Baena, L., & García, N. (2012). *Obtención y caracterización de fibra dietética a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. en una industria chocolatera colombiana*. Colombia: Tesis para optar al título de PhD. en Química.
- Barazarte, H., Sangronis, E., & Emaldi, U. (2008). La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): una posible fuente comercial de pectinas. *Arch Latinoam Nutr*, 58(1): 64-70.
- Blummel, M., & Becker, K. (1997). The Degradability Characteristics of Fifty-four Roughages and Roughage Neutral-detergent Fibre as Described by In Vitro Gas Production and their Relationship to Voluntary Feed Intake. *Brit. J. Nutr*, 77, pp. 757-768.
- Brenes, O. (1989). Posibilidades de la utilización de los subproductos del beneficio del cacao. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Memoria Seminario Regional Sobre Tecnología Poscosecha Y Calidad Mejorada del Cacao*, (págs. 141 – 146.). Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); .
- Corporación Financiera Nacional. (2018). Ficha Sectorial del Cacao y Chocolate. *Analisis e información*, 30.
- Correa, H. (2005). Origin and comprehensive study of Thünen's model to analyze data from in situ rumen degradability technique. *Rev Col Cienc Pec*, 18:80-87.
- Flatt, W. (1988). "Feed Evaluation Systems: Historical Background".
- García O, B. R. (2008). Hacia una definición de Fibra Alimentaria. *An. Venez. Nutr*, 25-30, 21 (1).
- González, M. (2002). *Las grasas protegidas como fuente energética en la alimentación de vacas lecheras*. Santiago de Chile.
- Google maps. (15 de 01 de 2018). *Mapa de la ubicación del Cantón Antonio Ante*. Obtenido de <http://puembo.gob.ec/datos.htm>
- Guthrie, L. (1998). *Alimentación de bovinos cap. 1*. Georgia: Facultad de medicina veterinaria y zootecnia UNAM.
- Hernández, N. (1994). *Suplementación de vacas en lactancia con cascarilla de cacao*. [1994]. Zemun (Yugoslavia).
- Hoffman, K., Lundberg, L., Bauman, L., & Randy, D. (2007). El Efecto de la Madurez en la Digestibilidad del FDN (Fibra. *Focus on Forage*, vol 5: N.15.
- Kalvatchev, Z., Garzaro, D., & Guerra, F. (1998). Theobroma Cacao L. *Un nuevo enfoque para nutrición y salud*. Agroalimentaria.
- Larragán, A. (1958). *La cascarilla de cacao en el engorde bovino*. Turrialba (Costa Rica).
- Luker Cacao. (2016). Cacao Fino de aroma. 6.
- Macrae, R, Robinson, R., & Sadler, M. (1993). Encyclopaedia of Food Science. *Food Technology and Nutrition*. Reino Unido: STAFF.
- MAG. (2018). *Rendimientos de cacao almendra seca (theobroma cacao) en el Ecuador 2017*. Quito-Ecuador.

- Mc Donald, P., Edwards, R., & Greenhalgh, J. (1995). *Nutrición Animal*. Acribia-España: UNCPBA.
- NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition, 2001*. Obtenido de <https://profsite.um.ac.ir/~kalidari/software/NRC/HELP/NRC%202001.pdf>
- Ørskov, R., & McDonald, I. (1992). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agr Sci* , 499-503.
- PennState College of Agricultural Sciences. (2008). *Uso de ración total mezclada (tmr) para vacas lecheras*. Obtenido de <https://docplayer.es/32500541-Uso-de-ration-total-mezclada-tmr-para-vacas-lecheras.html>
- Pinzón, O., Velasquez, S., Tirado, O., Gutierrez, R., Mendez, H., & Ramirez, E. (2005). Guia Técnica para el Cultivo del Cacao. *Federacion de Cacaoteros*, 33.
- Portaltemp. (24 de septiembre de 2015). *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ministerio de la Productividad*. . Obtenido de Elaboración De Cacao y Subelaborados. 2012.: <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/g3bzawibeka4sqfx4hj8jy9j8dpjkz.pdf>
- Proecuador. (24 de septiembre de 2015). *Análisis Sectorial de Cacao y Elaborador. 2013*. Obtenido de [http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/PROEC\\_AS2013\\_CACAO.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf)
- Rayas, P., & Romero, A. (2008). Fibra a base de Frutas, Vegetales Y Cereales: Función De Salud. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 23(1): 613-621.
- Redimio, M. (2007). *Valor nutritivo para rumiantes del follaje de árboles y arbustos tropicales. Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA)*. Obtenido de <file:///C:/Users/MLORTIZ2/Downloads/01Redimio-Format-Esp-07.pdf>
- Relling, A., & Mattioli, G. (2002). *Fisiología digestiva y metabolica de los rumiantes*. Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Reyes, N., & Sánchez, M. (2000). *Determinacion del valor nutritivo de los alimentos*. Managua: Facultad de Ciencia Animal FACA.
- Rivera, R., Mecias, F., Guzman, A., Peña, M., Medina, H., Casanova, L., & Barrera, A. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional. *Rev. Ciencia y Tecnología*, 5(1): 7-12.
- Rojas, A. (13 de febrero de 2008). *La poda en cacao. Tecnología para el mantenimiento del sistema de producción de cacao*. Obtenido de Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria): <http://te.innatia.com/c-otros-tes-i>
- Salinas, Y., Pérez, P., Castillo, J., & Álvarez, L. (2003). Relación de amilosa: amilopectina en el almidón de harina nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. *Rev. Fitotec. Mex* , 26(2): 115 – 121.
- Sánchez-Mora, F., Zambrano, J., Vera Chang, J., Ramos, R., Garcés, F., & Vásconez, G. (2014 ). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de los ríos, ecuador. *Rev. Ciencia y Tecnología*, 7(1): 33-41.
- Sangronis, E., Soto, M., Valero, Y., & Buscema, I. (2014). *Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones*. Obtenido de Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Laboratorio de Análisis de Alimentos, Universidad Simón Bolívar.

- Santacoloma, L. (2017). Evaluación de variables agronómicas, calidad del forraje y contenido de taninos condensados de la leguminosa *Lotus corniculatus* en respuesta a biofertilizante y fertilización química en condiciones agroecológicas de trópico alto.
- Soto, M. (2012). *Desarrollo del Proceso de Producción de Cascarilla de Cacao en polvo destinada al Consumo Humano*. Venezuela : Tesis de Grado. Universidad Simón Bolívar.
- Tapia, Y. (2015). *Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, Cascarilla de Cacao (Theobroma cacao L.) variedad Arriba y CCN51 para la elaboración de una Infusión*. Ambato: Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato.
- Theodorou, M., Willians, M., Dhaona, A., & France, J. (1994). A Simple Gas Production Method Using a Pressure Transducer to Determine the Fermentation Kinetics of Ruminants Feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48, pp. 185-195.
- Tingo, M. (8 de diciembre de 2012). *Producción de cuyes, Proceso productivo - alimentación, Criadero Auquicuy. Ibarra - Ecuador*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/VictorinoRamosZurita/origen-del-cuy>.
- Vanzant, E., Cochran, R., & Titgemeyer, E. (1988). Standardization of In Situ Techniques for Ruminant Feedstuff Evaluation. *J. Anim. Sci*, num. 76, 2717-2729.
- Villamizar, Y., Rodríguez, J., & León, L. (2016). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51. *Cuaderno Activa* 9, 65-75.

**ANEXOS**