



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: VALORACIÓN NUTRICIONAL DE RECURSOS ALIMENTICIOS  
SUMINISTRADOS A VACAS LACTANTES, EN 8 HACIENDAS DE LA  
SIERRA ENTRE LOS 2500 Y 3500 msnm**

**AUTORES: GUARTAMBEL CACARIN, DALILA ROCIO**

**REINOSO LEMA, DARWIN PAÚL**

**DIRECTOR: ING. VELA TORMEN, DIEGO ALONSO**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

◀ CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“VALORACIÓN NUTRICIONAL DE RECURSOS ALIMENTICIOS SUMINISTRADOS A VACAS LACTANTES, EN 8 HACIENDAS DE LA SIERRA ENTRE LOS 2500 Y 3500 msnm”*** fue realizado por los señores: ***Guartambel Cacarín, Dalila Rocío y Reinoso Lema, Darwin Paúl*** 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, 07 de Septiembre de 2018

Ing. Vela Tormen Diego Alonso

C.C. 170775453-5



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, *Guartambel Cacarín, Dalila Rocío y Reinoso Lema, Darwin Paúl*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Valoración nutricional de recursos alimenticios suministrados a vacas lactantes, en 8 haciendas de la sierra entre los 2500 y 3500 msnm* 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, 07 de Septiembre del 2018**

.....  
**Guartambel Cacarín Dalila Rocío**  
C.C. 1724499114

.....  
**Reinoso Lema Darwin Paul**  
C.C. 1723416481



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

*Nosotros, Guartambel Cacarín, Dalila Rocío y Reinoso Lema, Darwin Paúl autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: Valoración nutricional de recursos alimenticios suministrados a vacas lactantes, en 8 haciendas de la sierra entre los 2500 y 3500 msnm en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.*

Sangolquí, 07 de Septiembre del 2018

Guartambel Cacarín Dalila Rocío  
C.C. 1724499114

Reinoso Lema Darwin Paul  
C.C. 1723416481

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a mi amado hijo Jorge Isaac por ser mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día más y así luchar para que la vida nos depara un futuro mejor. A mis padres Luis y Lourdes, hermanas Maritza y Dalia quienes a pesar de los momentos difíciles me han brindado su comprensión, cariño, amor y no me han dejado decaer para que siga adelante, sea perseverante y cumpla mis ideales.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas. Además a cada una de las personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

### **Dalila Rocío Guartambel Cacarín**

A Dios por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. Al Ing. Edgar Cañizares, por su apoyo incondicional brindado durante mis mejores momentos y adversidades.

A mis padres Gloria y Alejandro, por ser un ejemplo de perseverancia y dedicación, por creer en mí, haberme formado y apoyado para ser buena persona y estudiante a lo largo de mi vida académica. A mis hermanos, Cristian, Alejandra, Alex y Juan, por haberme apoyado y ser partícipes de mi vida estudiantil, e incentivar me a nunca darme por vencido siempre mirando hacia adelante. A mis amigos, que durante esta etapa han compartido buenos y malos momentos, brindándome su conocimiento sin esperar nada a cambio.

### **Darwin Paúl Reinoso Lema**

## AGRADECIMIENTO

Le agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y brindarnos una vida llena de aprendizaje, experiencia y sobre todo felicidad. Extendemos nuestro más sincero agradecimiento a las personas que de manera directa o indirecta facilitaron este proyecto para nuestro desarrollo profesional así como al personal de las haciendas que fueron participes en la ejecución y culminación de nuestro proyecto de investigación en la fase de campo.

Al Dr. Christian Ponce, por habernos brindado la oportunidad de la realización de este trabajo de tesis, por todos sus consejos, enseñanzas y apoyo, gracias por habernos brindado su confianza en la ejecución del proyecto fue un gusto haber trabajado con usted.

Al Dr. Jorge Ron, por brindarnos su apoyo y colaboración, por habernos dedicado su valioso tiempo en orientarnos, aportarnos sus conocimientos y sugerencias en el desarrollo de nuestro proyecto.

Al Ing. Diego Vela, por darnos su apoyo y respaldarnos a lo largo de nuestro proyecto.

Al Ing. Julio Pazmiño, por orientarnos con sus conocimientos en el desarrollo de nuestro proyecto.

Al Lic. Luis Taco, por apoyarnos de manera desinteresada en la realización de toda la fase de laboratorio de nuestro proyecto y ser un guía en el mismo.

Cordialmente.

**Dalila y Darwin**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT .....	xxii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	2
1.2.1	Las Causas .....	3
1.2.2	Los efectos .....	3
1.3	Justificación .....	3
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	Objetivo General.....	4
1.4.2	Objetivos Específicos .....	5

1.5	Hipótesis .....	5
-----	-----------------	---

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	Alimentación de vacas lactantes .....	6
2.1.1	Generalidades .....	6
2.1.2	Forrajes .....	6
2.1.2.1	Gramíneas .....	7
2.1.2.1.1	Ryegrass annual ( <i>Lolium multiflorum</i> ) .....	7
2.1.2.1.2	Ryegrass perenne ( <i>Lolium perenne</i> ).....	8
2.1.2.1.3	Ryegrass Híbrido ( <i>Lolium hybridum</i> ).....	8
2.1.2.1.4	Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ).....	8
2.1.2.2	Leguminosas .....	9
2.1.2.2.1	Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ).....	9
2.1.2.2.2	Trébol rojo ( <i>Trifolium pratense</i> ).....	9
2.1.3	Forrajes conservados .....	9
2.1.3.1	Henificación.....	10
2.1.3.2	Ensilaje .....	10
2.1.3.3	Henolaje .....	11
2.1.4	Suplementos.....	11
2.2	Nutrientes de los recursos alimenticios .....	11
2.2.1	Agua.....	12
2.2.2	Proteínas .....	12
2.2.3	Energía.....	13

2.2.4	Carbohidratos.....	14
2.2.5	Grasas .....	14
2.2.6	Minerales .....	14
2.2.7	Vitaminas.....	14
2.3	Factores de las pasturas que inciden en el consumo y selectividad de los forrajes .....	15
2.4	Análisis requeridos para valorar la calidad de un recurso alimenticio .....	19
2.4.1	Materia seca .....	19
2.4.2	Cenizas y materia orgánica.....	19
2.4.3	Proteína cruda (PC).....	20
2.4.4	Extracto etéreo .....	20
2.4.5	Fibra.....	20
2.4.6	Métodos para determinar la digestibilidad .....	21
2.4.6.1	Método “In situ” .....	21
2.4.6.2	Método “In vitro” .....	22
2.5	Requerimientos nutricionales de bovinos de leche.....	22
2.5.1	Requerimientos de energía para mantenimiento.....	24
2.5.2	Requerimientos de energía para actividad.....	24
2.5.3	Requerimientos de energía para crecimiento.....	25
2.5.4	Requerimientos de energía para producción de leche .....	25
2.5.5	Requerimientos de energía para gestación .....	26

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y METODOLOGÍA**

3.1	Ubicación del lugar de investigación.....	27
-----	---	----

3.1.1	Ubicación política.....	27
3.1.2	Ubicación Geográfica.....	27
3.1.3	Ubicación Ecológica.....	29
3.2	Materiales de campo.....	30
3.2.1	Materiales para aforos.....	30
3.2.2	Materiales para toma de altura de forrajes.....	30
3.2.3	Materiales para pesaje de animales.....	30
3.2.4	Materiales para recolección de muestras.....	30
3.2.4.1	Muestras de suplementos alimenticios.....	30
3.2.4.2	Muestras de Leche.....	31
3.3	Materiales de Laboratorio.....	31
3.3.1	Materiales para evaluar grasa y proteína en leche.....	31
3.3.2	Materiales de laboratorio para análisis bromatológico.....	31
3.3.2.1	Materia seca.....	31
3.3.2.2	Proteína.....	31
3.3.2.3	Grasa.....	32
3.3.2.4	Fibra.....	32
3.3.2.5	Materia orgánica y ceniza.....	32
3.3.3	Materiales para evaluar la digestibilidad “in vitro”.....	32
3.3.4	Materiales para evaluar la digestibilidad “in situ”.....	33
3.3.5	Equipos utilizados en el laboratorio.....	33
3.3.6	Reactivos.....	34
3.4	Metodologías de campo.....	34

3.4.1	Determinación de variables de georreferenciación.....	34
3.4.2	Obtención de información de pastos y animales en producción.....	35
3.4.3	Determinación del área del potrero en la finca.....	35
3.4.4	Disponibilidad de forraje y residuo .....	35
3.4.5	Altura del pastizal .....	35
3.4.6	Composición botánica de las muestras .....	35
3.4.7	Distancia recorrida por los animales.....	36
3.4.8	Producción de leche .....	36
3.4.9	Recolección de muestras de suplementos alimenticios .....	36
3.5	Metodologías de laboratorio .....	36
3.5.1	Análisis bromatológico .....	36
3.5.1.1	Determinación de materia seca.....	36
3.5.1.2	Determinación de materia orgánica y ceniza.....	37
3.5.1.3	Determinación de grasas –extracción SOXHLET .....	37
3.5.1.4	Determinación de nitrógeno .....	37
3.5.1.5	Determinación de fibra bruta .....	38
3.5.2	Digestibilidad “in vitro” .....	38
3.5.3	Digestibilidad “in situ” .....	39
3.6	Variables a medir .....	40
3.7	Análisis estadístico .....	41
3.7.1	Estadística descriptiva .....	41
3.7.2	Análisis de correlación .....	41
3.7.3	Análisis económico.....	41

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1	Información de los forrajes evaluados .....	42
4.2	Precipitación y temperatura promedio por periodo .....	43
4.3	Descripción botánica de forrajes .....	44
4.4	Aforos de potreros .....	45
4.5	Tasas de crecimiento.....	48
4.6	Composición botánica .....	50
4.7	Altura de pastos .....	53
4.8	Composición nutricional de pasturas.....	56
4.9	Formulación de suplementos alimenticios.....	59
4.10	Composición nutricional de suplementos alimenticios .....	62
4.11	Consumo total de materia seca .....	64
4.12	Descripción de bovinos evaluados.....	66
4.13	Razas bovinas evaluadas.....	67
4.14	Producción de leche .....	68
4.15	Valoración nutricional .....	70
4.15.1	Digestibilidad in vitro vs digestibilidad In situ.....	70
4.15.2	Producción de gas in vitro .....	73
4.15.3	Digestibilidad in situ de nutrientes .....	74
4.16	Requerimientos energéticos de vacas lactantes .....	79
4.17	Aporte energético de pastos y suplementos.....	82
4.18	Porcentaje de energía cubierta a partir de forrajes y suplementos.....	86

4.19	Energía del forraje calculada a partir del aporte energético del balanceado .....	88
4.20	Energía de para producción de leche .....	91
4.21	Correlaciones .....	94
4.22	Análisis de costos de alimentación .....	100
4.23	Costo por megacalorías por cada kilogramo de forraje y suplemento.....	101

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	103
5.2	Recomendaciones .....	104
5.3	Bibliografía .....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Composición nutricional de pastos de la sierra en época lluviosa a los 30 días de corte.....</i>	17
<b>Tabla 2</b>	<i>Composición nutricional de pastos de la sierra en época seca a los 45 días de corte .....</i>	18
<b>Tabla 3</b>	<i>Nutrientes necesarios para vacas en producción de leche .....</i>	24
<b>Tabla 4</b>	<i>Ubicación política de las 8 haciendas evaluadas en el presente proyecto .....</i>	27
<b>Tabla 5</b>	<i>Ubicación geográfica de las 8 haciendas evaluadas en el presente proyecto.....</i>	28
<b>Tabla 6</b>	<i>Ubicación ecológica de las 8 haciendas evaluadas en el presente proyecto.....</i>	29
<b>Tabla 7</b>	<i>Información de las pasturas usadas por las vacas lactantes en las 8 haciendas evaluadas de la sierra ecuatoriana durante el periodo octubre 2017 - abril 2018 .....</i>	42
<b>Tabla 8</b>	<i>Precipitación y temperatura promedio de las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en los intervalos de pastoreo durante el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	43
<b>Tabla 9</b>	<i>Especies evaluadas en cada hacienda .....</i>	44
<b>Tabla 10</b>	<i>Disponibilidad de forraje de cuatro pastoreos en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante el periodo de octubre 2017 a abril 2108 .....</i>	46
<b>Tabla 11</b>	<i>Disponibilidad de forrajes de cuatro pastoreos de las haciendas del rango (2500 - 3500 msnm), en el periodo octubre 2017 - febrero 2018 octubre 2017 - febrero 2018.....</i>	47

<b>Tabla 12</b>	<i>Disponibilidad de forrajes de cuatro pastoreos en las haciendas del rango (3001 - 3500 msnm), en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	48
<b>Tabla 13</b>	<i>Tasas de crecimiento en los tres periodos de descanso del forraje, de las 8 haciendas evaluadas durante octubre 2017 – abril 2018.....</i>	49
<b>Tabla 14</b>	<i>Composición botánica promedio en porcentaje (%) de pasturas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	51
<b>Tabla 15</b>	<i>Composición botánica promedio en porcentaje (%) de pasturas de 4 haciendas del rango (2500 - 3000 msnm) durante cuatro pastoreos, en el periodo octubre 2017 - febrero 2018.....</i>	52
<b>Tabla 16</b>	<i>Composición botánica promedio en porcentaje (%) de pasturas de 4 haciendas de entre los 3001 hasta 3500 msnm durante cuatro pastoreos, en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	53
<b>Tabla 17</b>	<i>Altura en centímetros (cm) de las pasturas en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en cuatro pastoreos durante el periodo de octubre 2017 - abril 2108.....</i>	54
<b>Tabla 18</b>	<i>Altura en centímetros (cm) de las pasturas en 4 hacienda entre los 2500 hasta los 3000 msnm durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - febrero 2018.....</i>	55
<b>Tabla 19</b>	<i>Altura en centímetros (cm) de las pasturas en 4 fincas entre los 3001 msnm hasta los 3500 msnm durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	56

<b>Tabla 20</b>	<i>Composición nutricional promedio en porcentaje (%) de pasturas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante cuatro pastoreos durante el periodo de octubre 2017 - abril 2018 .....</i>	<i>57</i>
<b>Tabla 21</b>	<i>Composición nutricional promedio en porcentaje (%) de pasturas de las haciendas del rango (2500 - 3000 msnm) durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - febrero 2018 .....</i>	<i>58</i>
<b>Tabla 22</b>	<i>Composición nutricional promedio en porcentaje (%) de pasturas de las haciendas del rango (3001 - 3500 msnm) durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018 .....</i>	<i>59</i>
<b>Tabla 23</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la hacienda 1 .....</i>	<i>60</i>
<b>Tabla 24</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la hacienda 2 .....</i>	<i>60</i>
<b>Tabla 25</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la hacienda 3 .....</i>	<i>60</i>
<b>Tabla 26</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 4 .....</i>	<i>61</i>
<b>Tabla 27</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 5 .....</i>	<i>61</i>
<b>Tabla 28</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 6 .....</i>	<i>61</i>
<b>Tabla 29</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 7 .....</i>	<i>62</i>

<b>Tabla 30</b>	<i>Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 8 .....</i>	62
<b>Tabla 31</b>	<i>Composición nutricional en porcentaje (%) de suplementos alimenticios de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	63
<b>Tabla 32</b>	<i>Consumo de pasturas y suplementos alimenticios, producción de leche y eficiencia de conversión alimenticia en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante el periodo de octubre 2017 - abril 2018 .....</i>	65
<b>Tabla 33</b>	<i>Descripción de las vacas lactantes evaluadas en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	66
<b>Tabla 34</b>	<i>Producción y calidad composicional de la leche promedio del reo lactante en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante el periodo de octubre 2017 - abril 2018.....</i>	69
<b>Tabla 35</b>	<i>Porcentaje de digestibilidad in vitro (DIVMS) e in situ (DISMS) de la materia seca de pasturas y suplementos alimenticios de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	71
<b>Tabla 36</b>	<i>Producción de gas in vitro de pasturas y suplementos alimenticios de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en cuatro pastoreos en el periodo de octubre 2017 a abril 2018 .....</i>	74
<b>Tabla 37</b>	<i>Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en pastos a las 24 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo de octubre 2017 a abril 2018 .....</i>	75

<b>Tabla 38</b>	<i>Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en pastos a las 48 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo de octubre 2017 a abril 2108 .....</i>	76
<b>Tabla 39</b>	<i>Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en suplementos a las 24 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108 .....</i>	78
<b>Tabla 40</b>	<i>Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en suplementos a las 48 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108 .....</i>	79
<b>Tabla 41</b>	<i>Requerimiento de energía neta de lactancia promedio para vacas lactantes de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana evaluadas en el periodo octubre 2017-abril 2018.....</i>	80
<b>Tabla 42</b>	<i>Requerimiento de energía neta de lactancia promedio para las haciendas del rango (2500 - 3000 msnm), en el periodo octubre 2017 - febrero 2018.....</i>	80
<b>Tabla 43</b>	<i>Requerimiento de energía neta de lactancia promedio para las haciendas del rango (3001 - 3500 msnm), en el periodo octubre 2017 - abril 2018.....</i>	81
<b>Tabla 44</b>	<i>Energía neta de lactancia (Mcal/kg MS) de forrajes y suplementos alimenticios promedio de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana evaluados en el periodo octubre 2017 – abril 2018.....</i>	85

<b>Tabla 45</b>	<i>Porcentaje de energía neta de lactancia cubierta en promedio a las 24 y 48 horas en las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo octubre 2017 – abril 2018 .....</i>	86
<b>Tabla 46</b>	<i>Porcentaje de energía neta de lactancia cubierta en promedio a las 24 y 48 horas en las haciendas ubicada entre 2500 a 3000msnm en el periodo octubre 2017 - febrero 2018 .....</i>	87
<b>Tabla 47</b>	<i>Porcentaje de energía neta de lactancia cubierta en promedio a las 24 y 48 horas en las haciendas ubicada entre 3001 a 3500 msnm en el periodo octubre 2017 - abril 2018 .....</i>	88
<b>Tabla 48</b>	<i>Energía calculada de forrajes a partir de la energía observada de suplementos y requerimientos energéticos del animal de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108 .....</i>	89
<b>Tabla 49</b>	<i>Energía calculada de forrajes a partir de la energía observada de suplementos y requerimientos energéticos del animal de las haciendas del rango (2500 – 3000 msnm) en el periodo de octubre 2017 - febrero 2108 .....</i>	90
<b>Tabla 50</b>	<i>Energía calculada de forrajes a partir de la energía observada de suplementos y requerimientos energéticos del animal de las haciendas del rango (2500 – 3000 msnm) en el periodo de octubre 2017 – abril 2108 .....</i>	90
<b>Tabla 51</b>	<i>Energía requerida para la producción de un litro de leche en promedio de 8 haciendas en la sierra ecuatoriana en el periodo de octubre 2017 a abril 2108 .....</i>	91

<b>Tabla 52</b>	<i>Energía requerida para la producción de un litro de leche en promedio de las hacienda ubicada en el rango (2500- 3000 msnm )en el periodo octubre 2017 - febrero 2018 .....</i>	92
<b>Tabla 53</b>	<i>Energía requerida para la producción de un litro de leche en promedio de las haciendas ubicada en el rango (3000 - 3500 msnm) en el periodo octubre 2017 - abril 2018 .....</i>	93
<b>Tabla 54</b>	<i>Porcentaje de egresos en alimentación en promedio de las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana, en el periodo octubre 2017 - febrero 2018.....</i>	100
<b>Tabla 55</b>	<i>Costos por megacaloría de forrajes y suplementos en promedio de las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo octubre 2017 - febrero 2018.....</i>	101

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b><i>Figura 1</i></b>	Desglose del sistema de energía .....	23
<b><i>Figura 2</i></b>	Tasas de crecimiento/periodo de descanso de las 8 haciendas .....	49
<b><i>Figura 3</i></b>	Porcentaje de razas evaluadas total.....	67
<b><i>Figura 4</i></b>	DIVMS 24h vs DIVMS 48h (forrajes) .....	95
<b><i>Figura 5</i></b>	DIVMS 24h vs DIVMS 48h (suplementos) .....	95
<b><i>Figura 6</i></b>	DISMS 24 h VS DISMS 48 H (forrajes).....	96
<b><i>Figura 7</i></b>	DISMS 24 h vs DISMS 48 h (suplementos).....	96
<b><i>Figura 8</i></b>	DIVMS 24H vs DISMS 24h (forrajes).....	97
<b><i>Figura 9</i></b>	DIVMS 24h vs TDN 24h (forraje) .....	98
<b><i>Figura 10</i></b>	TDN 48 vs ENL 48 h (forraje) .....	98
<b><i>Figura 11</i></b>	Altura vs Disponibilidad (Forrajes).....	99

## RESUMEN

Al valorar nutricionalmente los recursos alimenticios suministrados a vacas lactantes, en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana ubicadas entre los 2500 y 3500 msnm, se caracterizó agronómicamente los forrajes obteniendo, una disponibilidad de forrajes promedio de 1904,96 kg MS/ha, con 36 días de corte, cuya tasa de crecimiento fue 39,79 kg MS/ha/día, a una altura de 34,9 cm y un aprovechamiento de 75,24%. La composición botánica fue 89,42% gramíneas; 6,45% leguminosas y 4,13% malezas. En la composición nutricional de forraje se obtuvo en promedio, 17,68% de materia seca (MS); 19,19% proteína cruda; 19,54% de fibra bruta, y 2,87% de extracto etéreo. El consumo total de MS promedio fue 18,40 kg MS/animal/día, donde el forraje corresponde a un 66,14% y el resto a los suplementos. El aporte energético total a partir de la digestibilidad in situ de materia seca y consumo observado de forrajes a las 48 horas fue de 19,40 Mcal/día y los suplementos a las 24 h fue de 8,49 Mcal/día, con 108,86% de energía cubierta. La energía neta de lactancia requerida para las vacas, con una producción de 19,01 l de leche fue 25,79 Mcal/día, donde el 50,94% fue para producción; 47,54% para mantenimiento; 0,4% para gestación y 1,08% para crecimiento. La correlación entre la digestibilidad in vitro e in situ en forrajes fue positiva ( $r=0,63$ ). El porcentaje de egresos para alimentación, con respecto a los ingresos netos de leche fue 39,89 %; el costo por Mcal de forraje fue \$ 0,14 y \$ 0,31 para suplemento.

## PALABRAS CLAVE

- **FORRAJES**
- **SUPLEMENTOS**
- **APORTE ENERGÉTICO**

## ABSTRACT

In order to evaluate nutritionally assessing the nutritional resources supplied to dairy cows, in 8 farms of the Ecuadorian highlands located between 2500 and 3500 meters above sea level, the forages were agronomical characterized obtaining, on average, a forage availability of 1904.96 kg MS / ha, at 36 days of cutting, a growth rate of 39.79 kg DM / ha / day, a height of 34.9 cm and an advantage of 75.24%. The botanical composition was 89.42% grass; 6.45% legumes and 4.13% weeds. In the nutritional composition of forage, an average of 17.68% of dry matter (DM) was obtained; 19.19% crude protein; 19.54% crude fiber, and 2.87% ethereal extract. The total average DM consumption was 18.40 kg MS /animal/day, where the forage corresponds to 66.14% and the rest to the supplements. The total energy intake from in situ digestibility of dry matter and observed intake of forages at 48 hours was 19.40 Mcal /day and the supplements at 24 h was 8.49 Mcal / day, with 108.86 % of energy covered. The net lactation energy required for lactating cows, with a production of 19.01 l of milk was 25.79 Mcal/day, where 50.94% was for production; 47.54% for maintenance; 0.4% for pregnancy and 1.08% for growth. The correlation between in vitro and in situ digestibility in forages was positive ( $r = 0.63$ ).The percentage of expenditures for food, with respect to the net milk income was 39.89%; the cost for each megacalorie of forage was \$ 0.14 and \$ 0.31 for supplement.

## KEYWORDS

- **FORAGES**
- **SUPPLEMENTS**
- **ENERGY SUPPLY**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

En Ecuador, la ganadería se constituye en una importante fuente de empleo e ingresos. Según datos del Banco Central del Ecuador, la contribución nacional del sector agropecuario al Producto Interno Bruto (PIB) para el 2015 fue del 8,3 %; y la contribución específica del sector pecuario para el mismo año corresponde a 1,5 % del PIB (FAO, 2017).

En el Ecuador hasta el año 2017, según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), existen 12'355.146,00 hectáreas de suelo disponibles a nivel nacional, donde el 19,81% se usa para pastos cultivados y el 5,49% corresponde a pastos naturales. En la Región Sierra existen 723.113 ha de pastos cultivados y 528.767 ha de pastos naturales, cuyo porcentaje para uso agropecuario es de 29,54% y 78% respectivamente (ESPAC, 2017).

En el año 2017 se registró 856.164 vacas ordeñadas a nivel nacional, de donde el 64,31% corresponde a la región sierra, seguido por la costa con 29,99 % y el oriente con 5,7 % (ESPAC, 2017). A nivel nacional se tiene una producción de 5'135.405,00 litros de leche, la región sierra es la que más aporta con un 76,25%, seguido de la Costa con el 19,66% y el Oriente con el 4,09%. En relación al promedio de litros de leche por vaca producidos, la región que se destaca es la Sierra con 7,11 litros/vaca. La región oriental ocupa el segundo lugar con 4,29 litros/vaca y por último la región Costa con 3,93 litros/vaca (ESPAC, 2017).

Las unidades productoras agropecuarias (UPAs) en la Sierra son 131.710 que representan el 55% del total nacional donde el 13% de UPAs pertenecen a Pichincha y el 7% a Chimborazo

(SICA, 2000). El ganado lechero requiere una diversidad de nutrientes para su mantenimiento y propósito productivo. Desde el punto de vista cuantitativo, los requerimientos de agua son los mayores, seguidos por los requerimientos de energía y proteína. En cambio, las vitaminas y los minerales son requeridos en cantidades muy pequeñas (Pezo & Ruiz, 1982).

Para satisfacer los requerimientos de energía de los animales, es preciso conocer las demandas energéticas que tienen las diferentes funciones metabólicas y la eficiencia con que se utiliza la energía. Igualmente se requiere conocer cómo estas necesidades se ven afectadas por la actividad física y otros agentes ambientales. Es importante reconocer que la composición tanto física y química de los mismos, afecta el consumo de materia seca, sobre la digestibilidad y el aporte energético en los animales (Elizondo, 2014).

## **1.2 Planteamiento del problema**

En la producción ganadera la nutrición, sanidad y manejo son puntos clave que deben mantenerse en equilibrio. La nutrición en los sistemas de producción pecuaria representa entre el 60 a 70% de los costos de producción, lo que evidencia la necesidad de trabajar en la optimización de la misma (Nuñez Torres, 2017).

Debido a que la alimentación del ganado se basa mayormente en los pastos, la producción ganadera es el resultado de su calidad y disponibilidad adecuada. La suplementación alimenticia en las ganaderías muchas veces se suministra para equiparar las demandas nutricionales en los rumiantes. Es un error que los ganaderos quieran mejorar su eficiencia en materia de leche o carne solo con complementos nutricionales. Primero, porque puede ser muy costoso y lo otro depende del tipo de suplemento que se le esté brindando (Unimedios, 2013).

Aumentar y mantener una alta producción láctea son puntas de lanza importantes en la ganadería lechera, esto depende de varios factores, como el suplemento, la genética del animal, el tipo de pasturas, ya que todo hace parte de una cadena que permite lograr una mejor producción.

### **1.2.1 Las Causas**

Existen escasos estudios que analizan el valor nutricional de los pastos y suplementos alimenticios en la Sierra Ecuatoriana, debido a la falta de interés por parte de los ganaderos en sus potreros, ya que sólo implantan el potrero y no le dan un adecuado manejo agronómico al mismo, para poder determinar su aporte energético en los animales y si estos cubren o no los requerimientos del animal. La ganadería de leche también se ve afectada por mal manejo de potreros, lo que ocasiona que al suplementar disminuya la rentabilidad de la ganadería de leche.

### **1.2.2 Los efectos**

Existe un desbalance nutricional de los animales en pastoreo, además, si la sobrealimentación no es la adecuada o es insuficiente, esto provocará resultados negativos en la producción de leche y en la reproducción del hato. Además los costos de alimentación serán mayores por el mal manejo de la producción ganadera.

## **1.3 Justificación**

La demanda forrajera constituye la base de la alimentación en los sistemas de producción de rumiantes, donde el 80% a 90% de los nutrientes derivan de las pasturas, ya que son la opción más económica para estos animales, depende de la cantidad de pasto que consume un animal, esto a su vez, está muy relacionada a la ganancia de peso, mantenimiento y producción del animal (Armijos Chamba, 2014).

La industria bovina no se hace competitiva solo por basar la alimentación en el pastoreo, para ello se requiere forrajes de alta calidad nutricional. Los animales deben consumir pasturas que contengan niveles adecuados de nutrientes y de alta digestibilidad, para que se refleje en producción de leche o carne, es decir en el comportamiento productivo de los animales (Armijos Chamba, 2014).

En la explotación lechera los costos de producción mayormente se inclinan a la nutrición de los animales, por lo que es indispensable determinar la valoración nutricional de las pasturas y suplementos alimenticios (Mella, 2007). Por medio de este estudio se determinó el valor nutritivo de los forrajes y suplementos alimenticios, suministrados en 8 haciendas de ganadería de leche de la Sierra Ecuatoriana para cubrir los requerimientos energéticos del animal, que varían de acuerdo a la especie, edad, estado de desarrollo, producción, entre otras. Y así valorar si los recursos alimenticios suministrados son altamente digestibles para aportar la energía neta de lactancia requerida por el animal.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Valorar nutricionalmente los recursos alimenticios suministrados a vacas lactantes, en 8 haciendas de la Sierra entre los 2500 y 3500 msnm.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar parámetros productivos de los forrajes en cada hacienda: disponibilidad de materia seca, tasa de crecimiento, composición botánica y altura, durante 4 pastoreos consecutivos.
- Caracterizar bromatológicamente los recursos alimenticios suministrados en las haciendas en estudio durante 4 pastoreos consecutivos.
- Evaluar la digestibilidad de los recursos alimenticios de cada hacienda, mediante los métodos “in vitro” e “in situ”, durante 4 pastoreos consecutivos.
- Determinar si la energía neta de lactancia requerida por las vacas lactantes es cubierta por el aporte energético de los recursos alimenticios durante 4 pastoreos consecutivos.
- Calcular el costo de egresos en alimentación y el costo de megacaloría de forrajes y suplementos alimenticios utilizados en las 8 haciendas

### 1.5 Hipótesis

**H<sub>0</sub>:** Las necesidades energéticas de vacas lactantes en términos de energía neta de lactancia son cubiertas por el aporte nutricional derivado del consumo de los recursos alimenticios.

**H<sub>1</sub>:** Las necesidades energéticas de vacas lactantes en términos de energía neta de lactancia no son cubiertas por el aporte nutricional derivado del consumo de los recursos alimenticios.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1 Alimentación de vacas lactantes**

##### **2.1.1 Generalidades**

La alimentación de razas especializadas en la producción de leche es el factor fundamental para el sostenimiento de la producción de leche y a la vez el punto crítico para lograr rentabilidad, debido a que su costo representa entre el 50 y 60% del ingreso por venta de leche. Una alimentación racional aporta a los animales los elementos nutritivos que necesitan para compensar los gastos que implican sus producciones y mantener un status sanitario adecuado(Almeyda, 2012).

Existen dos grandes categorías de alimentos para el ganado bovino: los forrajes o pastos, que normalmente se emplean a libre consumo como base del programa de alimentación, o estos mismo forrajes se los conserva para la fabricación de ensilajes, henolajes o heno; y los concentrados o suplementos que se formulan y se suministran de acuerdo a las necesidades de energía, proteína y minerales(González, 2017).

##### **2.1.2 Forrajes**

Las pasturas cultivadas son la base de la alimentación de la ganadería al pastoreo, se los considera como la herramienta principal para manipular la producción en la explotación, porque son la fuente de alimento más barata que existe. Entre las especies de forrajes comunes e importantes existen las gramíneas y las leguminosas, que al asociarlas proveen un alimento completo y balanceado al ganado (energía y proteína). A su vez los forrajes conservados que se destacan son los henos, ensilajes y henolajes (Bernal, 1998).

### **2.1.2.1 Gramíneas**

Las gramíneas constituyen la principal fuente de alimentación de los herbívoros, ya que aportan la mayor parte de materia seca y carbohidratos consumidos por el animal. Se usan diferentes especies de gramíneas en las mezclas, dependiendo de las condiciones climáticas y de los requerimientos de producción (Arbitó, 2011). Generalmente las gramíneas son pobres en proteínas, por lo que es necesario asociarlas con leguminosas (Richa Toctaguano & Changoluisa Changoluisa, 2011).

Las principales gramíneas usadas son los ryegrasses entre los principales se destacan el anual, perenne e híbrido, a pesar de que el kikuyo es una especie invasora se considera como una gramínea que la usan en la mayoría de haciendas poco tecnificadas.

#### **2.1.2.1.1 Ryegrass annual (*Lolium multiflorum*)**

Es una especie de rápida emergencia de 5 a 7 días, pertenece a la familia del tipo pratense, que tiene formas de crecimientos del tipo anual, bianual hasta trienal, por ejemplo *Lolium multiflorum. var. italicum*. El anual es idóneo para pastoreo directo, mientras el bienal se adapta a mezclas polifíticas polianuales (Rocha & Changoluisa, 2011).

Son normales los rendimientos de 5 a 7 t MS/ha, pero en planteos de alta tecnología y en zonas adecuadas, se puede aspirar a rendimientos entre 9 a 11 t MS/ha. Con excelente calidad y palatabilidad. Los niveles de digestibilidad suelen rondar entre el 70 a 75% a inicio del ciclo y llegar a 55 o 60% al final del mismo (Picasso, 2018).

#### **2.1.2.1.2 Ryegrass perenne (*Lolium perenne*)**

Planta perenne de color verde oscuro, inflorescencia en forma de espiga, sus hojas alcanzan alturas superiores a los 20 cm, bajo pastoreo macollan abundantemente (Arbitto, 2011). Crecen en regiones con adecuada precipitación (600 mm), son de rápido establecimiento, alta producción, valor nutritivo y persistencia bajo condiciones de pastoreo severo, no toleran temperaturas extremas (mayor a 25°C)(Dirección de Educación Agraria, 2011). Su producción es de alrededor de 10 a 12 t anuales. La DIVMS es entre 65 y 75% en invierno llegando en verano hasta 50 a 60% (Picasso, 2018).

#### **2.1.2.1.3 Ryegrass Híbrido (*Lolium hybridum*)**

Es un cruce entre ryegrass anual y perenne, tiene un crecimiento y persistencia intermedio entre sus progenitores. Se desarrollan mejor en áreas de veranos húmedos (Dirección de Educación Agraria, 2011). Presenta una digestibilidad del 65 a 70%, se adapta a alturas hasta los 3200 msnm (Picasso, 2018).

#### **2.1.2.1.4 Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)**

El kikuyo es una gramínea vigorosa, con raíces profundas, se adapta a cualquier tipo de suelo, sus hojas alcanzan de 10 a 20 cm de largo y de 8 a 15 mm de ancho, el crecimiento de los tallos es erecto (50 a 60 cm). Se usa para pastoreo, ensilajes, heno y campos de deporte. El kikuyo es apto para tener un pastoreo continuo, con períodos de descanso entre cinco y ocho semanas, dependiendo de la humedad. Se debe pastorear hasta una altura de 5 a 10 centímetros, aunque la altura de corte recomendada es de 3 a 4 cm (Rocha & Changoluisa, 2011).

### **2.1.2.2 Leguminosas**

Las principales características de las leguminosas son: alto valor nutritivo, fijan nitrógeno atmosférico al suelo, soportan menos el pastoreo, y los rendimientos de masa verde a excepción de algunas especies, son menores que las gramíneas (Benítez, 1980). En pasturas de clima templado el trébol blanco y el trébol rojo son las leguminosas más usadas.

#### **2.1.2.2.1 Trébol blanco (*Trifolium repens*)**

Es una planta rastrera, perenne y resistente, produce múltiples estolones que se enraízan en los entrenudos (Arbitto, 2011). No prospera en suelos sueltos, salino-alcálinos o demasiado ácidos, el pH ideal va de 5,5 a 7,5. Las digestibilidades son cercanas al 80 %, el promedio anual es de 70%. Produce alrededor de 5 t MS/ha durante el año de establecimiento y algo más de 8 t MS/ha durante el siguiente año de producción (Picasso, 2018)

#### **2.1.2.2.2 Trébol rojo (*Trifolium pratense*)**

Forrajera cortamente perenne, el rango óptimo de pH va desde 6,0 a 7,5 incluso más ácidos todavía. No tolera la deficiencia de fósforo (P). Los niveles de digestibilidad se hallan entre el 65 y 80% dependiendo del estado fonológico de la planta. Rendimiento de 5 a 6 t MS/ha durante el año de implantación y cerca de 10 a 12 t MS/ha en el segundo año (Picasso, 2018).

### **2.1.3 Forrajes conservados**

La producción de pasturas presenta concentraciones altas de producción en ciertas épocas del año, mientras que cuando existe un déficit es necesario compensar con el uso de forrajes conservados y/o granos. Debido a esto existen técnicas de conservación de forrajes como la henificación, el henolaje y el ensilaje (Bruno, Romero, & Ustarroz, 1997).

Las ventajas de cortar el pasto y preservarlo son: mayor productividad, aumentar la carga de animales por hectárea, usar los principales nutrientes al máximo y tener una provisión para los meses de baja productividad o de sequía estacional.

### **2.1.3.1 Henificación**

Método de conservación de forraje seco, se lo almacena con 15% de humedad. Las vacas pueden consumir hasta 14 kg diarios (Agribit, 2016). La avena, el trigo y la cebada son comúnmente cultivadas para henificar así como también tamo y los tallos gruesos o los restos de cosechas son importantes fuentes de alimento para el ganado (FAO, 2003).

Un cultivo apto para henificar debe cumplir con los siguientes requisitos: buena producción de forraje, rápido secado, la cantidad y calidad deben coincidir con la época del año apropiada para lograr un rápido secado para obtener un buen valor nutritivo que sirvan de alimento complementario para los bovinos (Bruno, Romero, & Ustarroz, 1997).

### **2.1.3.2 Ensilaje**

El ensilaje es el producto de la fermentación de carbohidratos provenientes de los forrajes o materias primas como maíz, avena, entre otros, por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaerobias. Este proceso sirve para el almacenamiento de alimento, el cual puede ser suministrado en época de escasez o como suplemento nutricional debido a su aporte energético y alta palatabilidad (Garcés Molina, Berrio Roa, Ruiz Alzate, Serna de León, & Builes Arango, 2017).

### **2.1.3.3 Henolaje**

Es un método de conservación de forraje húmedo con alto contenido de materia seca (50 - 60% aproximadamente). Es de olor agradable, puede ser elaborado a partir de kikuyo, avena, ryegrass, alfalfa o trébol. Es un método que optimiza la cosecha del forraje producido y la energía presente es similar a la del forraje fresco. Por lo que es considerado un suplemento alimenticio viable en el sector ganadero (Bernal Eusse & Chavera Gil, 2002).

### **2.1.4 Suplementos**

La función de los suplementos es proporcionar la energía, proteína y minerales necesarios para producir leche o carne, los cuales no han sido cubiertos con el consumo de los forrajes. Las características de estos balanceados incluyen su alta palatabilidad, digestibilidades superiores al 70% y de buena calidad a un costo mínimo.

Los ingredientes más utilizados en la preparación de los suplementos para el ganado bovino son los subproductos de la molienda de granos (salvado de arroz, afrecho de trigo); los granos de cereales (maíz, sorgo), subproductos agroindustriales (urea, melaza), subproductos de la industria del aceite (harina de semilla de algodón, harina de soya), subproductos de origen animal (harina de carne, hueso, sangre o pescado)(Castro Á. , 1994). Además, normalmente se incluyen suplementos minerales y vitamínicos en la mezcla de concentrados (Arreaza, et al., 2014).

## **2.2 Nutrientes de los recursos alimenticios**

Los nutrientes son componentes de los alimentos que a través de la ración alimenticia se transfieren a los animales, estos ayudan en el soporte de la vida y sus interacciones regulan la mayoría de los procesos de producción. Los nutrientes se clasifican en: (Arreaza, et al., 2014).

### **2.2.1 Agua**

Es el nutriente más importante para la vida del animal en los procesos digestivos, metabólicos y de termorregulación, ya que sin ella sería imposible la masticación, deglución, digestión, absorción y distribución de alimentos por todos los tejidos, así como la eliminación de productos nocivos del metabolismo. El requerimiento de agua para bovinos oscila entre 34 y 45 litros por día. En el caso de vacas lactantes se requiere adicionalmente 3kg de agua por cada kg de leche producida (León, 2003).

El consumo de agua depende de:

- a) El tipo de alimento (los concentrados contienen en promedio 10%, los forrajes secos y heno de 10 a 30%, los ensilajes y forrajes verdes entre 70 y 90%);
- b) La cantidad de materia seca digerida (suma de todos los nutrimentos digeridos menos el agua), y
- c) La temperatura ambiental (en los climas calientes los animales consumen más agua que en los climas fríos o templados).

### **2.2.2 Proteínas**

Son la base de los tejidos del cuerpo de un animal y están constituidas por aminoácidos que son compuestos que contienen nitrógeno. Son imprescindibles para animales en crecimiento y producción. En bovinos la necesidad de proteína se expresa en proteína digestible (PD), necesitando aproximadamente las vacas lecheras 70 a 100 g de PD/kg MS (Armijos Chamba, 2014).

La selección del suplemento proteico depende de la disponibilidad y el costo. El contenido de proteína es variable de acuerdo a la fuente de proteína por ejemplo las leguminosas de acuerdo a su estado de madurez pueden tener de 15 a 23% de proteína cruda (PC), gramíneas contienen de 8 a 18% de PC (según el nivel de fertilización con nitrógeno) y los residuos de cosechas (paja) pueden tener solo 3 a 4% de proteína cruda (Rocha & Changoluisa, 2011).

### 2.2.3 Energía

León (2003), indica que los valores energéticos de los componentes orgánicos de los alimentos se combinan y se expresan como:

- Total de nutrientes digestibles (TDN) que es la sumatoria de la energía de cada uno de los nutrientes tomando en cuenta la digestibilidad.

$$\% \text{NTD} = \frac{DPC + DFC + (DEE * 2,25) + DELN}{kgMS}$$

Donde: DPC=digestibilidad de proteína cruda, DFC=digestibilidad de fibra cruda, DEE=digestibilidad del extracto etéreo, DELN=digestibilidad de extracto libre de nitrógeno, MS= materia seca.

- Energía digestible (ED), porción de energía consumida que es absorbida por el animal.  
ED (Mcal/kg) = 0.04409 \* NDT (%)
- Energía metabolizable (EM) aquella parte de la energía consumida por el animal que puede utilizar para cualquier proceso fisiológico.  
EM (Mcal/kg) = 1.01 \* ED (Mcal/kg) – 0.45
- Energía neta (EN) la proporción de energía consumida que puede convertirse en trabajo, leche, carne, huevos. ENL (Mcal/kg) = 0.0245 \* NDT (%) – 0.12

#### **2.2.4 Carbohidratos**

Los carbohidratos representan el 45 a 80 % de la materia seca y constituyen la principal fuente de energía para el rumiante. De acuerdo a su rol en la planta se los clasifica en estructurales (fibra) y no estructurales. El primer grupo constituye la mayor parte de la pared celular incluyendo hemicelulosas, celulosas y pectinas, y en el último grupo están agrupados los azúcares simples y complejos que participan en el metabolismo intermediario o son almacenados (Trujillo & Uriarte, 2013).

#### **2.2.5 Grasas**

Estos componentes de raciones son una fuente muy rica en energía. Si bien el valor energético de la grasa es 2,25 veces mayor que los carbohidratos, la primera se emplea sólo en escala reducida en la alimentación debido a su precio, a la dificultad que tiene el cuerpo para digerirla y a que los cuerpos grasos se enrancian fácilmente, lo que favorece la destrucción de las vitaminas A, D, E y de algunas del grupo B (Castro Á. , 1994). El contenido de lípidos de las hojas gramíneas y leguminosas varía entre 3-10%, y generalmente declina con la edad (León, 2003)

#### **2.2.6 Minerales**

Son nutrimentos indispensables para mantener una buena salud y máxima producción. Los minerales más importantes para los bovinos son el calcio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, cobalto, yodo y selenio. Los minerales deben formar parte del alimento diario de los animales o deben constituir un suplemento del mismo ya que no se sintetizan en el rumen (Castro Á. , 1994).

#### **2.2.7 Vitaminas**

Son sustancias químicas que actúan como catalizadores del metabolismo. La mayoría de las vitaminas requeridas por los bovinos son sintetizadas por los microorganismo del rumen

(complejo B, vitamina K, vitamina C). Las únicas vitaminas que debe formar parte del alimento son las liposolubles: A, D y E que son las más importantes para bovinos (Castro Á. , 1994).

### 2.3 Factores de las pasturas que inciden en el consumo y selectividad de los forrajes

Bajo condiciones de pastoreo, donde la única fuente de alimento con excepción de los minerales es el forraje en oferta, existe una relación entre uno o varios de estos factores de la vegetación y la producción animal (Mendoza & Lascano, 2004). Los factores comúnmente medidos en los ensayos de pastoreo son:

- a) **Disponibilidad de forraje:** La medición generalizada en los ensayos de pastoreo es el forraje total disponible, el cual, por definición es la cantidad de forraje en base seca presente por unidad de área en un momento dado y bajo un determinado sistema de pastoreo (Mendoza & Lascano, 2004).
- b) **Composición botánica de forraje (gramíneas, leguminosas y malezas):** Es la proporción de las especies que están presentes en el forraje de oferta en un momento determinado y bajo cierto manejo de pastoreo (Mendoza & Lascano, 2004).
- c) **Estructura de la pastura:** Algunas características de la pastura tales como la densidad de plantas, la distribución de las especies en el área, el tamaño de las plantas y la relación entre tallos y hojas pueden influir sobre la selectividad debido a que modifica el tamaño de bocado del animal, factor determinante del consumo (Tarazona, Ceballos, Naranjo, & Cuartas, 2012).
- d) **Valor nutritivo del forraje en oferta:** El valor nutritivo de los pastos depende de dos factores: calidad del forraje (composición química), eficiencia en la digestibilidad y la energía metabolizable (Pintado Lazo & Vásquez Rodríguez, 2016). La calidad del forraje,

depende del valor nutritivo del forraje (34%) y del consumo voluntario (66%), cambia por la frecuencia de pastoreo, estado fenológico y condiciones ambientales (Mendoza & Lascano, 2004).

La composición de la materia seca de todas las pasturas es muy variable y el contenido de humedad es alto (60-85%). A efectos de comprender los principales nutrientes que aportan las pasturas, se presenta en la tabla 1 y tabla 2 la composición química y la digestibilidad de algunas variedades de pastos de la sierra ecuatoriana para la época lluviosa y seca (Armijos Chamba, 2014).

**Tabla 1***Composición nutricional de pastos de la sierra en época lluviosa a los 30 días de corte*

	MS	Proteína	Fibra	FDN	FDA	Grasa	Cenizas	DIVMS	EM
	%	%	%	%	%	%	%	%	Mcal/kg MS
Ryegrass anual var. Moata	17,56	10,93	20,75	40,78	22,51	3,41	11,94	69,03	2,49
Ryegrass anual var Rey Verde	21,71	10,32	19,94	40,66	28,14	3,81	11,65	66,98	2,42
Ryegrass bianual var. Arroyo	18,65	10,73	21,56	41,26	26,41	3,66	11,38	68,33	2,47
Ryegrass bianual var. Maverick	20,17	9,75	22,29	42,96	28,41	3,41	11,38	66,77	2,41
Ryegrass perenne var. Banquet	20,46	11,91	23,11	44,97	28,71	6,68	11,7	66,53	2,4
Ryegrass perenne var. Gigant	20,69	10,7	21,43	39,73	26,7	4,34	11,43	68,1	2,46
Ryegrass perenne var. Kingston	21,02	11,26	22,13	43,91	30,83	6,26	11,2	64,88	2,34
Ryegrass perenne var. ONE-50	20,63	12,48	23,76	43,83	28,86	4,97	10,61	66,42	2,4
Trébol blanco var. Emerald	24,72	15,31	21,4	46,71	24,73	3,77	9,48	69,64	2,51
Trébol blanco var. Ladino	24,76	12,68	22,95	43,76	24,19	3,1	25,13	70,06	2,53
Trébol blanco var. Tribute	16,73	25,05	15,71	33,07	32,15	4,87	9,8	63,86	2,34
Trébol rojo var. Keenland	14,95	24,57	17,18	34,58	31	4,46	9,91	64,75	2,34
Pasto Azul var. Potomac	18,97	15,58	24,73	47,64	29,75	4,72	14,12	65,72	2,37

MS: materia Seca; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DIVMS: digestibilidad in vitro de materia seca; EM: energía metabolizable; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos, var.: variedad

Fuente: Armijos Chamba (2014)

Elaboración: Los autores

**Tabla 2***Composición nutricional de pastos de la sierra en época seca a los 45 días de corte*

<b>Pasto</b>	<b>MS</b>	<b>Proteína</b>	<b>Fibra</b>	<b>FDN</b>	<b>FDA</b>	<b>Grasa</b>	<b>Cenizas</b>	<b>DIVMS</b>	<b>EM</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>Mcal/kg MS</b>
Ryegrass anual var. Moata	21,39	11,29	22,8	57,80	42,53	2,64	11,91	55,77	2,01
Ryegrass anual var Rey Verde	23,43	10,86	24,03	43,85	27,19	2,81	11,65	67,72	2,44
Ryegrass bianual var. Arroyo	20,77	12,52	27,12	50,97	31,59	2,95	12,28	64,29	2,32
Ryegrass bianual var. Maverick	21,81	12,3	25,38	58,17	46,98	3,28	12,71	52,3	1,89
Ryegrass perenne var. Banquet	20,36	14,44	26,77	61,35	53,92	2,75	12,71	46,9	1,69
Ryegrass perenne var. Gigant	23,05	10,83	23,14	42,77	26,5	3,21	10,8	68,26	2,46
Ryegrass perenne var. Kingston	23,6	14,23	25,71	65,45	54,1	3,14	11,65	46,76	1,69
Ryegrass perenne var. ONE-50	22,3	13,49	24,97	52,16	30,47	3,45	11,61	65,16	2,35
Trébol blanco var. Emerald	20,17	25,33	16,57	38,27	30,64	2,9	10,54	65,03	2,35
Trébol blanco var. Ladino	16,76	26,52	43,39	50,83	35,49	3,05	12,16	61,25	2,21
Trébol blanco var. Tribute	19,05	25,75	17,76	40,43	33,15	3,16	12,38	63,08	2,28
Trébol rojo var. Keenland	15,55	28,41	33,8	47	38,14	4,57	10,59	59,19	2,14
Pasto Azul var. Potomac	23,41	17,2	29,02	55,55	35,27	4,29	13,23	61,42	2,22
Pasto Azul var. Crown Royal	23,46	14,67	27,55	55,5	32,6	3,47	12,66	63,5	2,29

MS: materia Seca; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DIVMS: digestibilidad in vitro de materia seca; EM: energía metabolizable; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos, var.: variedad

Fuente: Armijos Chamba (2014)

Elaboración: Los autores

## **2.4 Análisis requeridos para valorar la calidad de un recurso alimenticio**

El valor nutritivo es un concepto amplio en el cual está implícita la composición del alimento y su digestibilidad. La importancia que posee, está dada por una relación directa con la respuesta animal esperada. Se habla de forrajes de alta calidad nutritiva cuando éstos tienen alta concentración de nutrientes, son muy digestibles y permiten un consumo elevado (INIA, 2007).

Los análisis de laboratorio son necesarios para saber cómo utilizar los diferentes recursos alimenticios, incluyendo los forrajes y suplementos, pues si se conoce su contenido de nutrientes se hará un adecuado suministro de los mismos. Lo principales análisis incluyen:

### **2.4.1 Materia seca**

La materia seca (MS) es el análisis más simple que se puede realizar a los recursos alimenticios, ya que se cuantifica como el residuo que queda luego de extraer el agua a una determinada muestra de pastos o suplementos alimenticios. Para la determinación de la MS hay varias metodologías, en el caso de forrajes frescos implica un secado previo parcial a 55 o 60°C durante 12 horas y el molido de la muestra, para luego ser secada a 100°C en la estufa por 5 horas (Armijos Chamba, 2014).

### **2.4.2 Cenizas y materia orgánica**

Las cenizas son los residuos inorgánicos de los alimentos que quedan luego de incinerar la muestra de forrajes en una mufla a 600° C durante 2 horas. La fracción que desaparece durante la combustión corresponde a la materia orgánica (MO). El contenido de cenizas no aporta información sobre minerales específicos, pero es un indicativo del contenido de minerales en la muestra (Armijos Chamba, 2014).

### **2.4.3 Proteína cruda (PC)**

La proteína del forraje es la principal fuente de nitrógeno (N) para los animales, cuando las cantidades de N en el forraje no son suficientes para llenar los requerimientos del animal, se debe suministrar proteína complementaria en los concentrados o adicionar N no proteico como la urea. Para producir leche se necesita 68 a 76 g de PC/ l de leche (León, 2003).

El método más común para determinar el contenido de proteína cruda (PC) en muestras de alimento es el Kjeldahl, el cual es más preciso y confiable. Este método determina la cantidad de nitrógeno de la muestra, que después este resultado se multiplicara por la constante del alimento (comúnmente 6,25) para convertirlo a proteína (Armijos Chamba, 2014).

### **2.4.4 Extracto etéreo**

El extracto etéreo (EE) hace referencia a un grupo de compuestos lipídicos que son insolubles en agua pero solubles en éter, cloroformo o benceno. El EE en los forrajes está compuesto fundamentalmente por triacilglicéridos en las semillas y galactolípidos y fosfolípidos en las hojas (Armijos Chamba, 2014). La extracción de grasa de la muestra se realiza en el equipo llamado Soxhlet, con el solvente éter etílico de manera continua por un hora (Rocha & Changoluiza, 2011).

### **2.4.5 Fibra**

Los hidratos de carbono estructurales son la celulosa, la hemicelulosa, la lignina y la sílice; constituyen el esqueleto de las plantas y pueden comprender entre 40 a 80% de la materia seca. Las muestras de alimentos para la obtención de fibra son previamente desengrasadas con soluciones en ebullición de ácido sulfúrico e hidróxido potásico, para eliminar elementos grasos y

no grasos que se solubilizan con estos compuestos. La pérdida de peso debida a la ebullición corresponde a la fibra bruta de la muestra de ensayo (Pintado Lazo & Vásquez Rodríguez, 2016)

#### **2.4.6 Métodos para determinar la digestibilidad**

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio, debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales. La degradabilidad es la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. La digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (Gualavisí, 2013).

##### **2.4.6.1 Método “In situ”**

La técnica in situ o también llamada de la bolsa de nylon permite estudiar la cinética de desaparición del alimento en el rumen de animales fistulados. El alimento se coloca dentro de bolsas de nylon cerradas con un poro de 5  $\mu\text{m}$  y un tamaño de 15 x 20 cm, para luego ser colocado en el rumen de los animales, el retiro de distintas bolsas a lo largo del tiempo permite medir la cantidad de material que ha desaparecido (Reyes Gutiérrez, 2012). Esta técnica ha mostrado un buen grado de asociación con el consumo y la digestibilidad para alimentos como forrajes frescos y henos. La digestibilidad in situ de la materia seca se estima con la siguiente ecuación (Reyes Gutiérrez, 2012).

$$\text{Digestibilidad in situ (\%)} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

#### 2.4.6.2 Método “In vitro”

Este método consiste, básicamente en simular los procesos digestivos en el laboratorio, mediante la incubación del alimento en un medio artificial por un tiempo determinado, primero con licor ruminal y luego con la enzima gástrica pepsina, para determinar finalmente el residuo insoluble no digerido (INIA, 2007). Los sistemas in vitro de Tilley y Terry (1963) modificado por Van Soest (1970), usando líquido ruminal, son los más antiguos y aún los más comunes para medir la digestibilidad. Se expresa en porcentaje:

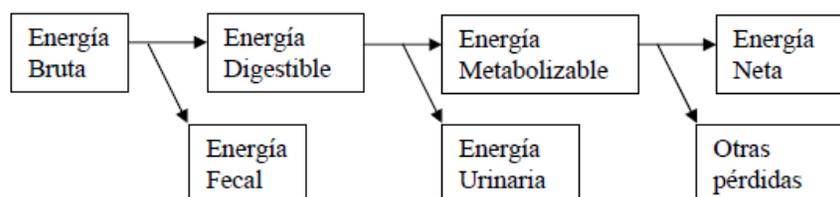
$$\text{DIVMS \%} = \frac{\text{PesoInicial} - \text{PesoFinal}}{\text{PesoInicial}} \times 100$$

### 2.5 Requerimientos nutricionales de bovinos de leche

Es el conjunto de sustancias químicas (nutrientes; agua, energía, proteína, minerales y vitaminas), que el animal requiere para cumplir con sus necesidades básicas y que le permiten mantener su equilibrio con el ambiente. Se expresan como demanda diaria y están influenciados por una serie de factores como el peso, raza, edad, nivel de producción, relación entre nutrientes de la ración y consumo voluntario, clima, entre otros (Lanuza, 2013).

En nutrición animal, el valor energético de los alimentos, las raciones y los requerimientos del ganado comúnmente se expresan en total de nutrientes digestibles (TND), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), energía neta para mantenimiento ( $EN_m$ ), energía neta para ganancia de peso ( $EN_G$ ) y energía neta para lactación ( $EN_L$ ) (Elizondo Salazar, 2014).

En la actualidad el sistema de energía ha sido adoptado para identificar las necesidades energéticas de los rumiantes. En la figura 1 se presenta de manera simplificada el desglose o fraccionamiento de la energía. En donde:



**Figura 1.** Desglose del sistema de energía

Fuente: (Elizondo Salazar, 2014)

- **Energía bruta (EB)**, es la cantidad de energía calórica presente en un ingrediente o alimento que provee la energía total (García Lagombra, 2008).
- **Energía digestible (ED)**, es la energía bruta menos la energía perdida en el alimento no digerido (energía fecal) (García Lagombra, 2008).
- **Energía metabolizable (EM)**, es la energía digestible menos la energía perdida en la orina y en los gases producidos como el metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Lanuza, 2013). La EM no contempla las pérdidas de energía por el incremento en calor y la energía que se pierde como resultado de las fermentaciones microbianas y metabolismo de los nutrientes.
- **Energía neta (EN)**, es la energía del alimento que queda disponible para fines útiles, para el mantenimiento corporal y los distintos procesos productivos se clasifica en energía para mantenimiento ( $\text{EN}_M$ ), ganancia de peso ( $\text{EN}_G$ ) o producción láctea ( $\text{EN}_L$ ) (García Lagombra, 2008). Para el ganado bovino adulto, solamente se utiliza la  $\text{EN}_L$ , ya que la eficiencia con que se utiliza la energía para mantenimiento, es muy similar a la eficiencia con que se utiliza la energía para la producción de leche (Elizondo Salazar, 2014).

A continuación en la tabla 3 se presentan los requerimientos necesarios de vacas lactantes (NRC, 2001).

**Tabla 3**  
*Nutrientes necesarios para vacas en producción de leche*

Nutrientes necesarios para vacas gestantes y en producción de leche									
PV, kg	PC, g	TND, kg	ED, Mcal	EM, Mcal	EN <sub>L</sub> , Mcal	Ca, g	P, g	Vitamina A, UI	Vitamina D, UI
400	318		13,8	12,01	7,16	16	11		
450	341	3,42	15,08	13,12	7,82	18	13	34	14
500	364	3,7	16,32	14,2	8,46	20	14	38	15
550	386	3,97	17,53	15,25	9,09	22	16	42	17
600	406	4,24	18,71	16,28	9,7	24	17	46	18
650	428	4,51	19,86	17,29	10,3	26	19	49	20
700	449	4,76	21	18,28	10,89	28	20	53	21
750	468	5,02	22,12	19,25	11,47	30	21	57	23

PV: peso vivo; kg: kilogramos; PC: proteína cruda; g: gramos; TDN: total de nutrientes digestibles; ED: energía digestible; Mcal: megacalorías; EM: energía metabolizable; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; Ca: calcio; P: fósforo; UI: unidad internacional; %: porcentaje; l: litros  
Fuente: (Escobosa & Ávila, 2001)

### 2.5.1 Requerimientos de energía para mantenimiento

Los requerimientos de energía neta para mantenimiento de ganado adulto son de 0,080

Mcal/kg PV<sup>0,75</sup>, en donde PV= peso vivo.

### 2.5.2 Requerimientos de energía para actividad

El incremento de requerimientos de energía para mantenimiento se atribuye principalmente a:

- 1) Distancia entre la sala de ordeño y la pastura,
- 2) Animales en pastoreo utilizan más tiempo para comer,
- 3) Animales en pastoreo caminan sobre superficies con diferentes elevaciones(Elizondo Salazar, 2014).

Por lo tanto, los requerimientos de EN<sub>L</sub> se incrementan en 0,00045 Mcal/Kg de peso vivo por cada kilómetro caminado. Varios estudios reportan que existe un incremento en el tiempo que

los animales utilizan para comer, por lo que se debe considerar un requerimiento extra de 0,002 Mcal/kg de peso vivo, en el caso de que los animales consuman únicamente pasto. Considerando que esto no es cierto en la mayoría de los casos, y asumiendo que los animales de lechería generalmente consumen el 60% de su dieta en forraje y 40% de su dieta en concentrado o granos, entonces el incremento por actividad extra será solamente de 0,0012 Mcal/kg de peso vivo. Adicionalmente, si los animales pastorean sobre un terreno que no es plano (es decir que tiene pendientes), una cantidad adicional de energía de mantenimiento de 0,006 Mcal/kg de peso vivo se debe considerar (Elizondo Salazar, 2014)

### **2.5.3 Requerimientos de energía para crecimiento**

Para la energía de crecimiento, deben tomarse en cuenta variables, como el peso corporal, peso del ternero al nacimiento, peso promedio de la raza y la ganancia de peso esperada por el animal. La ecuación para obtener la energía de crecimiento según NRC (2001) es:

$$EC \text{ (Mcal/kg)} = 0,0635 * (((0,891 * (0,96 * PC) - (PT)) * (478 / (0,96 * PR)))^{0,75} * ((0,956 * PGE)^{1,097}))$$

Donde: EC= energía de crecimiento; PC= peso corporal; PT= peso del ternero; PR= peso de la raza adulta; PGE= peso del ganado esperado

### **2.5.4 Requerimientos de energía para producción de leche**

La energía neta requerida para lactancia, es la energía contenida en la leche, específicamente en la grasa, proteína y lactosa. El calor de combustión de la grasa, proteína y lactosa en la leche son de 9,29; 5,71 y 3,95 Mcal/kg, respectivamente. Cuando se desconoce el nivel de lactosa en la leche se asume el valor de 4,85% (Elizondo Salazar, 2014).

La ecuación para calcular los requerimientos de  $EN_L$  para producción de leche es:

$$EN_L \text{ (Mcal/kg)} = (0,0929 \times \% \text{Grasa}) + (0,0547 \times \% \text{Proteína}) + (0,0395 \times \% \text{Lactosa}).$$

### 2.5.5 Requerimientos de energía para gestación

Los requerimientos de gestación se consideran 0 cuando los días en gestación de la vaca es menor a 190 días. Entre 190 y 279 días de gestación las necesidades para la vaca frisona estándar aumentan desde 2,5 hasta 3,7 Mcal/día. Por encima de los 279 días las necesidades de gestación permanecen constantes (Elizondo Salazar, 2014). Esta energía adicional necesaria se basa en el peso esperado del ternero al nacimiento. La ecuación para determinar los requerimientos de energía para gestación es:

$$EN_L \text{ (Mcal/d)} = \frac{[(0,00318 \times DIAS - 0,0352) \times (PENAC/45)]}{0,218}$$

Donde:

DIAS = días de gestación (solamente entre 190 y 279)

PENAC = Peso esperado (en kilogramos) del ternero al nacimiento.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 3.1 Ubicación del lugar de investigación

##### 3.1.1 Ubicación política

El desarrollo del proyecto se realizó en 8 haciendas ubicadas en las provincias de Pichincha y Chimborazo de la sierra ecuatoriana las cuales se detallan a continuación (ver Tabla4).

**Tabla 4**

*Ubicación política de las 8 haciendas evaluadas en el presente proyecto*

Hacienda	Provincia	Cantón	Parroquia	Área promedio potrero evaluado,m <sup>2</sup>	Número de animales del rejo	Animales evaluados, %
1	Pichincha	Quito	Amaguaña	8850,75	164	50,6
2	Pichincha	Mejía	Aloag	7641,25	194	47,9
3	Pichincha	Mejía	Aloag	3016,77	123	100,0
4	Pichincha	Mejía	Aloag	14000	405	49,6
5	Pichincha	Mejía	Aloag	8060,44	195	48,7
6	Pichincha	Mejía	Aloag	4212,32	35	100,0
7	Pichincha	Quito	Pifo	3985,75	47	100,0
8	Chimborazo	Riobamba	Quimiag	2128,31	73	100,0

m<sup>2</sup>: metros cuadrados

##### 3.1.2 Ubicación Geográfica

El desarrollo del proyecto se realizó en 8 haciendas ubicadas entre los 2500 msnm y los 3500 msnm las cuales se han clasificado por rangos: rango (2500 - 3000 msnm), haciendas entre los 2500 msnm hasta los 3000 msnm; rango (3001 - 3500 msnm) haciendas entre los 3001 y 3500 msnm, las cuales se detallan a continuación (ver Tabla 5).

**Tabla 5***Ubicación geográfica de las 8 haciendas evaluadas en el presente proyecto*

<b>Hacienda</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>Rango (2500 - 3000 msnm)</b>			
1	2830	0°22'S	78°27'O
2	2811	0°28'0" S	78°34'60" O
3	2800	0°28'0" S	78°34'60" O
4	2818	0°28'0" S	78°34'60" O
<b>Rango (3001 - 3500 msnm)</b>			
5	3054	0°28'0" S	78°34'60" O
6	3120	0°28'0" S	78°34'60" O
7	3100	0°13.791' S	78°31.497' O
8	3203	01°40'15" S	78°38'49" O

msnm: metros sobre el nivel del mar; O: oeste; S: sur °: grados. ‘: minutos; " : segundos

### 3.1.3 Ubicación Ecológica

**Tabla 6**

*Ubicación ecológica de las 8 haciendas evaluadas en el presente proyecto*

Hacienda	Precipitación Media Anual mm	Temperatura media anual ° C	Humedad Relativa %	Piso Altitudinal	Región Latitudinal	Zona de Vida	Clasificación Bioclimática	Provincia de Humedad
1	1489	14,7	78	Montano	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo
2	1044	12,4	77,6	Montano	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo
3	1044	12,4	77,6	Montano	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo
4	915	15,4	89	Montano	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo
5	1420	12,4	77,6	Montano Alto	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo a hiperhúmedo
6	987	12,6	77	Montano Alto	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo a hiperhúmedo
7	1250	10,3	94	Montano alto	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo a hiperhúmedo
8	618	14,3	80	Montano Alto	Templada	Bosque Húmedo	Húmedo-templado	Húmedo a hiperhúmedo

mm: milímetros de agua, °C: grados Celcius, %=porcentaje.

Elaboración: los autores

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2012)

## **3.2 Materiales de campo**

### **3.2.1 Materiales para aforos**

- Muestras de pastos según la hacienda (ryegrass anual, ryegrass perenne, kikuyo, trébol blanco, alfalfa, llantén y malezas)
- Cuadrante de 1m x 1m
- Fundas plásticas
- Hoz
- Marcador
- Etiquetas

### **3.2.2 Materiales para toma de altura de forrajes**

- Cinta métrica
- Libreta de campo
- Esferográfico

### **3.2.3 Materiales para pesaje de animales**

- Semovientes bovinos
- Cinta bovinométrica
- Báscula digital con celdas marca VESTA capacidad 1500kg

### **3.2.4 Materiales para recolección de muestras**

#### **3.2.4.1 Muestras de suplementos alimenticios**

- Alimento balanceado comercial o elaborado

- Forrajes Conservados: henolaje, heno, ensilajes
- Fundas plásticas

#### **3.2.4.2 Muestras de Leche**

- Frascos plásticos esterilizados
- Muestras de leche del tanque de enfriamiento

### **3.3 Materiales de Laboratorio**

Los materiales a utilizarse en el desarrollo de la investigación se los detalla de la siguiente manera:

#### **3.3.1 Materiales para evaluar grasa y proteína en leche**

- Muestras de Leche
- Equipo Ekomilk MILKANO KAM 98-2A
- Soluciones Ekoday y Ekoweek
- Agua destilada

#### **3.3.2 Materiales de laboratorio para análisis bromatológico**

##### **3.3.2.1 Materia seca**

- Fundas de Papel

##### **3.3.2.2 Proteína**

- 6 Tubos de ensayo para micro Kjeldahl
- Papel Parafina
- 6 matraces de Erlenmeyer

### **3.3.2.3 Grasa**

- 4 balones de destilación
- 4 sifones Soxhlet
- 8 mangueras de látex
- 4 soportes universales
- Papel filtro
- 4 refrigerantes
- Pinzas metálicas
- Esferas de ebullición

### **3.3.2.4 Fibra**

- 28 matraces Erlenmeyer de 250 ml y de 500 ml
- Plancha de Calentamiento Termolyne Modelo 2200
- 28 embudos de vidrio de 100 mm
- 10 pliegos de papel filtro

### **3.3.2.5 Materia orgánica y ceniza**

- 16 Crisoles
- Pinza para crisoles

### **3.3.3 Materiales para evaluar la digestibilidad “in vitro”**

- Jeringas con tapa de 60 ml
- Cápsulas de porcelana
- Saliva Artificial de Mc Dougall

- Líquido ruminal
- Tanque de CO<sub>2</sub>

### **3.3.4 Materiales para evaluar la digestibilidad “in situ”**

- Bolsas de nylon (15 cm x 20 cm)
- Balanza analítica KERN modelo 770
- Fundas de tela
- Sellador de fundas de nylon
- Piola
- Termo de agua
- Tijera

### **3.3.5 Equipos utilizados en el laboratorio**

- Balanza analítica KERN modelo 770, d=0,001g
- Balanza digital Voyager modelo V1D170, d=0,1g
- Estufa marca: ShelLab 200 °C
- Campana extractora de gases marca: JG REMADEL, modelo: JG11-02-55 Volts: 115V-220V
- Mufla marca: Furnace – Thermolyne, modelo:1500
- Estufa marca: ShelLab 200 °C
- Planchas calentadoras Termolyne Modelo 2200
- Incubadora
- Planchas de calentamiento CIMAREC
- Micro Kjeldalh INKJEL modelo M

- Destilador VELP Scientific modelo UDX 229
- Desecador de Vidrio de 250 mm

### **3.3.6 Reactivos**

- Ácido bórico al 4%
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido clorhídrico 0,1 N
- Hidróxido de sodio al 32%
- Tabletillas TT-35 Kjeldahl
- Solución indicadora
- Acetona
- Ácido clorhídrico 1 N
- Hidróxido de Sodio 1 N
- Agua destilada

## **3.4 Metodologías de campo**

Las metodologías a continuación descritas se realizaron los 4 cortes consecutivos para cada una de las haciendas evaluadas.

### **3.4.1 Determinación de variables de georreferenciación**

Se obtuvo la altitud mediante un altímetro GPS, agrupando a las fincas entre rango (2500 - 3000 msnm) y entre rango (3001 - 3500 msnm). Además se recolectaron datos de precipitación y temperatura en cada intervalo de pastoreo.

### **3.4.2 Obtención de información de pastos y animales en producción**

Se solicitó en las haciendas la información de los forrajes presentes en cada potrero evaluado, las que fueron: intervalo de pastoreo, fertilización, resiembras y las especies presentes. También se solicitó información de registro de los animales en producción, las cuales fueron: identificación o el número de arete, último día de servicio, número de lactancias, fecha del último parto y raza.

### **3.4.3 Determinación del área del potrero en la finca**

Mediante la aplicación MapsRuler se realizó la medición del área del potrero a muestrear, en donde las vacas lactantes pastoreaban.

### **3.4.4 Disponibilidad de forraje y residuo**

La disponibilidad de forraje se midió pre-pastoreo y post-pastoreo, la manera de muestrear fue en zigzag, se lanzó el cuadrante de 1m<sup>2</sup> cuantas veces fue representativo para el área a muestrear. El contenido total de pasto se cosechó a ras de suelo. El forraje cortado, se guardó en bolsas plásticas, se identificó (fecha, nombre o número de potrero, número de la muestra).

### **3.4.5 Altura del pastizal**

Se tomaron las alturas de 10 puntos al azar en cada uno de las muestras de 1m<sup>2</sup> recolectadas por potrero. Este proceso se realizó antes y después del pastoreo.

### **3.4.6 Composición botánica de las muestras**

Del 30% de las muestras recolectadas por potrero, se procedió a extraer manualmente y clasificar gramíneas, leguminosas y malezas, se pesaron y se obtuvieron los porcentajes de cada grupo, esto se realizó antes y después del pastoreo de potrero.

### **3.4.7 Distancia recorrida por los animales**

Se midió la distancia recorrida de los animales desde la mitad del potrero hasta la sala de ordeño en km con la aplicación MapsRuler.

### **3.4.8 Producción de leche**

Se tomó la producción total en litros de leche obtenidos en el ordeño de la mañana y tarde a las 24 horas de haber consumido el forraje del potrero evaluado.

### **3.4.9 Recolección de muestras de suplementos alimenticios**

En el momento del ordeño se recolectó la cantidad promedio en kg de muestras del balanceado y la cantidad de sales minerales que se suplementa a las vacas, así como forrajes conservados (heno, ensilaje, henolaje). Se pesó la cantidad de residuo de balanceado que no consumieron los animales.

## **3.5 Metodologías de laboratorio**

### **3.5.1 Análisis bromatológico**

Para los análisis bromatológicos se usaron las muestras de forrajes y suplementos alimenticios con un tamaño de partícula de 2 mm, recolectados en cada uno de los cortes consecutivos de las 8 haciendas. Asimismo se analizó los residuos de las muestras después de la digestibilidad in situ.

#### **3.5.1.1 Determinación de materia seca**

Se colocó 100 gramos de las muestras de forrajes y suplementos alimenticios en la estufa a una temperatura de 100°C durante 24 horas y por diferencia de peso se determinó la materia seca.

### **3.5.1.2 Determinación de materia orgánica y ceniza**

Se prepararon 16 crisoles previamente secados, identificados y pesados (tarados), para colocar en cada uno aproximadamente 3 g de muestras de forrajes y suplementos. Se quemaron las muestras en una plancha de calentamiento durante 2 horas a una temperatura de 200°C. Para posteriormente ingresar a la mufla durante 4 horas a una temperatura de 400°C. Transcurrido el tiempo se colocó en un desecador durante 45 minutos. Se pesó con aproximación a 0.1 mg, y se registró.

### **3.5.1.3 Determinación de grasas –extracción SOXHLET**

Se pesó previamente el balón de destilación limpio y seco con esferas de cristal. Se pesaron 3 g de muestra con un diámetro de 2mm, en un dedal previamente hecho con papel filtro, se le introdujo dentro del sifón Soxhlet al armar el sistema. Se agregó acetona (disolvente), hasta que caiga al balón (cada caída se la llamó “sifonada”); luego se añadió más solvente hasta que cubra la mitad del dedal.

Se dejó fluir agua por el refrigerante y se procedió a calentar el balón en las planchas de calentamiento a una temperatura de 290°C y se dejó hervir hasta que se completen tres sifonadas. Después de la última sifonada, se apagó la plancha de calentamiento. El balón ingresó a la estufa durante una hora y media a una temperatura de 90°C para evaporar el solvente y sólo quede de residuo la grasa. Posteriormente se dejó enfriar en un desecador durante 45 minutos y se pesó.

### **3.5.1.4 Determinación de nitrógeno**

Se pesó 1,5 g de muestra de forraje o suplemento alimenticio, sobre un pedazo de papel parafina. Seguidamente se colocó la muestra en los tubos de ensayo del micro Kjeldahl de digestión, se añadió en los tubos 1/2 tableta catalizadora de Kjeldahl, se agregó 14 ml de ácido

sulfúrico concentrado. Posteriormente se colocaron los tubos en el digestor Kjeldahl por una hora y media a una temperatura de 85°C, consecutivamente se dejó enfriar los tubos y se agregó 75 ml de agua destilada.

Se programó el equipo de destilación (Velp-UDK 129) con 50 ml de hidróxido de sodio Na(OH), en un tiempo de 5min30s. Se introdujo el tubo de ensayo en el equipo de destilación. Se colocó en un matraz 30 ml de ácido bórico más 2 gotas de indicador y se ubicó el matraz en la manguera de destilación. Se pulsó el botón STAR, y el producto de la destilación cayó al matraz produciéndose un cambio de coloración de rosado a verde. Se tituló el contenido del matraz Erlenmeyer con la solución 0,1 N de ácido clorhídrico hasta viraje a color rosado; y se registró el volumen utilizado con una aproximación a 0,01 ml.

#### **3.5.1.5 Determinación de fibra bruta**

Se pesó 3g de muestra en un Erlenmeyer de 250 ml, se agregó 100 ml de HCl 1N y se hirvió la muestra por 2 horas a 200°C, se lavó con 200ml de agua destilada y se filtró. Se regresó la muestra del papel filtro al Erlenmeyer y se añadió 100 ml de Na(OH) 1N, se dejó hervir por 2 horas a 200°C, para posteriormente filtrar en papel filtro previamente pesado. Se secó el papel con la muestra a 80°C por 24horas, para finalmente pesar.

#### **3.5.2 Digestibilidad “in vitro”**

En jeringas de 60 ml se pesó 0,15g de muestras de pasto y suplementos alimenticios de manera independiente y por duplicado para 24 y 48 horas. Se preparó saliva artificial la cual contenía: 9.8g de bicarbonato de sodio, 3.7g de fosfato de sodio, 0.57g de cloruro de potasio, 0.47g de cloruro de sodio, 0.12g de sulfato de magnesio y 1 ml de cloruro de calcio al 4%, todos los reactivos se aforaron hasta 1litro de saliva.

Se extrajo de la vaca fistulada una porción del líquido ruminal para la preparación del inóculo. El inóculo consistió en una relación de saliva y de líquido ruminal de 4 a 1, posteriormente se añadió por cada jeringa 15 ml de inóculo las cuales se incubaron por 24 y 48 horas. Después de las 24 y 48 horas se registró la cantidad de gas que se produjo. Posteriormente todo el residuo y el inóculo restantes se depositaron en cápsulas, se llevó a la estufa a 55°C, durante 24 horas para evaporar los componentes líquidos y seguidamente se pesó y determinó la cantidad de materia seca digerida.

### **3.5.3 Digestibilidad “in situ”**

Se preparó bolsas nylon de 15x20cm, con un tamaño de poro de 5 µm, las cuales se secaron a una temperatura de 90°C por 6 horas para posteriormente ser pesadas. Se pesó 5 g de muestras de forrajes y suplementos alimenticios en las fundas de nylon con 6 repeticiones, para las 24 y 48 horas de cada uno. Además por cada tiempo se colocaron 2 fundas nylon vacías. Todas las bolsas de nylon fueron selladas completamente y colocada en un funda más grande

Se llevó 2 vacas fistuladas a la manga, previo a esto se colocó en un termo a 38°C la funda con las bolsas, con el fin de obtener la temperatura del rumen, se esperó 30 minutos y se procedió a ingresar la funda en el rumen de las vacas. Se colocó una cuerda al extremo de la funda para facilitar la extracción del rumen.

Después de las 24 y 48 horas en el rumen la funda grande se extrajo, se lavó con agua las bolsas de digestibilidad para eliminar todo el material del rumen. Posteriormente se ingresaron las fundas a la estufa a 55°C durante un periodo de 96 horas para finalmente ser pesadas.

### 3.6 Variables a medir

Las mediciones que se realizaron para cada hacienda durante los 4 pastoreos consecutivos fueron:

- Disponibilidad promedio de forrajes, kg MS/ha
- Disponibilidad mínima de forrajes, kg MS/ha
- Disponibilidad máxima de forrajes, kg MS/ha
- Aprovechamiento del potrero, %
- Residuos de forrajes, %
- Composición botánica de forrajes, %
- Composición botánica de residuos de forrajes, %
- Altura de forrajes y residuos de forrajes, cm
- Composición nutricional de forrajes: % humedad, % materia seca, % cenizas, % proteína, % fibra, % extracto etéreo, % extracto libre de nitrógeno
- Consumo de forrajes y suplementos nutricionales, kg MS/animal/día
- Composición nutricional de suplementos nutricionales: % humedad, % materia seca, % cenizas, % proteína, % fibra, % extracto etéreo, % extracto libre de nitrógeno.
- Producción de leche, litros/vaca/día
- Composición nutricional de leche: % proteína y % grasa
- Peso promedio de animal, kg
- Distancia recorrida por el animal, km
- Energía neta de lactancia, Mcal/animal/día
- Valor energético de pasturas, Mcal/kg MS
- Valor energético de suplementos, Mcal/kg MS

- Digestibilidad in vitro, %
- Producción de gas, ml/g
- Digestibilidad in situ, %
- Nutrientes digestibles totales, %
- Digestibilidad de nutrientes: %cenizas, %proteína, %fibra, %extracto etéreo, %extracto libre de nitrógeno.

### **3.7 Análisis estadístico**

#### **3.7.1 Estadística descriptiva**

Para cada una de las variables medidas se analizó la media, mediana, máximos, mínimos, desviación estándar y el coeficiente de variación mediante herramientas de Excel.

#### **3.7.2 Análisis de correlación**

El coeficiente de correlación ( $r$ ) de Pearson se utilizó para medir el grado de relación de las variables digestibilidad in vitro (DIVMS) y digestibilidad in situ, la DIVMS con la producción de gas: total de nutrientes digestibles (TDN) con la DIVMS a las 24 horas y a las 48 horas, así como la altura de los pastos como la disponibilidad de forraje.

#### **3.7.3 Análisis económico**

Se determinó el costo de egresos en alimentación con relación al ingreso de la venta de leche para las ocho haciendas. Además se calculó el costo/Mcal de forrajes y de suplementos alimenticios.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Información de los forrajes evaluados

En la tabla 7 se presenta la información general de las pasturas utilizadas por las vacas lactantes, donde se expresa en promedio: el área de potrero evaluado, días de descanso y el número de vacas evaluadas durante cuatro pastoreos.

**Tabla 7**

*Información de las pasturas usadas por las vacas lactantes en las 8 haciendas evaluadas de la sierra ecuatoriana durante el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Área evaluada *, m <sup>2</sup>	Intervalo de pastoreo*, días	Número de animales*
1	8850,75	24	88
2	7641,25	33	93
3	3,016,77	40	87
4	14000,00	21	200
5	8060,44	37	100
6	3019,66	30	35
7	3985,75	54	52
8	2128,31	47	77

m<sup>2</sup>: metros cuadrados; \*: promedio de cuatro cortes

Según Chilpe Torres & Chuma Álvarez ( 2015), indica que el momento más adecuado para aprovechar el pastoreo o corte es entre los 28 a 42 días para los ryegrass anual y perenne, al igual que los tréboles, esto concuerda con los intervalos que realizan las haciendas en estudio, con excepción de la hacienda 7 y 8, que tienen intervalos mayores a los 42 días, esto se debe al manejo del sistema de pastoreo que llevan las hacienda, además podemos indicar que conforme aumenta la madurez de la planta aumenta el rendimiento de materia seca, pero disminuye el contenido de proteína cruda y consecuentemente el valor nutritivo.

## 4.2 Precipitación y temperatura promedio por periodo

Según Castro, Hernández, Vaquera, & Quero (2012) indican que la tasa de crecimiento de una especie forrajera es muy sensible a la temperatura ambiental y a la precipitación, lo cual determina el rendimiento de materia seca (MS) tanto estacional como anual. En el período octubre 2017 – abril 2018 se registraron datos promedios de precipitación y temperatura (ver tabla 8)

**Tabla 8**

*Precipitación y temperatura promedio de las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en los intervalos de pastoreo durante el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Período de descanso	Precipitación, mm/periodo	Temperatura °C	Intervalo	
1	Primero	67,66 <sup>1</sup>	15,50 <sup>1</sup>	09/11/17	5/12/17
	Segundo	118,47 <sup>1</sup>	15,5 <sup>1</sup>	6/12/17	30/12/17
	Tercero	46,16 <sup>1</sup>	15,45 <sup>1</sup>	31/12/17	20/1/18
2	Primero	91,96 <sup>2</sup>	14,90 <sup>1</sup>	13/11/17	18/12/17
	Segundo	98,00 <sup>2</sup>	14 <sup>1</sup>	19/12/17	19/1/18
	Tercero	92,41 <sup>2</sup>	13,55 <sup>1</sup>	20/1/18	20/2/18
3	Primero	201,54 <sup>1</sup>	12,26 <sup>1</sup>	30/10/17	14/12/17
	Segundo	203,96 <sup>1</sup>	12,25 <sup>1</sup>	15/12/17	20/1/18
	Tercero	209,37 <sup>1</sup>	12,25 <sup>1</sup>	21/1/18	27/2/18
4	Primero	101,15 <sup>1</sup>	12,25 <sup>1</sup>	21/11/17	14/12/17
	Segundo	115,49 <sup>1</sup>	12,25 <sup>1</sup>	15/12/17	2/1/18
	Tercero	116,04 <sup>1</sup>	12,2 <sup>1</sup>	3/1/18	23/1/18
5	Primero	155,88 <sup>2</sup>	12,25 <sup>1</sup>	07/11/17	12/12/17
	Segundo	212,31 <sup>2</sup>	14,05 <sup>1</sup>	13/12/17	22/1/18
	Tercero	150,65 <sup>2</sup>	15,7 <sup>1</sup>	23/1/18	26/2/18
6	Primero	57,41 <sup>1</sup>	14,85 <sup>1</sup>	08/11/17	12/12/17
	Segundo	56,94 <sup>1</sup>	14,8 <sup>1</sup>	13/12/17	9/1/18
	Tercero	87,71 <sup>1</sup>	14,75 <sup>1</sup>	10/1/18	7/2/18
7	Primero	196,31 <sup>1</sup>	16,30 <sup>1</sup>	24/10/17	30/12/17
	Segundo	67,11 <sup>1</sup>	16,2 <sup>1</sup>	31/12/17	2/3/18
	Tercero	229,71 <sup>1</sup>	14,65 <sup>1</sup>	3/3/18	4/4/18
8	Primero	85,58 <sup>3</sup>	14,00 <sup>3</sup>	28/10/17	14/12/17
	Segundo	84,84 <sup>3</sup>	13,6 <sup>3</sup>	15/12/17	30/1/18
	Tercero	48,61 <sup>3</sup>	13,63 <sup>3</sup>	31/1/18	19/3/18

<sup>1</sup>: datos Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; <sup>2</sup>: datos medidos en hacienda; <sup>3</sup>: datos estación meteorológica ESPOCH; mm: milímetros; °C: grados Celsius

Además, Vadell & Medrano (2006), indica que las especies tales como *Lolium multiflorum* y *Lolium perenne*, presentan una gran variabilidad en la sensibilidad a bajas temperaturas y precipitación, desde el punto de vista agronómico estos parámetros afectan a la capacidad de producción del forraje, que en nuestro estudio se pueden visualizar en las disponibilidades de forrajes (ver tabla 10), durante el periodo analizado no existió problemas en el abastecimiento hídrico de los potreros.

### 4.3 Descripción botánica de forrajes

**Tabla 9**

*Especies evaluadas en cada hacienda*

Hacienda	Especies evaluadas
1	Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), ryegrass anual ( <i>Lolium multiflorum</i> , var. magnum), ryegrass híbrido <sup>a</sup> ( <i>Lolium hybridum</i> var. shogun) trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> , var. ladino gigante)
2	Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ), ryegrass híbrido <sup>a</sup> ( <i>Lolium hybridum</i> , var. hasskn), trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> , var. Emerald)
3	Ryegrass híbrido <sup>a</sup> ( <i>Lolium hybridum</i> , var. hasskn), ryegrass anual <sup>a</sup> ( <i>Lolium multiflorum</i> , var. Big Box) trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )
4	Ryegrass perenne <sup>a</sup> ( <i>Lolium hybridum</i> , var. pastoral,) trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )
5	Ryegrass híbrido <sup>a</sup> ( <i>Lolium hybridum</i> , var. trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )
6	Ryegrass anual <sup>b</sup> ( <i>Lolium multiflorum</i> , var. surrey), alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ), trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ), llantén ( <i>Plantago major</i> ), kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )
7	Ryegrass perenne <sup>b</sup> ( <i>Lolium perenne</i> , var. boxer), ryegrass anual <sup>a</sup> ( <i>Lolium multiflorum</i> var. magnum), trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )
8	Ryegrass híbrido <sup>a</sup> ( <i>Lolium híbrido</i> , var. shogun), ryegrass anual <sup>a</sup> ( <i>Lolium multiflorum</i> ), trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> ), achicoria ( <i>Cichorium intybus</i> ), kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )

<sup>a</sup>: tetraploide; <sup>b</sup>: diploide

En la tabla 9 se presentan las especies forrajeras evaluadas en las 8 haciendas, predominando las gramíneas como ryegrasses híbrido, anual perenne y kikuyo; en leguminosas el trébol blanco. Hay que destacar que las haciendas usan las especies perennes debido a que garantizan una larga

vida de la pradera, mientras que el uso de las especies de ryegrass anual, tiene un rápido establecimiento y es de fácil recuperación. Además, podemos observar que en la mayoría de las haciendas usan ryegrass tetraploide que, de acuerdo con Posada, Serón, Arenas, Hamedt, & Álvarez (2013), indican que posee muchas ventajas con respecto a las diploides, ya que se adapta a condiciones variables, de suelo, clima y presencia de enfermedades.

#### **4.4 Aforos de potreros**

En la tabla 10, se observa la disponibilidad promedio de forraje de 8 haciendas evaluadas durante cuatro pastoreos o cortes consecutivos, en donde se obtuvo 1904,96 kg MS/ha, con una disponibilidad máxima de 3268,55 kg MS/ha, mientras que la mínima fue de, 1126 kg MS/ha respectivamente. El aprovechamiento promedio fue de 75,24%, lo que indica un adecuado consumo de la disponibilidad de forraje. En general las disponibilidades fueron medianamente buenas ya que de acuerdo con lo reportado por León (2003) indica que en Nueva Zelanda la cantidad ideal de materia seca acumulada en pasturas de ryegrass con tréboles es aproximadamente de 3000 kg MS/ha, esto sucede a los 28-30 días en condiciones favorables y puede alargarse hasta 45 días sin riego.

Respecto al promedio de forrajes la hacienda 3 y 8 presentan una disponibilidad media de 3035,56 y 3935,5 kg MS/ha respectivamente, valores que influyen en el coeficiente de variación, debido a que sus disponibilidades son superiores al resto, sin embargo, estos valores son muy cercanos a los encontrados por Villalobos & Sánchez (2010) quien obtuvo una disponibilidad de 4110 kg MS/ha en potreros de ryegrass perenne tetraploide.

Según Grijalva, Espinosa, & Hidalgo (1995) en su estudio realizado en los meses de noviembre, enero, marzo obtuvo rendimientos para kikuyo fertilizado de 1210, 1200 y 860 kg

MS/ha/corte respectivamente para cada mes, mientras que para una mezcla de ryegrass mas trébol blanco obtuvo en los mismos meses 3670, 3280 y 2580 kg MS/ha/corte respectivamente valores que se acercan a nuestro estudio por la presencia de las mismas especies en las haciendas evaluadas.

**Tabla10**

*Disponibilidad de forraje de cuatro pastoreos en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	Disponibilidad máx. de forraje, kg MS/ha	Disponibilidad mín. de forraje, kg MS/ha	Disponibilidad media de forraje, kg MS/ha	Aprovechamiento, %
1	2688,37	402,93	1262,05	78,51
2	2542,58	242,63	1146,19	78,60
3	4949,50	2782,81	3035,56	71,95
4	2883,03	675,03	1575,15	70,32
5	2347,32	411,56	1286,02	70,10
6	2276,62	986,50	1259,75	74,14
7	2673,36	899,50	1739,49	73,65
8	5787,60	2609,19	3935,50	84,66
<b>Media</b>	3268,55	1126,27	1904,96	75,24
<b>Mediana</b>	2680,87	787,27	1430,59	73,89
<b>Máximo</b>	5787,60	2782,81	3935,50	84,66
<b>Mínimo</b>	2276,62	242,63	1146,19	70,10
<b>D.E.</b>	1329,36	1002,33	1023,02	5,01
<b>CV</b>	40,67	89,00	53,70	6,66

MS: materia seca; máx.: máximo; mín.: mínimo; kg: kilogramos; ha: hectárea; %: porcentaje; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 11 se observa la disponibilidad de forrajes para las haciendas ubicadas entre los 2500 msnm hasta los 3000 msnm en donde se tiene una disponibilidad media, máxima y mínima de 1754,74, 3265,87 y 1025,85 kg MS/ha respectivamente con un aprovechamiento de 74,84%. De acuerdo al estudio realizado por Velasco, Hernández Garay, & Gonzalez Hernández (2005), obtuvieron que el rendimiento de *Lolium perenne* para una frecuencia de corte de 4 y 6 semanas fue de 1313 y 1184 kg MS/ha valores que se acercan a la disponibilidad media de las haciendas

evaluadas. Según Campoverde Encalada & Sarmiento Sinchi (2018) indican que el pasto kikuyo alcanzó un rendimiento de materia seca de 2 846.3 kg/ha valores que se aproximan a la disponibilidad máxima reportada en las haciendas 1 y 2 que están constituidas mayormente por kikuyo.

**Tabla 11**

*Disponibilidad de forrajes de cuatro pastoreos de las haciendas del rango (2500 - 3500 msnm), en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

Hacienda	Disponibilidad máx. de forraje, kg MS/ha	Disponibilidad mín. de forraje, kg MS/ha	Disponibilidad media de forraje, kg MS/ha	Aprovechamiento, %
1	2688,37	402,93	1262,05	78,51
2	2542,58	242,63	1146,19	78,60
3	4949,50	2782,81	3035,56	71,95
4	2883,03	675,03	1575,15	70,32
<b>Media</b>	3265,87	1025,85	1754,74	74,84
<b>Mediana</b>	2785,70	538,98	1418,60	75,23
<b>Máximo</b>	4949,50	2782,81	3035,56	78,60
<b>Mínimo</b>	2542,58	242,63	1146,19	70,32
<b>D.E.</b>	1131,05	1184,83	872,90	4,34
<b>CV</b>	34,63	115,50	49,75	5,80

MS: materia seca; máx.: máximo; mín.: mínimo; kg: kilogramos; ha: hectárea; %: porcentaje; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 12 se observa la disponibilidad de forrajes para las haciendas ubicadas entre los 3001 y 3500 msnm en donde se tiene una disponibilidad media, máxima y mínima de 2055,19; 3271,22 y 1226 kg MS/ha respectivamente, con un aprovechamiento de 75,64% de las pasturas.

La disponibilidad promedio de estas haciendas comparadas con las del rango (2500 – 3000 msnm) presentan una mayor disponibilidad debido a que en sus praderas es escasa la presencia de kikuyo en sus mezclas forrajeras y los rendimientos de ryegrass son superiores al kikuyo. De igual manera como lo afirma Piña & Olivares (2012), las variaciones observadas en las disponibilidades de las haciendas se deben a que esta se correlaciona con el estado de desarrollo

de las especies presentes, por lo que al aumentar la disponibilidad, la planta está en un avanzado desarrollo, y por lo tanto, con menos calidad del forraje.

**Tabla 12**

*Disponibilidad de forrajes de cuatro pastoreos en las haciendas del rango (3001 - 3500 msnm), en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Disponibilidad máx. de forraje, kg MS/ha	Disponibilidad mín. de forraje, kg MS/ha	Disponibilidad media de forraje, kg MS/ha	Aprovechamiento, %
5	2347,32	411,56	1286,02	70,10
6	2276,62	986,50	1259,75	74,14
7	2673,36	899,50	1739,49	73,65
8	5787,60	2609,19	3935,50	84,66
<b>Media</b>	3271,22	1226,69	2055,19	75,64
<b>Mediana</b>	2510,34	943,00	1512,75	73,89
<b>Máximo</b>	5787,60	2609,19	3935,50	84,66
<b>Mínimo</b>	2276,62	411,56	1259,75	70,10
<b>D.E.</b>	1686,46	955,77	1272,74	6,28
<b>CV</b>	51,55	77,91	61,93	8,30

MS: materia seca; máx.: máximo; mín.: mínimo; kg: kilogramos; ha: hectárea; %: porcentaje; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

#### 4.5 Tasas de crecimiento

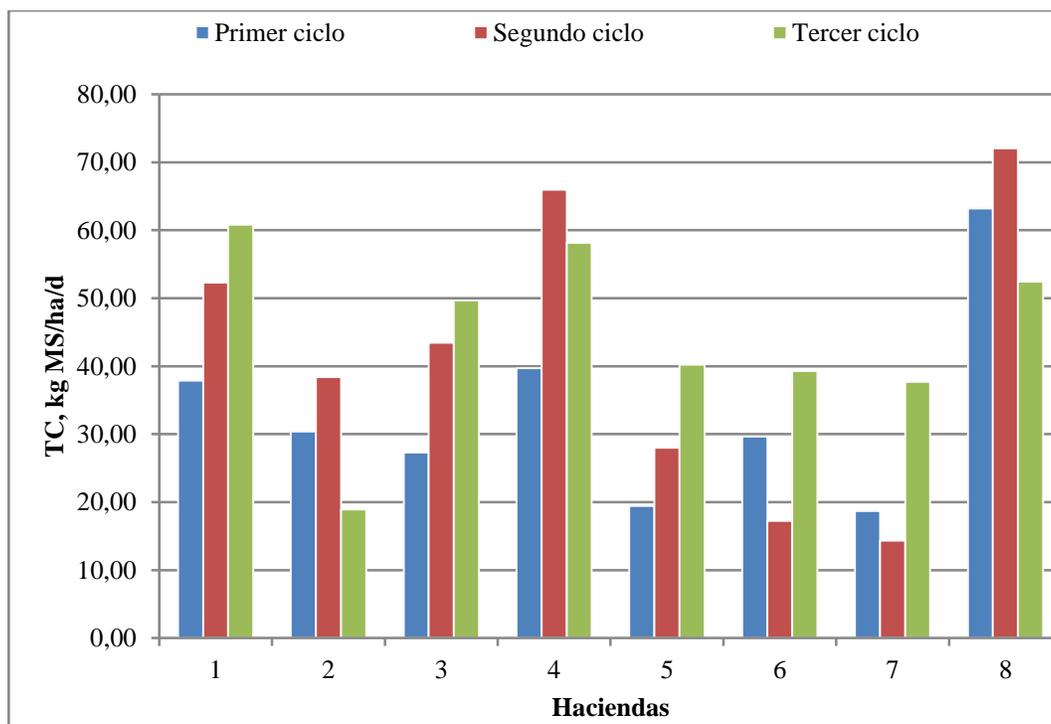
En la tabla 13 y en la figura 2, se observa la acumulación diaria de forraje, en los tres periodos de descanso de las 8 haciendas evaluadas, podemos observar que la hacienda 4 y 8 presentan las mayores acumulaciones por día, destacándose en el segundo periodo con una acumulación diaria de 65,95 y 72,03 kg MS/ha/d respectivamente. Sin embargo, como lo indica Hott Olivares (2007), las tasas de crecimiento en épocas invernales es baja debido a las bajas temperaturas y el exceso de agua, lo que inhibe el crecimiento de las praderas. Asimismo indica que las tasas de crecimiento son diferentes en las praderas por las especies presentes en la pradera, siendo mayor crecimiento las ballicas (*Lolium sp.*) que las otras especies, esto coincide con la hacienda 4 y 8 que tienen en su composición ryegrass.

**Tabla 13**

*Tasas de crecimiento en los tres periodos de descanso del forraje, de las 8 haciendas evaluadas durante octubre 2017 – abril 2018*

TC, kg MS/ha/d	Hacienda							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Primera	37,87	30,36	27,30	39,71	19,41	29,66	18,68	63,21
Segunda	52,28	38,37	43,44	65,95	28,01	17,22	14,31	72,03
Tercera	60,79	18,93	49,68	58,16	40,23	39,26	37,69	52,43
<b>Media</b>	50,31	29,22	40,14	54,61	29,22	28,71	23,56	62,56
<b>Mediana</b>	52,28	30,36	43,44	58,16	28,01	29,66	18,68	63,21
<b>Máx.</b>	60,79	38,37	49,68	65,95	40,23	39,26	37,69	72,03
<b>Mín.</b>	37,87	18,93	27,30	39,71	19,41	17,22	14,31	52,43
<b>D.E.</b>	11,58	9,77	11,55	13,48	10,46	11,05	12,43	9,82
<b>CV</b>	23,02	33,43	28,77	24,68	35,81	38,48	52,76	15,69

TC: tasa de crecimiento, kg: kilogramos; MS: materia seca; ha: hectárea; d: día; máx.: máxima; mín.: mínima; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación



**Figura 2.** Tasas de crecimiento/periodo de descanso de las 8 haciendas

#### 4.6 Composición botánica

En la tabla 14 se presenta los resultados de la composición botánica en promedio de las 8 haciendas durante cuatro pastoreos en donde se obtuvo en promedio de 89,42; 6,45 y 4,13% para gramíneas, leguminosas y malezas respectivamente. Se observó la predominancia de gramíneas como raigrases y kikuyo. El trébol blanco como leguminosa predominante ver tabla 9. Las especies de malezas predominantes en las haciendas fueron lengua de vaca (*Rumex crispus*), diente de león (*Taraxacum officinale*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), cebadilla (*Bromus sterilis*) y holco (*Holcus lanatus*).

Sin embargo, al analizar el porcentaje de leguminosas solo se tiene un 6,45%, según León (2003) indica que es importante conocer la composición botánica, para controlar la proporción considerada ideal en la sierra, en donde se debe tener un 70% de gramíneas, 25 a 30% de leguminosas y de 2 a 3% de malezas. Estos valores concuerdan con nuestro estudio en cuanto a gramíneas y malezas, sin embargo, las leguminosas están por debajo del rango. Para mantener una buena composición botánica se debe establecer estrategias de manejo de pasturas.

Los datos de nuestro estudio se asemejan a los presentados en el estudio de Villalobos & Sánchez (2010), que presentó una composición botánica de ryegrass perenne de 76,09%, otras gramíneas como el kikuyo con un 13,76%, trébol 6,02%, malezas 1,25% a lo largo de un año. En el residuo de forraje se tiene un 94,73% de gramíneas, 2,78 % de leguminosas y 2,49% de malezas. El porcentaje de gramíneas es alto debido al pisoteo y deposición de los animales en las pasturas.

**Tabla 14**

*Composición botánica promedio en porcentaje (%) de pasturas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Pasturas			Residuos		
	Gramíneas	Leguminosas	Malezas	Gramíneas	Leguminosas	Malezas
1	98,00	0,25	1,75 <sup>1</sup>	98,60	0,54	0,85 <sup>1</sup>
2	97,34	0,82	1,83 <sup>1</sup>	97,64	0,95	1,41 <sup>1</sup>
3	93,40	2,56	4,04 <sup>1</sup>	97,31	0,85	1,84 <sup>1</sup>
4	97,17	0,08	2,75 <sup>1</sup>	98,74	0,07	1,20 <sup>1</sup>
5	84,10	14,95	0,95 <sup>2</sup>	89,11	9,68	1,21 <sup>2</sup>
6	75,06	11,86	13,08 <sup>3</sup>	92,20	1,84	5,96 <sup>3</sup>
7	87,92	9,02	3,07 <sup>4</sup>	94,41	3,28	2,31 <sup>4</sup>
8	82,36	12,03	5,61 <sup>1</sup>	89,85	5,02	5,13 <sup>1</sup>
<b>Media</b>	89,42	6,45	4,14	94,73	2,78	2,49
<b>Mediana</b>	90,66	5,79	2,91	95,86	1,40	1,63
<b>Máximo</b>	98,00	14,95	13,08	98,74	9,68	5,96
<b>Mínimo</b>	75,06	0,08	0,95	89,11	0,07	0,85
<b>D.E.</b>	8,44	6,15	3,90	3,93	3,23	1,95
<b>CV</b>	9,44	95,47	94,28	4,15	116,37	78,36

D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; <sup>1</sup>: lengua de vaca (*Rumex crispus*); <sup>2</sup>: diente de león (*Taraxacum officinale*); <sup>3</sup>: verdolaga (*Portulaca oleracea*); <sup>4</sup>: cebadilla (*Bromus sterilis*), holco (*Holcus lanatus*)

En la tabla 15 se observa la composición botánica promedio de las haciendas del rango (2500 – 3000 msnm) con 96,48; 0,93 y 2,59% de gramíneas, leguminosas y malezas respectivamente. Para los residuos de forrajes se obtuvo un 98,07% de gramíneas, 0,60% de leguminosas y 1,32% de malezas. Vargas Parra (2010), señala que la altura residual del potrero afecta la composición botánica de la pradera, ya que, a mayor altura, aumenta la proporción de hojas de gramíneas produciendo una disminución en la cantidad de trébol blanco. Esto se atribuye al tipo de crecimiento, rastrero en tréboles y erecto en gramíneas. Afirma que, en pastoreos severos, existe una mayor proporción de gramíneas y menor cantidad de trébol blanco y de otras gramíneas en comparación a un pastoreo.

**Tabla 15**

Composición botánica promedio en porcentaje (%) de pasturas de 4 haciendas del rango (2500 - 3000 msnm) durante cuatro pastoreos, en el periodo octubre 2017 - febrero 2018

Hacienda	Pasturas			Residuos		
	Gramíneas	Leguminosas	Malezas	Gramíneas	Leguminosas	Malezas
1	98,00	0,25	1,75 <sup>1</sup>	98,60	0,54	0,85 <sup>1</sup>
2	97,34	0,82	1,83 <sup>1</sup>	97,64	0,95	1,41 <sup>1</sup>
3	93,40	2,56	4,04 <sup>1</sup>	97,31	0,85	1,84 <sup>1</sup>
4	97,17	0,08	2,75 <sup>1</sup>	98,74	0,07	1,20 <sup>1</sup>
<b>Media</b>	96,48	0,93	2,59	98,07	0,60	1,33
<b>Mediana</b>	97,26	0,54	2,29	98,12	0,70	1,31
<b>Máximo</b>	98,00	2,56	4,04	98,74	0,95	1,84
<b>Mínimo</b>	93,40	0,08	1,75	97,31	0,07	0,85
<b>D.E.</b>	2,08	1,13	1,07	0,71	0,40	0,41
<b>CV</b>	2,16	122,20	41,13	0,72	65,66	31,23

D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; <sup>1</sup>: lengua de vaca (*Rumex crispus*); <sup>2</sup>: diente de león (*Taraxacum officinale*); <sup>3</sup>: verdolaga (*Portulaca oleracea*); <sup>4</sup>: cebadilla (*Bromus sterilis*), holco (*Holcus lanatus*)

En la tabla 16 se observa la cantidad promedio de forrajes para las haciendas ubicadas entre los 3001 msnm hasta los 3500 msnm en donde, se obtuvo 82,36% de gramíneas, 11,97% de leguminosas y 5,67 % de malezas. Para los residuos la composición botánica fue de 91,39% de gramíneas, 4,95% de leguminosas y 3,65% de malezas. Las diferencias que existen entre las distintas haciendas para los rangos de altitud se deben principalmente al manejo que las haciendas llevan y esto como lo indica Mila Prieto & Corredor Sánchez (2004), la alteración de la composición botánica de las pasturas puede significar una reducción de la calidad de los mismos. Asimismo, recalca que uno de los factores limitantes con mayor incidencia en la producción ganadera es el manejo de plantas invasoras sin ningún valor nutritivo, ya que éstas reducen la producción de biomasa forrajera y afectan la producción animal. El manejo de la pradera debe encaminarse a incrementar la proporción de leguminosas y reducir la proporción de especies indeseables que reducen los rendimientos de forraje y la respuesta del animal.

**Tabla 16**

*Composición botánica promedio en porcentaje (%) de pasturas de 4 haciendas de entre los 3001 hasta 3500 msnm durante cuatro pastoreos, en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Pasturas			Residuos		
	Gramíneas	Leguminosas	Malezas	Gramíneas	Leguminosas	Malezas
5	84,10	14,95	0,95 <sup>2</sup>	89,11	9,68	1,21 <sup>2</sup>
6	75,06	11,86	13,08 <sup>3</sup>	92,20	1,84	5,96 <sup>3</sup>
7	87,92	9,02	3,07 <sup>4</sup>	94,41	3,28	2,31 <sup>4</sup>
8	82,36	12,03	5,61 <sup>1</sup>	89,85	5,02	5,13 <sup>1</sup>
<b>Media</b>	82,36	11,97	5,68	91,39	4,96	3,65
<b>Mediana</b>	83,23	11,95	4,34	91,03	4,15	3,72
<b>Máximo</b>	87,92	14,95	13,08	94,41	9,68	5,96
<b>Mínimo</b>	75,06	9,02	0,95	89,11	1,84	1,21
<b>D.E.</b>	5,39	2,42	5,29	2,40	3,41	2,26
<b>CV</b>	6,55	20,24	93,17	2,63	68,77	61,78

D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; <sup>1</sup>: lengua de vaca (*Rumex crispus*); <sup>2</sup>: diente de león (*Taraxacum officinale*); <sup>3</sup>: verdolaga (*Portulaca oleracea*); <sup>4</sup>: cebadilla (*Bromus sterilis*), holco (*Holcus lanatus*)

#### 4.7 Altura de pastos

En la tabla 17 se observa una altura promedio de forrajes de 34,09 cm, una altura máxima y mínima de 62,71 y 12,66 cm respectivamente, el promedio de alturas corresponde a especies de gramíneas y leguminosas. La altura del residuo en promedio fue de 16,29 cm lo que es un indicativo de que existen remanentes de pastos. Según Guzmán (2015), para optimizar la productividad de la pradera la altura de residuo debe estar entre 4 a 6 cm. Al dejar más de 6 cm de residuo existe un mayor grado de desperdicio de MS, queda una hoja remanente, aumenta el material muerto el cual genera mayor rechazo, disminuye el número de macollas por falta de luz (material muerto), se da una producción de macollas aéreas y un rápido cierre de canopia.

**Tabla 17**

*Altura en centímetros (cm) de las pasturas en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en cuatro pastoreos durante el periodo de octubre 2017 - abril 2108*

Hacienda	Altura media de forrajes, cm	Altura máx. de forrajes, cm	Altura mín. de forrajes, cm	Altura media de residuo, cm
1	29,31	65,15	11,28	15,36
2	29,51	54,45	11,73	15,58
3	47,83	75,43	21,85	19,95
4	36,18	64,40	8,20	20,08
5	26,67	59,93	9,10	14,99
6	25,11	44,96	8,36	13,93
7	36,20	67,13	13,83	17,20
8	41,90	70,26	16,98	13,24
<b>Media</b>	34,09	62,71	12,67	16,29
<b>Mediana</b>	32,85	64,78	11,51	15,47
<b>Máx.</b>	47,83	75,43	21,85	20,08
<b>Mín.</b>	25,11	44,96	8,20	13,24
<b>D.E.</b>	7,91	9,55	4,76	2,58
<b>CV</b>	23,21	15,22	37,55	15,82

máx.: máxima; mín.: mínima; cm: centímetros; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

La altura máxima y media se asemejan a los resultados obtenidos por Bonilla Proaño (2013) en seis variedades de ryegrass (*Lolium multiflorum* - *Lolium perenne*), donde obtuvo que el ryegrass tetrablend, Aweet'ner, Sweet'ner, Pichincha, Bandito y Tetrastar tuvieron alturas promedias de, 70,16; 72,17; 60,43; 58,33; 37,47; 36,73 cm respectivamente.

En la tabla 18 se observa una altura promedio de forrajes de las haciendas ubicadas entre los 2500 y 3000 msnm que fue de 35,71 cm, una altura máxima de 64,86 cm y una altura mínima de 13,27 cm, el promedio de alturas corresponde a especies de gramíneas y leguminosas. La altura del residuo en promedio fue de 17,74 cm. Las alturas obtenidas de forraje concuerdan con el estudio realizado por Posada, Serón, Arenas, Hamedt, & Álvarez (2013), donde obtuvieron alturas desde 31,8 cm hasta 46,9 cm para ryegrass híbrido tetraploide.

**Tabla 18**

*Altura en centímetros (cm) de las pasturas en 4 hacienda entre los 2500 hasta los 3000 msnm durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

<b>Hacienda</b>	<b>Altura media de forrajes, cm</b>	<b>Altura máx. de forrajes, cm</b>	<b>Altura mín. de forrajes, cm</b>	<b>Altura media de residuo, cm</b>
1	29,31	65,15	11,28	15,36
2	29,51	54,45	11,73	15,58
3	47,83	75,43	21,85	19,95
4	36,18	64,40	8,20	20,08
<b>Media</b>	35,71	64,86	13,27	17,74
<b>Mediana</b>	32,85	64,78	11,51	17,77
<b>Máx.</b>	47,83	75,43	21,85	20,08
<b>Mín.</b>	29,31	54,45	8,20	15,36
<b>D.E.</b>	8,69	8,57	5,93	2,63
<b>CV</b>	24,33	13,22	44,74	14,80

máx.: máxima; mín.: mínima; cm: centímetros; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 19 se observa una altura promedio de forrajes de las haciendas ubicadas entre los 3001 y 3500 msnm de 35,71 cm, una altura máxima y mínima de 60,57 y 12,07 cm respectivamente. La altura del residuo en promedio fue de 14,84 cm. De acuerdo a Posada, Serón, Arenas, Hamedt, & Álvarez (2013), entre las alturas máxima y mínima no existe uniformidad probablemente por la competencia inter e intra-específica normal en una pastura. Esta variabilidad también se atribuye al manejo que cada hacienda realiza en los potreros. Además, como lo indica Pérez et al. (2002) la altura de corte influye en el rendimiento del forraje, esto a su vez está relacionado con las densidades de tallos y su crecimiento individual.

**Tabla 19**

*Altura en centímetros (cm) de las pasturas en 4 fincas entre los 3001 msnm hasta los 3500 msnm durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

<b>Hacienda</b>	<b>Altura media de forrajes, cm</b>	<b>Altura máx. de forrajes, cm</b>	<b>Altura mín. de forrajes, cm</b>	<b>Altura media de residuo, cm</b>
5	26,67	59,93	9,10	14,99
6	25,11	44,96	8,36	13,93
7	36,20	67,13	13,83	17,20
8	41,90	70,26	16,98	13,24
<b>Media</b>	32,47	60,57	12,07	14,84
<b>Mediana</b>	31,44	63,53	11,47	14,46
<b>Máx.</b>	41,90	70,26	16,98	17,20
<b>Mín.</b>	25,11	44,96	8,36	13,24
<b>D.E.</b>	7,97	11,27	4,07	1,73
<b>CV</b>	24,55	18,61	33,76	11,66

máx.: máxima; mín.: mínima; cm: centímetros; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

#### **4.8 Composición nutricional de pasturas**

En la tabla 20 se expresa la composición nutricional de las pasturas de 8 haciendas durante cuatro pastoreos en donde se obtuvo en promedio 17,68% de MS, 19,18% de PC, 19,54% de FC, 2,87% de EE, 12,94% de cenizas, un 87,06% de MO y 45,47% de ELN.

Los valores de PC, FB, EE y ELN se asemejan a lo reportado por Torres, Arbaiza, Carcelén, & Lucas (2009), donde expresan valores de 20,9: 19,1: 2,2 y 47,4% respectivamente para cada nutriente en potreros de ryegrass con intervalos de pastoreo de 4 semanas. El porcentaje de materia seca obtenido se asemeja a lo reportado por Apráz Guerrero, Delgado Jurado, & Solarte (2016) en su estudio realizado en las variedades de ryegrass híbrido y perenne donde obtuvo un contenido de materia seca de 15,35% en promedio. Afirma también que el contenido de materia seca es influenciado por los programas de fertilización utilizados, estado fenológico de la planta, manejo de la pradera, condiciones edafoclimáticas de cada finca y disponibilidad de agua.

**Tabla 20**

*Composición nutricional promedio en porcentaje (%) de pasturas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante cuatro pastoreos durante el periodo de octubre 2017 - abril 2018*

<b>Hacienda</b>	<b>MS</b>	<b>PC</b>	<b>FB</b>	<b>EE</b>	<b>Ceniza</b>	<b>MO</b>	<b>ELN</b>
1	15,54	16,83	21,40	2,67	12,95	87,05	46,16
2	21,00	16,67	20,57	2,19	12,88	87,12	47,70
3	16,83	19,89	19,13	3,68	13,79	86,21	43,51
4	16,64	26,00	17,91	4,57	13,71	86,29	37,80
5	14,87	20,93	19,87	2,38	12,58	87,42	44,23
6	19,23	17,98	17,06	2,01	12,97	87,03	49,98
7	19,95	16,77	20,76	2,27	12,39	87,61	47,81
8	17,40	18,39	19,63	3,18	12,26	87,74	46,54
<b>Media</b>	17,68	19,18	19,54	2,87	12,94	87,06	45,47
<b>Mediana</b>	17,12	18,19	19,75	2,53	12,92	87,09	46,35
<b>Máx.</b>	21,00	26,00	21,40	4,57	13,79	87,74	49,98
<b>Mín.</b>	14,87	16,67	17,06	2,01	12,26	86,21	37,80
<b>D.E.</b>	2,17	3,16	1,47	0,89	0,56	0,56	3,72
<b>CV</b>	12,27	16,46	7,52	30,85	4,35	0,65	8,17

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; MO: materia orgánica; ELN: extracto libre de nitrógeno; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 21 se expresa la composición nutricional de las pasturas de las haciendas ubicadas entre los 2500 y 3000 msnm durante cuatro pastoreos en donde se obtuvo en promedio 17,5% de MS, 19,85% de PC, 19,75% de FB, 3,28% de EE, 13,33% de cenizas, un 86,67% de MO y 43,79% de ELN. Se observa que en la hacienda 4 existe un alto contenido de proteína (26% PC) valor que se asemeja al estudio de Villalobos & Sánchez (2010) en donde obtuvo un valor promedio de 25,5% de PC para ryegrass perenne tetraploide con 36 días de corte, por consiguiente, se infiere que la cantidad de proteína es afectada si las pasturas se someten a un plan de fertilización nitrogenada alto.

**Tabla 21**

*Composición nutricional promedio en porcentaje (%) de pasturas de las haciendas del rango (2500 - 3000 msnm) durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

Hacienda	MS	PC	FB	EE	Ceniza	MO	ELN
1	15,54	16,83	21,40	2,67	12,95	87,05	46,16
2	21,00	16,67	20,57	2,19	12,88	87,12	47,70
3	16,83	19,89	19,13	3,68	13,79	86,21	43,51
4	16,64	26,00	17,91	4,57	13,71	86,29	37,80
<b>Media</b>	17,50	19,85	19,75	3,28	13,33	86,67	43,79
<b>D.E.</b>	2,40	4,36	1,54	1,06	0,49	0,49	4,35
<b>CV</b>	13,72	21,98	7,81	32,48	3,65	0,56	9,94

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; MO: materia orgánica; ELN: extracto libre de nitrógeno; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

De acuerdo al estudio de Carulla, Cárdenas, Sánchez, & Riveros (2006) en pasto kikuyo obtuvo un 20,2 % de MS, 16,7% de PC valores cercanos a la hacienda 2 en donde en su composición botánica poseen kikuyo principalmente. En mezcla el kikuyo y el ryegrass obtuvo 16,4% de MS valor aproximado para la hacienda 1 que presenta en sus praderas kikuyo y ryegrass. La edad a la cual son pastoreados los potreros de kikuyo, altera la calidad nutricional de este pasto, ya que a medida en que se incrementa la edad de rebrote, menor es la digestibilidad y, por ende, el valor nutricional de los pastos. Es por esta razón que el pastoreo a edades cada vez menores, es la alternativa que encuentran los productores para compensar las mayores demandas nutricionales y energéticas del ganado lechero, a medida que se ha incrementado su valor genético para la producción de leche.

En la tabla 22 se expresa la composición nutricional de las pasturas de las haciendas ubicadas entre los 3001 y 3500 msnm durante cuatro pastoreos en donde se obtuvo en promedio 17,86% de MS, 18,52% de PC, 19,33% de FB, 2,46% de EE, 12,55% de cenizas, un 87,46% de MO y 47,14% de ELN. Según el estudio realizado por Torres, Arbaiza, Carcelén, & Lucas (2009) observaron que el ryegrass a las 4 semanas de corte tiene una humedad de 79%, 20,9% de

PC, 19,1% de FB, 47,4% de ELN, 2,2% de EE valores que concuerdan con nuestro estudio debido a que estas haciendas en sus praderas poseen en gran porcentaje ryegrass.

**Tabla 22**

*Composición nutricional promedio en porcentaje (%) de pasturas de las haciendas del rango (3001 - 3500 msnm) durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	MS	PC	FB	EE	Ceniza	MO	ELN
5	14,87	20,93	19,87	2,38	12,58	87,42	44,23
6	19,23	17,98	17,06	2,01	12,97	87,03	49,98
7	19,95	16,77	20,76	2,27	12,39	87,61	47,81
8	17,40	18,39	19,63	3,18	12,26	87,74	46,54
<b>Media</b>	17,86	18,52	19,33	2,46	12,55	87,45	47,14
<b>D.E.</b>	2,27	1,75	1,59	0,50	0,31	0,31	2,40
<b>CV</b>	12,70	9,46	8,24	20,47	2,48	0,36	5,10

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; MO: materia orgánica; ELN: extracto libre de nitrógeno; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

De acuerdo a Castro (2014), a medida que el pasto envejece aumenta la fibra y baja la proteína. Desde el punto de vista de la nutrición del animal, es óptimo tener el pasto en el punto máximo de proteína antes de que se deteriore. Además, es necesario analizar si el forraje posee una buena producción de materia seca, porque si crece mucho tendrá mucha materia seca pero ya no será nutritivo para el animal.

#### **4.9 Formulación de suplementos alimenticios**

A continuación, se detalla los ingredientes suministrados en cada una de las haciendas y los porcentajes de inclusión de los mismos durante cuatro pastoreos.

**Tabla 23**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la hacienda 1*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Balanceado Comercial	55,30	70,21	79,13	78,69
Pasto picado + melaza	-	-	-	16,97
Avena picada	21,70	12,84	-	-
Ensilaje de maíz	18,78	12,89	15,34	-
Sal	2,42	3,06	3,88	2,17
Grasa bypass	1,80	1,01	1,65	2,18

**Tabla 24**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la hacienda 2*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Balanceado comercial	58,72	63,97	68,94	67,11
Ensilaje de avena	19,40	8,06	-	-
Palmiste	7,84	20,16	23,35	23,23
Grasa bypass	6,68	4,14	4,33	4,56
Sal desarrollo	5,27	2,14	1,79	2,82
Sal post parto	2,10	1,52	1,59	2,27

**Tabla 25**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la hacienda 3*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Balanceado propio	49,29	59,21	79,90	77,09
Mixer	49,26	39,48	20,10	22,91
Sal	1,44	1,30	-	-

**Tabla 26**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 4*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
TMR	90,20	89,42	86,28	84,71
Balanceado Propio	9,80	10,58	13,72	15,29

TMR: ración total mezclado

**Tabla 27**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 5*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Balanceado	97,21	73,16	63,45	53,94
Avena picada	-	20,84	31,57	-
Ensilaje de maíz	-	-	-	22,98
Pasto picado	-	-	-	17,98
Sal	1,86	3,99	3,32	3,41
Grasa	0,93	2,00	1,66	1,70

**Tabla 28**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 6*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Heno de cebada	73,46	-	-	-
Balanceado comercial	25,69	78,93	87,27	96,80
Sal	0,85	2,61	2,89	3,20
Zanahoria picada	-	18,46	9,84	-

**Tabla 29**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 7*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Palmiste	63,06	59,21	35,83	44,35
Balanceado	34,98	38,85	29,23	34,43
Morochillo	-	-	31,59	18,61
Sal	1,96	1,95	3,35	2,61

**Tabla 30**

*Formulación de suplementos suministrados y porcentaje (%) de inclusión en la dieta durante cuatro pastoreos en la finca 8*

Ingredientes	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión	% de Inclusión
Balanceado comercial	73,00	57,22	61,67	76,36
Henolaje de pasto	25,14	41,16	35,98	19,75
Sal	1,80	1,57	2,28	3,77
Ácidos húmicos	0,06	0,05	0,07	0,12

Podemos observar que en la mayoría de las hacienda suplementan granos y de acuerdo como lo indica López, Gómez, García, Mendoza, Lara, & López (2011), las dietas con mucho grano promueven patrones de fermentación ruminal que mejoran la absorción de nutrientes y el metabolismo de los mismos para reducir los trastornos metabólicos típicos del periodo parturiento, proveer de nutrientes extras que generan metabolitos y hormonas relacionadas con la síntesis de leche y la actividad reproductiva de los animales.

#### **4.10 Composición nutricional de suplementos alimenticios**

A continuación, se presentan los resultados de composición nutricional de suplementos alimenticios los cuales fueron obtenidos a partir de la formulación realizada en cada una de las

haciendas a partir de los porcentajes de inclusión presentes en las tablas de la 23 a la 30, para cada hacienda se formuló en 1 kg de suplemento para los análisis respectivos.

En la tabla 31 se observa la composición nutricional de los suplementos alimenticios suministrados a vacas lactantes en el momento del ordeño durante cuatro pastoreos donde se obtuvo que tienen en promedio un 96,20% de MS, 13,10% de PC, 13,89% de FB, 3,45% de EE, 11,40% de cenizas, 88,60% de MO y 58,16% de ELN.

La diferencia marcada en el contenido de nutrientes en % de PC, FB, EE, ELN, MO y cenizas se debe al tipo de suplementación realizada en cada hacienda, estos fueron: balanceados comerciales y elaborados por cada hacienda, forrajes conservados, granos molidos, subproductos de la industria aceitera, sales minerales y grasas bypass.

**Tabla 31**

*Composición nutricional en porcentaje (%) de suplementos alimenticios de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante cuatro pastoreos en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	MS	PC	FB	EE	Ceniza	MO	ELN
1	96,44	12,75	12,72	4,09	11,20	88,80	59,25
2	96,69	13,80	10,55	4,44	12,45	87,55	58,76
3	95,74	10,87	16,14	2,51	12,02	87,98	58,47
4	96,45	13,09	15,58	4,78	7,98	92,02	58,58
5	95,87	14,27	14,86	3,81	16,27	83,73	50,78
6	96,59	14,03	10,84	2,40	12,36	87,64	60,37
7	96,18	12,39	12,20	2,75	9,28	90,72	63,38
8	95,65	13,59	18,21	2,84	9,65	90,35	55,70
<b>Media</b>	96,20	13,10	13,89	3,45	11,40	88,60	58,16
<b>Mediana</b>	96,31	13,34	13,79	3,33	11,61	88,39	58,67
<b>Máx.</b>	96,69	14,27	18,21	4,78	16,27	92,02	63,38
<b>Mín.</b>	95,65	10,87	10,55	2,40	7,98	83,73	50,78
<b>D.E.</b>	0,40	1,11	2,73	0,94	2,55	2,55	3,67
<b>CV</b>	0,42	8,44	19,66	27,12	22,34	2,88	6,32

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FB: fibra bruta; EE: extracto etéreo; MO: materia orgánica; ELN: extracto libre de nitrógeno; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Los alimentos concentrados tienen alta palatabilidad y usualmente son de fácil digestión, también se consideran como sustrato bajo en fibra y alto en energía, de acuerdo a la clasificación de Amerling (1998) citado por Durán & Kebreau (2001) para los alimentos estos suplementos alimenticios son energéticos ya que contienen menos de 20% de PC y menos de 20% de FC.

#### **4.11 Consumo total de materia seca**

En la tabla 32 se presenta el consumo de forrajes y suplementos alimenticios promedio de las haciendas evaluadas durante cuatro pastoreos en donde se obtuvo que consumen 11,85 kg MS/animal/día de forrajes y 6,56 kg MS/animal/día de suplemento alimenticio, lo que representa un 66,14 y 33,79% respectivamente, dándonos un consumo promedio total de 18,40 kg MS/animal/día, a partir de este consumo podemos tener producciones de leche promedio de 19,05 l/animal/día. Con una eficiencia de conversión lechera de 1,06 lo que nos indica que para producir un litro de leche el animal de consumir consume 1,06 kg MS.

Según Pintado y Vásquez (2016), observaron una producción de leche de  $35 \pm 4,4$  litros/ha en altitudes entre los 2400 -3400 msnm, con una asociación forrajera de gramíneas y leguminosas, lo que se asemeja a nuestro estudio donde obtuvimos una producción de 31,21 litros/ha.

Leaver (1985) citado por Burgos (2008) sugirió que vacas de alta producción en dietas de solo pastura pueden llegar a presentar un consumo total de MS de 3.25% del peso vivo. Asimismo, Mayne and Wright (1988) citado por Burgos (2008) estimó que, sin restricciones de cantidad y calidad de pastura, el consumo de MS de vacas de alta producción puede alcanzar 3.5% del peso vivo. De acuerdo a nuestro estudio para peso promedio de vacas de 553,15kg de PV consumen 2,14% de su PV. Diversos factores de la pastura afectan el consumo de MS incluyendo la cantidad de pastura previa al pastoreo (kg MS/ha), tiempo de pastoreo y la disponibilidad de

pastura (cantidad de pastura ofrecida por vaca; kg MS/vaca/d). Sin embargo, no se conoce con precisión que oferta de pastura es requerida para maximizar el consumo de MS.

**Tabla 32**

*Consumo de pasturas y suplementos alimenticios, producción de leche y eficiencia de conversión alimenticia en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante el periodo de octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	CF, kg MS/animal/d	% F	CS, kg MS/animal/d	% S	CT kg MS/animal/d	P media, l/animal/d	P l/ha/animal	EF
1	13,15	66,31	6,62	33,69	19,77	21,35	24,18	1,09
2	9,29	57,86	8,37	41,53	17,60	23,67	31,45	1,36
3	13,67	69,15	6,22	30,85	19,89	14,17	47,56	0,72
4	10,82	46,02	12,88	53,98	23,70	27,88	19,91	1,19
5	9,90	66,19	5,06	33,81	14,96	16,83	21,67	1,14
6	13,11	86,92	1,86	13,08	14,97	17,01	33,28	1,21
7	13,42	70,98	5,39	29,02	18,80	15,93	39,55	0,87
8	11,44	65,67	6,05	34,33	17,49	15,56	37,74	0,90
<b>Media</b>	11,85	66,14	6,56	33,79	18,40	19,05	31,92	1,06
<b>Mediana</b>	12,28	66,25	6,14	33,75	18,20	16,92	9,62	1,12
<b>Máx.</b>	13,67	86,92	12,88	53,98	23,70	27,88	32,36	1,36
<b>Mín.</b>	9,29	46,02	1,86	13,08	14,96	14,17	47,46	0,72
<b>D.E.</b>	1,72	11,58	3,15	11,51	2,86	4,77	19,91	0,21
<b>CV</b>	14,49	17,50	47,99	34,08	15,57	25,05	30,14	20,05

MS: materia seca; CF: costo forraje, F: forraje; ha: hectárea; S: suplementos; CS: costo de suplemento; P: producción; CT: costo total; d: día; %: porcentaje; kg: kilogramos; l: litros; EF: eficiencia de conversión alimenticia calculada  $EF = \text{Consumo total kg MS} / \text{producción de leche}$ ; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

De acuerdo a Bartabaru(2014) vacas lecheras cubren entre un 15 - 30 % de su dieta con suplementos concentrados y ello significa entre 0,15 y 0,30 kg de alimentos concentrados por litro de leche producido, esto con el objetivo de compensar la cantidad total de materia seca que debe consumir el animal.

Según Hutjens (2014), existen varios factores que afectan la eficiencia alimenticia, tales como la producción de leche, el consumo de alimento, la digestibilidad del alimento, los días en leche, la calidad del forraje, edad de las vacas, mastitis entre otros. Se considera que a mitad de lactancia (100 a 200 días post parto) es esperable una conversión de 1,3 a 1,4 kg de leche por cada kg MS de alimento consumido valores que están sobre la media de nuestro estudio, indicando que la eficiencia de conversión es deficiente.

#### 4.12 Descripción de bovinos evaluados

En la tabla 33 se detalla el número de animales evaluados por cada hacienda, durante los cuatro pastoreos, en promedio el peso, partos y la distancia que recorren los animales desde el potrero evaluado a la sala de ordeño dos veces al día.

**Tabla 33**

*Descripción de la vacas lactantes evaluadas en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Número de animales	Peso promedio, g	Distancia recorrida, km	Partos promedio
1	88	600,33	1,64	3,99
2	93	568,25	1,44	3,97
3	87	580,5	1,32	2,94
4	200	560,36	1,27	2,65
5	100	477,29	2,10	2,47
6	35	525,88	1,68	3,57
7	52	557,68	2,27	2,00
8	77	554,9	1,46	2,27
Promedio		553,15	1,8	2,9

g: gramos; km: kilómetros

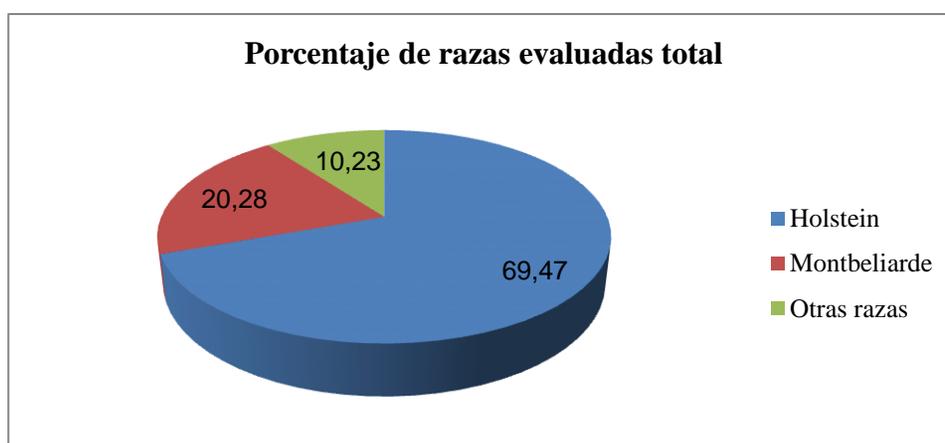
De acuerdo a los datos observados para cada una de las haciendas en la tabla 33, podemos concluir que en todas las haciendas las vacas están en los pesos promedios de sus razas, como lo indica Espinoza (2014), para Holstein americano el peso promedio de las hembras es de 600 a 650 kg, mientras que las hembras Montbeliarde pueden llegar hasta los 600 kg, que son la principales razas lecheras que se evaluaron en el presente estudio, lo que también se relaciona

con el número de partos promedio que es de 3, ya es a partir de este en que las vacas alcanzan o ya han alcanzado su peso adulto.

El costo energético extra de la actividad de bovinos en pastoreo es debido al efecto combinado del gasto de energía inherente a las acciones de caminar y pastorear o cosecha de forraje, lo que se observa en la tabla 33, es la cantidad recorrida en km de las vacas desde el potrero a la sala de ordeño dos veces al día, donde se visualiza que en promedio caminan 1,8 km y esta distancia varía de acuerdo a las condiciones en la que los animales caminan, así como si el pastoreo es a moderada o alta frecuencia, y con las caminatas a distintas velocidades o en diferentes topografías.

#### 4.13 Razas bovinas evaluadas

De un total de 732 vacas evaluadas en las 8 haciendas se obtuvo que 69,47% de vacas son de raza Holstein, seguidas por un 20,28% de raza Montbeliarde y un 10,23% corresponden a otras razas (ver figura 3).



**Figura 3.** Porcentaje de razas evaluadas total

Dentro de nuestro estudio se observa que la raza de ganado predominante en las haciendas evaluadas es Holstein, debido a que es una raza destinada a la producción de leche cruda y como lo indica Jara Zambrano & Maldonado Gamboa (2011), dentro de las principales razas de ganado lechero a nivel mundial se puede reconocer a Holstein-Friesian, Ayrshire, Brown Swiss, Guernsey y Jersey. Las razas difieren también en el volumen de leche producido y en su composición. La Holstein-Friesian es la que produce mayor cantidad, 7890 kg leche por término medio/año, seguida de la Brown Swiss, la Ayrshire, la Guernsey y la Jersey. La leche de esta última raza, es la que contiene un mayor porcentaje de grasa (5%), seguida por la Guernsey, la Brown Swiss, la Ayrshire y la Holstein (3,61%).

#### **4.14 Producción de leche**

En la tabla 34 se detalla la producción y calidad composicional de la leche en promedio de las vacas ordeñadas en los cuatro pastoreo de las 8 haciendas evaluadas en donde se obtuvo una producción de leche de 1897,62 l/día para un promedio de 91 vacas, cuya producción media es de 19,01 l/animal/día cuya cantidad composicional de grasa es de 3,54% y de proteína 3,12%. Al corregir la leche por energía se obtiene en promedio 18,85 kg/animal/día mientras que al corregir la leche por grasa se obtiene 17,53 kg/animal/día.

Se evidencia también que en las haciendas evaluadas existen haciendas con una máxima producción de leche (hacienda 4) por día de 5568,75 l/día para un promedio de 200 animales que produce 27,88 l/animal/día con una composición de grasa en leche de 4,01% y 3,19% de proteína que al ser corregida por energía y por grasa se obtiene 26,97 y 24,84% kg leche/día respectivamente. Asimismo, se observa que para un total de 35 vacas en ordeño se tienen producciones mínimas (hacienda 6) por día de 595,1 l/día con una producción de 14,17 l/animal/día con un 2,92% de grasa y 3,04% de proteína.

En la sierra ecuatoriana según ESPAC (2017), se observa un total de 522.047 animales en producción lechera con una obtención de 3707.049 l/día; con una producción promedio de 7,10 l/animal/d, comparado con nuestro estudio tenemos una producción promedio de 19,01 l/animal/d con un total de 729 animales. Esta producción comparada con la producción a nivel regional se debe a que las unidades productores agropecuarias (UPAs) son de pequeños, medianos y grandes productores de leche, es decir explotaciones intensivas o extensivas. La leche está compuesta en un rango del 87% al 90% de agua, por lo tanto, contiene de un 10% al 13% de los denominados sólidos totales. Estos sólidos totales están compuestos normalmente entre un 3% y 3,5% de grasa, un 3% a un 3,5% de proteína y un 4% a un 6 % de carbohidratos como la lactosa y minerales tan importantes como el calcio (Jara Zambrano & Maldonado Gamboa, 2011).

**Tabla 34**

*Producción y calidad composicional de la leche promedio del refo lactante en 8 haciendas de la sierra ecuatoriana durante el periodo de octubre 2017 - abril 2108*

Hacienda	Producción Total/día	Número de animales	Producción media, litros/animal/día	Grasa, %	Proteína, %	ECM, Kg	FCM, kg
1	1886,00	88	21,35	2,92	3,04	19,55	17,92
2	2199,25	93	23,65	3,38	3,07	23,07	21,47
3	1253,45	80	14,17	3,81	3,12	14,66	13,77
4	5568,75	200	27,88	3,27	3,15	26,97	24,84
5	1677,08	100	16,83	3,61	3,19	17,06	15,85
6	595,10	35	17,01	3,41	3,14	16,73	15,49
7	812,69	56	15,66	3,87	3,19	16,33	15,29
8	1188,63	77	15,56	4,01	3,04	16,40	15,58
<b>Media</b>	1897,62	91,34	19,01	3,54	3,12	18,85	17,53
<b>Mediana</b>	1465,27	87,63	16,92	3,51	3,13	16,90	15,72
<b>Máx.</b>	5568,75	199,75	27,88	4,01	3,19	26,97	24,84
<b>Mín.</b>	595,10	35,00	14,17	2,92	3,04	14,66	13,77
<b>D.E.</b>	1576,99	49,04	4,80	0,36	0,06	4,17	3,76
<b>CV</b>	83,10	53,69	25,22	10,18	1,97	22,14	21,46

%; porcentaje; ECM: leche corregida por energía; kg: kilogramos; FCM: leche corregida por grasa D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Según Carulla, Cárdenas, Sánchez, & Riveros (2006) en su estudio observo que las vacas al consumir 12,71 kg MS/vaca/día de pasto kikuyo obtuvieron 15,58 kg leche/vaca/día con una concentración de proteína total de 2,81% y 3,58% de grasa. A su vez también cuando las vacas tienen consumos de 19,14 kg Ms/vaca/día se obtuvo una producción de leche de 19,12 kg/vaca/día con concentraciones de proteína total y grasa de 3,21 y 3,56 % respetivamente, estos valores se acercan a la mínima y máxima producción leche obtenida en nuestro estudio.

Según Riesco (2002), la producción de leche se ve influenciada por el consumo y tipo de alimentación suministrada, el grupo racial, etapa de lactancia y estado reproductivo, asimismo indica que la composición de la leche depende la raza ya que son caracteres genéticos con alta heredabilidad. En relación a la alimentación el uso de pastos de buena calidad en la alimentación de la vaca lechera, incrementa la producción de leche y los rendimientos de grasa y proteína, mientras que cuando los suplementos en la dieta son elevados mayor a un 60%, se produce una depresión en el porcentaje de grasa.

#### **4.15 Valoración nutricional**

##### **4.15.1 Digestibilidad in vitro vs digestibilidad In situ**

En la tabla 35 podemos observar el porcentaje de digestibilidad de los pastos y suplementos alimenticios evaluados en cuatro pastoreos mediante digestibilidad in vitro (DIVMS) a las 24 y 48 horas, así como las digestibilidades in situ de materia seca (DISMS) a los dos tiempos. Teniendo un promedio de DIVMS para forrajes de 63,46% mientras que la DISMS fue de 66,55 % para las 24 horas. Mientras que para las 48 horas la DIVMS de forrajes es de 76,72% y la DISMS es de 79,79%.

**Tabla 35**

*Porcentaje de digestibilidad in vitro (DIVMS) e in situ (DISMS) de la materia seca de pasturas y suplementos alimenticios de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	DIVMS	DISMS	DIVMS	DISMS	DIVMS	DISMS	DIVMS	DISMS
	Forraje 24 h	Forraje 24 h	Forraje 48 h	Forraje 48 h	Suplemento 24 h	Suplemento 24 h	Suplemento 48 h	Suplemento 48 h
1	57,00	58,66	71,74	74,18	66,07	66,97	73,99	74,67
2	54,65	54,36	72,56	70,63	62,79	61,23	74,34	74,48
3	65,13	69,26	79,96	83,15	66,14	54,97	73,69	65,85
4	73,21	74,31	81,78	84,90	66,79	64,47	74,48	74,01
5	70,61	71,31	80,27	83,30	65,65	64,56	73,87	75,34
6	70,43	71,07	82,26	84,04	67,99	68,16	77,39	77,55
7	62,29	63,55	74,97	74,53	61,69	62,20	72,83	75,52
8	54,34	69,84	70,25	83,60	56,62	59,95	73,19	72,91
<b>Media</b>	63,46	66,55	76,72	79,79	64,22	62,81	74,22	73,79
<b>Mediana</b>	63,71	69,55	77,47	83,23	65,86	63,34	73,93	74,58
<b>Máx.</b>	73,21	74,31	82,26	84,90	67,99	68,16	77,39	77,55
<b>Mín.</b>	54,34	54,36	70,25	70,63	56,62	54,97	72,83	65,85
<b>D.E.</b>	7,57	6,98	4,88	5,67	3,71	4,21	1,39	3,48
<b>CV</b>	11,93	10,49	6,36	7,11	5,77	6,71	1,88	4,71

DIMS: digestibilidad in vitro de materia seca; DISMS; digestibilidad in situ de materia seca; h: hora; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Para los suplementos alimenticios se obtuvo un promedio de DIVMS a las 24 horas de 64,22% comparado con la DISMS de 62,81%. Para las 48 horas se obtuvo un promedio de DIVMS de 74,22% mientras que la DISMS fue de 73,79. Hay que señalar que factores propios de los alimentos suministrados a las vacas afectan la digestibilidad, para los forrajes la edad de las plantas y la composición química de los mismos influyen en la misma; mientras que en los suplementos factores anti nutricionales o el tipo de procesamiento y su interacción en el rumen influyen en la digestibilidad.

De acuerdo al estudio realizado por Vargas Martinez (2013), en ryegrass en estado de desarrollo intermedio, obtuvo un DIVMS de 71,8%, valores que concuerdan con nuestro estudio

en las haciendas que en su composición poseen ryegrass. Para el kikuyo Vargas Martinez (2013) obtuvo en estado de desarrollo joven 71,1% de DIVMS, estos valores se acercan a lo expuesto en la DIVMS de forraje a las 48 horas.

Según el estudio realizado por Torres, Arbaiza, Carcelén, & Lucas, (2009), obtuvo que el ryegrass a las 4 semanas de corte tiene una DIVMS de 73,9% mientras que la DISMS a las 4 semanas fue de 91.8%, este valor se acerca a la digestibilidad de los forrajes de la hacienda 4 que en su mayor parte posee ryegrass. Para el mismo ryegrass las digestibilidades a una edad de corte de 8 semanas obtuvo una DIVMS de 71,6% mientras que la DISMS fue de 74,2 estos valores se acercan a lo obtenido en la hacienda 8 a las 48 horas de ser evaluado.

Los mayores valores en la DISMS se deberían a que esta técnica aseguraría una mezcla constante de las fases sólida y líquida de la digesta, dando lugar a que el forraje contenido en las bolsas se encuentre expuesto al ataque continuo de bacterias celulolíticas, resultando en una mayor degradación de las paredes celulares. Otra ventaja sería la estabilidad del pH ruminal, gracias a la secreción de sustancias tampón (saliva) que mantienen al rumen en un pH entre 6 y 7 (Torres, Arbaiza, Carcelén, & Lucas, 2009).

Según Carulla, Cárdenas, Sánchez, & Riveros (2006) encontró valores de DIVMS de kikuyo en valores que oscilan entre el 50 a 72%, valores que se acercan a los resultados de la hacienda 1 y 2 que en su composición botánica poseen kikuyo en sus praderas.

Pérez et al., citado por Carulla, Cárdenas, Sánchez, & Riveros (2006), consignaron que la digestibilidad para las variedades de ballico perenne Talbot, Cropper y Barlatra varía de 71.1 a 76.6 %, valores que se ajustan a los promedios obtenidos en nuestro estudio. La digestibilidad de los suplementos alimenticios varía por factores propios del alimento, los animales que lo

consumen o por ambos. La proporción de concentrado en la ración afecta a la digestión ruminal a través de diversos mecanismos, entre los que destacan las modificaciones que produce en el crecimiento y/o actividad de los microorganismos ruminales. Debido a que la población microbiana ruminal se ve afectada por numerosos factores, la procedencia del inóculo ruminal se considera la mayor fuente de variación en la determinación de la digestibilidad in vitro. En este sentido, la ración ingerida por los animales empleados como donantes ha sido señalada como uno de los principales factores que afectan al número y actividad de los microorganismos ruminales y que, consecuentemente, pueden afectar a los valores de la DIVMS de los alimentos Weiss (1994) citado por (Brum, Carro, Valdés, Gonzáles, & López, 2012).

#### **4.15.2 Producción de gas in vitro**

En la tabla 36 se presenta la producción de gas in vitro de materia seca en promedio de las 8 haciendas a las 24 y 48 horas tanto de forrajes y suplementos, se obtuvo que a las 24 h se obtuvo en promedio 117,95 y 122,56 ml/g para los forrajes y suplementos respectivamente. A las 48 h se obtuvo 142,7 y 148,92 ml/g para forrajes y suplementos respectivamente.

Según Campos, Arce, Rojas, & Villalobos (2015) en pasto kikuyo obtuvo una producción de 220,5 ml/g; en ryegrass se obtuvo una producción de 116,8 ml/g, el valor de producción de gas para kikuyo de nuestro estudio está bajo a lo expuesto y esto debió ocurrir debido a que la disminución en la producción de gas puede ser causada posiblemente por la fermentación de los carbohidratos solubles y la pectina, lo cual pudo ocasionar disminución en el pH y retardo en la fermentación de la celulosa debido a la inhibición de la flora celulolítica, cuando la mayor parte de estos carbohidratos se han fermentado, el pH probablemente subió y la degradación de la celulosa se reanudó (Apráez Guerrero, Delgado Jurado, & Solarte, 2016).

**Tabla 36**

*Producción de gas in vitro de pasturas y suplementos alimenticios de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en cuatro pastoreos el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	Forraje 24 h	Forraje 48 h	Suplemento 24 h	Suplemento 48 h
	Producción de gas, ml/g			
1	119,77	135,87	144,78	165,30
2	106,66	144,92	103,39	137,80
3	109,71	141,35	118,21	132,06
4	115,02	128,54	126,35	160,95
5	119,45	142,27	103,19	140,44
6	126,44	149,52	138,43	165,49
7	121,79	149,09	123,66	151,63
8	124,73	150,01	122,46	137,67
<b>Media</b>	117,95	142,70	122,56	148,92
<b>Mediana</b>	119,61	143,60	123,06	146,04
<b>Máx.</b>	126,44	150,01	144,78	165,49
<b>Mín.</b>	106,66	128,54	103,19	132,06
<b>D.E.</b>	6,99	7,51	14,75	13,63
<b>CV</b>	5,93	5,26	12,03	9,16

h: horas; ml/g: mililitros por gramo; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

#### 4.15.3 Digestibilidad in situ de nutrientes

En la tabla 37 se presenta el porcentaje de digestibilidad in situ promedio de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) de los forrajes a las 24 horas suministrados en las ocho haciendas, donde se obtuvo que en promedio para la digestibilidad de la PC, FB, EE, MO y ELN fue de 76,49; 44,58; 58,96; 64,52; 67,99% respectivamente para cada nutriente. Con un total de nutrientes digestibles de 58,41%.

Según los criterios para caracterizar el valor nutritivo de los forrajes de Ospina (2004) citado por González (2017), en donde expresa que la calidad alta si la DMO% es superior a 70, es media si esta entre 55 y 70% de DMO y baja cuando la DMO está entre 45 a 55%. De acuerdo a

esto podemos afirmar que a las 24 horas con la DMO la calidad del pasto es intermedia mientras que a las 48 horas la calidad del forraje es alta, y este porcentaje el que se acerca a la realidad ya que a ese tiempo es cuando el forraje tiene una mayor digestibilidad y degradabilidad.

### Tabla 37

*Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en pastos a las 24 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	DPC	DFB	DEE	DMO	DELN	TDN
1	67,49	40,07	55,89	55,84	58,83	50,55
2	69,74	32,63	37,45	51,49	53,76	45,86
3	78,38	47,37	72,90	66,36	68,41	60,57
4	82,06	50,89	78,74	72,79	75,73	67,31
5	80,52	52,91	63,17	69,53	72,02	62,66
6	77,83	41,64	44,10	69,70	76,99	61,74
7	77,94	43,17	59,62	62,29	65,03	56,28
8	77,92	47,99	59,80	68,14	73,17	62,29
<b>Media</b>	76,49	44,58	58,96	64,52	67,99	58,41
<b>Mediana</b>	77,93	45,27	59,71	67,25	70,22	61,16
<b>Máx.</b>	82,06	52,91	78,74	72,79	76,99	67,31
<b>Mín.</b>	67,49	32,63	37,45	51,49	53,76	45,86
<b>D.E.</b>	5,12	6,57	13,61	7,43	8,27	7,09
<b>CV</b>	6,69	14,74	23,09	11,52	12,17	12,14

DPC: digestibilidad de proteína cruda; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DMO: digestibilidad de materia orgánica; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; TDN: total de nutrientes digestibles

Sin embargo y como lo afirma González (2017), la calidad del pasto disminuye debido a reducción en la digestibilidad del mismo. En el estudio realizado por Vargas Martínez, (2013), en ryegrass obtuvo una DIVMO en estado de desarrollo joven de 75,9% y en estado intermedio 76,1%. Para el kikuyo en estado de desarrollo joven obtuvo una DIVMO de 73,4%, en desarrollo intermedio 71,2% de DIVMO, estos valores se relacionan a los obtenidos en nuestro estudio en la DMO a las 48 horas.

En la tabla 38 se presenta el porcentaje de digestibilidad in situ promedio de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) de los forrajes a las 48 horas suministrados en las ocho haciendas, donde se obtuvo que, en promedio para la digestibilidad de la PC, FB, EE, MO y ELN fue de 87,63; 67,77; 76,49; 79,21 y 80,58 respectivamente para cada nutriente. Con un total de nutrientes digestibles de 71,76%.

**Tabla 38**

*Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en pastos a las 48 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	DPC	DFB	DEE	DMO	DELN	TDN
1	81,16	63,77	72,58	73,34	74,80	74,40
2	81,65	57,63	68,55	69,45	70,22	66,30
3	90,72	73,93	73,57	82,36	82,84	62,37
4	91,17	73,14	88,17	84,55	84,89	78,00
5	90,02	74,02	77,65	82,75	83,48	74,66
6	90,49	66,25	71,79	83,44	87,13	74,43
7	86,30	59,29	74,07	74,66	77,18	67,52
8	89,55	74,15	85,55	83,16	84,13	76,42
<b>Media</b>	87,63	67,77	76,49	79,21	80,58	71,76
<b>Mediana</b>	89,79	69,70	73,82	82,56	83,16	74,41
<b>Máx.</b>	91,17	74,15	88,17	84,55	87,13	78,00
<b>Mín.</b>	81,16	57,63	68,55	69,45	70,22	62,37
<b>D.E.</b>	4,12	6,97	6,91	5,79	5,85	5,60
<b>CV</b>	4,71	10,28	9,04	7,31	7,26	7,80

DPC: digestibilidad de proteína cruda; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DMO: digestibilidad de materia orgánica; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; TDN: total de nutrientes digestibles

De acuerdo al estudio realizado por Velasco, Hernández Garay, & Gonzalez Hernández (2005) la DIVMS de MO ryegrass perenne disminuye conforme aumenta el intervalo de corte, presentando un 69% para la época de invierno. Mientras que Vargas Martinez, (2013), al evaluar el efecto de la DIVMO de una mezcla forrajera 90:10, ryegrass con trébol, obtuvo una digestibilidad de DIVMO de 89,9%, mientras que para kikuyo obtuvo en la misma proporción de mezcla obtuvo 85,1% de DIVMO, estos valores concuerdan con la DMO máxima y mínima de

nuestro estudio para las mismas especies evaluadas. De acuerdo al estudio realizado por Correa, Rodriguez, Pabón, & Carulla (2012) en la digestibilidad in situ para el pasto kikuyo obtuvo que la fracción de proteína potencialmente degradable se tiene un 58,5% DPC, a las 24,1 horas que es el tiempo donde se presenta la degradación efectiva, sin embargo, en nuestro estudio para la DPC obtuvimos 67,49%, valor superior al descrito.

Podemos llegar a la conclusión de que a las 24 h el TDN es menor que a las 48 horas, y que este porcentaje se ve influenciado por el tiempo de descanso o intervalo de pastoreo, según dice Godoy Espinoza, et al. (2012) la mayor digestibilidad de MS, MO, PB, FB, EE, ELN, se obtiene a edades tempranas, lo que se explica por la menor lignificación de la pared celular, lo que permite mayor facilidad de digestión.

En la tabla 39 se presenta el porcentaje de digestibilidad in situ promedio de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) de los suplementos alimenticios a las 24 horas suministrados en las ocho haciendas, donde se obtuvo que, en promedio para la digestibilidad de la PC, FB, EE, MO y ELN fue de 61,43; 32,74; 52,36; 62,02 y 69,17% respectivamente para cada nutriente. Con un total de nutrientes digestibles de 57,32%.

En el estudio realizado por Correa, Rodriguez, Pabón, & Carulla (2012), donde evaluó diferentes suplementos alimenticios en mezcla obtuvo un 57,2 % de DPC a las 16,2 horas donde se presentó la degradación efectiva de la proteína, este resultado concuerda con lo obtenido en nuestro estudio donde la mínima DPC fue de 57,71% a las 24 horas. Podemos señalar que a las 24 y 48 horas la digestibilidad de proteína cruda y materia orgánica es alta es los suplementos alimenticios.

**Tabla 39**

*Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en suplementos a las 24 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	DPC	DFB	DEE	DMO	DELN	TDN
1	64,64	40,26	55,07	66,68	73,05	62,10
2	57,71	23,32	41,63	60,62	69,42	55,47
3	61,17	19,76	36,67	54,16	62,93	48,90
4	58,18	38,11	72,31	64,07	71,42	63,25
5	63,10	37,23	82,11	64,16	71,68	57,76
6	62,93	35,80	50,78	66,70	72,91	59,81
7	63,17	25,61	30,19	61,33	68,44	56,74
8	60,56	41,85	50,11	58,40	63,48	54,56
<b>Media</b>	61,43	32,74	52,36	62,02	69,17	57,32
<b>Mediana</b>	62,05	36,52	50,45	62,70	70,42	57,25
<b>Máx.</b>	64,64	41,85	82,11	66,70	73,05	63,25
<b>Mín.</b>	57,71	19,76	30,19	54,16	62,93	48,90
<b>D.E.</b>	2,50	8,50	17,53	4,30	4,01	4,58
<b>CV</b>	4,06	25,97	33,48	6,94	5,79	7,99

DPC: digestibilidad de proteína cruda; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DMO: digestibilidad de materia orgánica; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; TDN: total de nutrientes digestibles

En la tabla 40 se presenta el porcentaje de digestibilidad in situ promedio de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) de los suplementos alimenticios a las 48 horas suministrados en las ocho haciendas, donde se obtuvo que, en promedio para la digestibilidad de la PC, FB, EE, MO y ELN se tiene 75,96; 43,26; 74,34; 73,82 y 80,25% respectivamente para cada nutriente. Con un total de nutrientes digestibles de 68,67%.

**Tabla 40**

*Porcentaje de digestibilidad in situ de nutrientes y total de nutrientes digestibles (TDN) en suplementos a las 48 horas de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	DPC	DFB	DEE	DMO	DELN	TDN
1	73,50	43,92	75,09	75,21	81,59	70,65
2	72,30	39,94	63,75	75,20	83,29	69,48
3	76,91	32,76	59,42	65,55	72,78	59,55
4	69,08	49,29	80,58	74,14	81,28	73,00
5	80,03	54,78	89,12	75,08	79,03	67,40
6	78,99	42,15	81,25	77,44	83,25	70,22
7	80,15	29,75	76,65	75,52	83,01	71,16
8	76,70	53,51	68,84	72,44	77,77	67,86
<b>Media</b>	75,96	43,26	74,34	73,82	80,25	68,67
<b>Mediana</b>	76,81	43,04	75,87	75,14	81,44	69,85
<b>Máx.</b>	80,15	54,78	89,12	77,44	83,29	73,00
<b>Mín.</b>	69,08	29,75	59,42	65,55	72,78	59,55
<b>D.E.</b>	3,99	9,10	9,83	3,62	3,63	4,09
<b>CV</b>	5,26	21,03	13,22	4,91	4,52	5,96

DPC: digestibilidad de proteína cruda; DFB: digestibilidad de la fibra bruta; DEE: digestibilidad del extracto etéreo; DMO: digestibilidad de materia orgánica; DELN: digestibilidad del extracto libre de nitrógeno; TDN: total de nutrientes digestibles

#### 4.16 Requerimientos energéticos de vacas lactantes

En la tabla 41 se observa la cantidad de energía neta de lactancia requerida para vacas lactantes en promedio de 8 haciendas, en donde se observa que las vacas en total necesitan una  $EN_L$  promedio de 25,79 Mcal/animal/día, y este total de megacalorías es necesario para cubrir los requerimientos energéticos de producción, mantenimiento, gestación y crecimiento, como se detalla que para cada uno se necesita 13,14; 12,26, 0,11 y 0,28 Mcal/día respectivamente. De acuerdo a esto podemos decir que el 50,94% de la  $EN_L$  que necesita la vaca es destinada para producción, el 47,54 % a mantenimiento, el 0,4% para gestación, en este estudio es bajo el requerimiento porque el porcentaje de vacas que estaban sobre los 190 días de gestación fue bajo que cuando más energía necesitan las vacas gestantes, además para crecimiento se necesita un

1,08% del total de energía, este porcentaje es bajo porque la mayoría de vacas ya tenían el peso adulto de su raza por lo que los bajos porcentajes incidieron en la energía de gestación.

**Tabla 41**

*Requerimiento de energía neta de lactancia promedio para vacas lactantes de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana evaluadas en el periodo octubre 2017-abril 2018.*

Hacienda	Requerimiento energético para producción Mcal/día	Requerimiento energético para mantenimiento Mcal/día	Requerimiento energético para gestación Mcal/día	Requerimiento energético para crecimiento Mcal/día	EN <sub>L</sub> Mcal/animal/día
1	13,46	14,47	0,02	0,16	28,11
2	15,95	10,36	0,12	0,14	26,57
3	10,16	10,50	0,30	0,33	21,29
4	18,63	13,57	0,12	0,34	32,65
5	11,81	12,06	0,09	0,37	24,33
6	11,56	9,81	0,00	0,19	21,56
7	12,19	13,77	0,13	0,36	26,45
8	11,38	13,51	0,12	0,33	25,33
<b>Media</b>	13,14	12,26	0,11	0,28	25,79
<b>Mediana</b>	12,00	12,79	0,12	0,33	25,89
<b>Máx.</b>	18,63	14,47	0,30	0,37	32,65
<b>Mín.</b>	10,16	9,81	0,00	0,14	21,29
<b>D.E.</b>	2,81	1,82	0,09	0,10	3,66
<b>CV</b>	21,38	14,85	80,46	34,77	14,21

Mcal: megacalorías; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 42 se detalla las cantidad de energía neta de lactancia promedio requerida para vacas lactantes de las haciendas ubicadas entre del 2500 hasta los 3000 msnm, en donde se tiene que las vacas necesitan un total de 27,15 Mcal/día de energía neta de lactancia, para cubrir los requerimientos para producción, mantenimiento, gestación y crecimiento, con 14,55; 12,22; 0,14; 0,24 Mcal/día respectivamente para cada necesidad.

**Tabla 42**

*Requerimiento de energía neta de lactancia promedio para las haciendas del rango (2500 - 3000 msnm), en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

Hacienda	Requerimiento energético para producción Mcal/día	Requerimiento energético para mantenimiento Mcal/día	Requerimiento energético para gestación Mcal/día	Requerimiento energético para crecimiento Mcal/día	ENL Mcal/animal/día
1	13,46	14,47	0,02	0,16	28,11
2	15,95	10,36	0,12	0,14	26,57
3	10,16	10,50	0,30	0,33	21,29
4	18,63	13,57	0,12	0,34	32,65
<b>Media</b>	14,55	12,22	0,14	0,24	27,15
<b>D.E.</b>	3,61	2,10	0,12	0,10	4,69
<b>CV</b>	24,79	17,21	86,41	42,52	17,26

Mcal: megacalorías; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 43 se detalla la cantidad de energía neta de lactancia promedio requerida para vacas lactantes de las haciendas ubicadas entre los 3001 hasta los 3500 msnm, en donde se tiene que las vacas necesitan un total de 27,15 Mcal/día de energía neta de lactancia, para cubrir los requerimientos para producción, mantenimiento, gestación y crecimiento, con 11,73; 12,29; 0,09 y 0,31 Mcal/día respectivamente para cada necesidad.

**Tabla 43**

*Requerimiento de energía neta de lactancia promedio para las haciendas del rango (3001 - 3500 msnm), en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

Hacienda	Requerimiento energético para producción Mcal/día	Requerimiento energético para mantenimiento Mcal/día	Requerimiento energético para gestación Mcal/día	Requerimiento energético para crecimiento Mcal/día	ENL Mcal/animal/día
5	11,81	12,06	0,09	0,37	24,33
6	11,56	9,81	0,00	0,19	21,56
7	12,19	13,77	0,13	0,36	26,45
8	11,38	13,51	0,12	0,33	25,33
<b>Media</b>	11,73	12,29	0,09	0,31	24,42
<b>D.E.</b>	0,35	1,81	0,06	0,08	2,09
<b>CV</b>	2,99	14,75	70,42	26,85	8,56

Mcal: megacalorías; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Se debe recalcar que los requerimientos de energía de los bovinos son complejos y cambian dependiendo de variables como la raza, el sexo, el estado fisiológico y de una gran variedad de

factores ambientales, debido a esto podemos observar también que al clasificar a las haciendas por altitud las del rango (2000 – 2500 msnm) necesitan 27,15 Mcal  $EN_L$ /día/animal, mientras que para las haciendas entre rango (3001 – 3500 msnm) necesitan 24,42 Mcal  $EN_L$ /día, esta variabilidad se debe a los factores anteriormente descritos.

En nuestro estudio se obtuvo que en promedio las vacas necesitan 1,4Mcal de  $EN_L$ /kg para consumos de 18,4 kg MS/d, mientras que las vacas entre los 2500 a 3000 msnm necesitan 1,34Mcal de  $EN_L$ /kg de MS para un producción de 21,76 l/animal/día con un consumo de 20,24 kg MS y para las vacas entre los 3001 y 3500 msnm necesitan 1,47 Mcal de  $EN_L$ /kg de MS con un consumo de 16,55 kg MS y una producción de 16,26 l/animal/día

El NRC (2001) sugiere que una vaca Holstein de 690 kg de PV con una producción lechera de 25,0 kg requiere de 1,5 a 1,85 Mcal de  $EN_L$ /kg de MS para vacas al inicio de la lactancia; en dicho rango de energía, las deficiencias pueden retrasar el desarrollo de la glándula mamaria en vacas de primer parto y reducir la cantidad de leche obtenida en vacas adultas (López Ordaz, Gómez Pérez, García Muñiz, Mendoza Martínez, & Lara Bueno, 2010).

#### **4.17 Aporte energético de pastos y suplementos**

La energía es considerada como el primer nutriente limitante en todo sistema de alimentación, de allí la importancia de la valoración energética de los alimentos consumidos por los animales. La determinación del valor energético de los forrajes se puede estimar indirectamente mediante digestibilidades estimadas con técnicas in situ e in vitro (Torres, Arbaiza, Carcelén, & Lucas, 2009).

En la tabla 44 se observa en detalle la cantidad de energía neta de lactancia promedio de las 8 haciendas proveniente de los forrajes y suplementos alimenticios. En donde se obtuvo que a partir

de un consumo promedio de 11,85 kg MS/anima/día en los forrajes las 24 horas de digestión de los nutrientes se obtuvo un TDN de 58,41 %, con una concentración energética de 1,31 Mcal/kg MS, lo que nos aporta en promedio 15,56Mcal/día. Mientras que este mismo forraje a las 48 h con un TDN de 71,76 % posee una concentración energética de 1,64 Mcal/kg MS, lo que nos da un aporte energético a las 48 horas de 19,40 Mcal/día.

A partir del consumo de balanceado que se obtuvo en promedio 6,55 kg MS/animal/día se obtiene que a las 24 horas de haber sido ingerido por los animales tuviera un 57,31% de TDN, con una concentración energética de 1,29 Mcal/kg MS, dándonos un aporte de energía a las 24 horas de 8,49 Mcal/día. Este mismo suplemento a las 48 horas de ser ingerido tiene un 68,66% de TDN, con una concentración energética de 1,56 Mcal/kg MS, lo que aporta a la vaca un total de 10, 28 Mcal/día. Cabe recalcar que la composición nutricional y el valor energético de los alimentos varían ampliamente de acuerdo a las diferencias genéticas de la planta, estado fenológico, fertilización, irrigación y época de corte lo que se refleja finalmente en la calidad del pasto utilizado como base alimenticia.

Según López, Gómez, García, Mendoza, Lara, & López (2011) el nivel óptimo de  $EN_L$  fue de 1.77 a 2.10 Mcal por kilogramo de alimento para producciones superiores a los 27.0 kg de leche. Los incrementos en el nivel de energía mejoran el consumo de alimento y la producción de leche, reducen las pérdidas de pesos corporales y el periodo del balance de energía al inicio de la lactancia en animales en confinamiento.

Una de las mayores dificultades en la utilización de alimentos suplementarios en pastoreo es la estimación de consumo diario de forraje (Kg MS), y por lo tanto la determinación del niveles de suplementación requeridos para mantener determinados niveles de rendimientos animales (Kg

leche/día) (Osorio & Osorio González, 2013). Según Godoy Espinoza, et al. (2012), el contenido energético de las pasturas es inversamente proporcional a la edad de corte, lo que se debe a la menor presencia de almidones y mayor contenido de carbohidratos estructurales en las plantas maduras.

Según Carulla, Cárdenas, Sánchez, & Riveros (2006), el valor energético del kikuyo expresado en Mcal/kg de MS tiene kikuyo podría tener valores entre 1.0 y 1.5 Mcal/kg MS variaciones similares a las presentadas en este estudio.

**Tabla 44**

*Energía neta de lactancia (Mcal/kg MS) de forrajes y suplementos alimenticios promedio de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana evaluados en el periodo octubre 2017 – abril 2018*

Hacienda	CF, kg MS/animal/d	Forrajes							CS, kg MS/animal/d	Suplementos						
		24h				48h				24h				48h		
		TDN, %	EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS	AE, Mcal/d	TDN, EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS	AE, Mcal/d	TDN, EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS	AE, Mcal/d		TDN, EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS	AE, Mcal/d	TDN, EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS	AE, Mcal/d			
1	13,15	50,55	1,12	14,73	66,30	1,50	19,73	6,62	62,10	1,40	9,27	70,65	1,61	10,66		
2	9,29	45,86	1,00	9,29	62,37	1,41	13,10	8,28	55,47	1,24	10,19	69,48	1,58	12,97		
3	13,67	60,57	1,36	18,59	74,40	1,70	23,24	6,22	48,90	1,08	6,72	59,55	1,34	8,33		
4	10,82	67,31	1,53	16,55	78,00	1,79	19,37	12,88	63,25	1,43	18,42	73,00	1,67	21,51		
5	9,90	62,66	1,42	14,06	74,66	1,71	16,93	5,06	57,76	1,30	6,58	67,40	1,53	7,74		
6	13,11	61,74	1,39	18,22	74,43	1,70	22,29	1,86	59,81	1,35	2,51	70,22	1,60	2,98		
7	13,42	56,28	1,26	16,91	67,52	1,53	20,53	5,39	56,74	1,27	6,85	71,16	1,62	8,73		
8	11,44	62,29	1,41	16,13	76,42	1,75	20,02	6,05	54,56	1,22	7,38	67,86	1,54	9,32		
<b>Media</b>	11,85	58,41	1,31	15,56	71,76	1,64	19,40	6,55	57,32	1,29	8,49	68,66	1,56	10,28		
<b>Mediana</b>	12,28	61,16	1,38	16,34	74,42	1,70	19,87	6,14	57,25	1,29	7,11	69,85	1,59	9,02		
<b>Máx.</b>	13,67	67,31	1,53	18,59	78,00	1,79	23,24	12,88	63,25	1,43	18,42	73,00	1,67	21,51		
<b>Mín.</b>	9,29	45,86	1,00	9,29	62,37	1,41	13,10	1,86	48,90	1,08	2,51	59,55	1,34	2,98		
<b>D.E.</b>	1,72	7,09	0,17	2,97	5,59	0,14	3,18	3,14	4,58	0,11	4,61	4,09	0,10	5,35		
<b>CV</b>	14,49	12,14	13,34	19,08	7,80	8,37	16,38	47,97	7,99	8,68	54,27	5,96	6,40	52,05		

TDN: total de nutrientes digestibles; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; AE: aporte energético; CF: consumo de forraje; CS: consumo de suplemento; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; MS: materia seca; h: horas; d: día; %: porcentaje; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

#### 4.18 Porcentaje de energía cubierta a partir de forrajes y suplementos

En la tabla 45 se observa el aporte energético entre la energía del suplemento sumado a la del forraje a las 24 y 48 horas, en donde se obtuvo 23,23 y 29,56 Mcal/d respectivamente. Así también se calculó la cantidad de energía que se acerca a lo real que es a partir del aporte energético de balanceados a las 24 horas sumado a la energía de los pastos a las 48 horas, dándonos un total de 27,89 Mcal provenientes del mismo. El porcentaje de cobertura entre los forrajes y balanceados a las 24 y 48 horas fue de 93,51 y 115,77 % respectivamente. Mientras que la energía que más se acerca a la realidad entre el pasto 48 h y suplemento 24 h cubre en un 108% la energía requerida por el animal que fue de 25,79 Mcal/día.

**Tabla 45**

*Porcentaje de energía neta de lactancia cubierta en promedio a las 24 y 48 horas en las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo octubre 2017 – abril 2018*

	24 h F+S	48 h F+S	48 h F + 24h S		24 h F+S	48 h F+S	48 h F + 24h S
Hacienda	EN <sub>L</sub> total, Mcal/d	EN <sub>L</sub> total, Mcal/ d	EN <sub>L</sub> total, Mcal/d	ENL <sub>requerida</sub> Mcal/día/an imal	% ENL cubiert a	% ENL cubierta	% ENL cubierta
1	23,84	30,28	28,99	28,11	84,95	108,00	103,14
2	19,59	26,04	23,28	26,57	78,02	102,82	87,97
3	25,09	31,49	29,96	21,29	117,97	147,98	140,71
4	34,76	40,75	37,79	32,65	106,54	124,94	115,73
5	20,49	24,59	23,51	24,33	84,40	101,20	96,62
6	20,59	24,99	24,80	21,56	95,63	115,96	115,02
7	23,52	29,12	27,38	26,45	88,81	109,94	103,51
8	23,23	29,22	27,40	25,33	91,78	115,34	108,18
<b>Media</b>	23,89	29,56	27,89	25,79	93,51	115,77	108,86
<b>Mediana</b>	23,38	29,17	118,64	25,89	90,30	112,64	105,84
<b>Máx.</b>	34,76	40,75	37,79	32,65	117,97	147,98	140,71
<b>Mín.</b>	19,59	24,59	23,28	21,29	78,02	101,20	87,97
<b>D.E.</b>	4,80	5,18	4,69	3,66	13,06	15,10	15,80
<b>CV</b>	20,08	17,52	16,81	14,21	13,97	13,04	14,51

h: horas; F: forrajes; S: suplementos; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; F: forrajes; S: suplementos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En las tablas 46 y 47 se observa asimismo la cantidad de energía cubierta en porcentaje de cada uno del aporte tanto de forrajes y suplementos a las 24 y 48 horas, la combinación de 24 h suplemento y 48 h forrajes, para los diferentes requerimientos del animal entre rango 2500 - 3000 msnm, y las del rango entre 3001 msnm hasta los 3500 msnm. Se puede observar que para la mezcla real (48 h F + 24h S) cubre 111, 89 y 105, 83% respectivamente para cada rango de altitud. Se observa que el uno del otro difiere en 5 unidades porcentuales.

**Tabla 46**

*Porcentaje de energía neta de lactancia cubierta en promedio a las 24 y 48 horas en las haciendas ubicada entre 2500 a 3000 msnm en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

	24 h F+S	48 h F+S	48 h F + 24h S		24 h F+S	48 h F+S	48 h F + 24h S
Hacienda	EN <sub>L</sub> total, Mcal/kg MS	EN <sub>L</sub> total, Mcal/kg MS	EN <sub>L</sub> total, Mcal/kg MS	EN <sub>L</sub> requerida Mcal/día/a nimal	% EN <sub>L</sub> cubierta	% EN <sub>L</sub> cubierta	% EN <sub>L</sub> cubierta
1	23,84	30,28	28,99	28,11	84,95	108,00	103,14
2	19,59	26,04	23,28	26,57	78,02	102,82	87,97
3	25,09	31,49	29,96	21,29	117,97	147,98	140,71
4	34,76	40,75	37,79	32,65	106,54	124,94	115,73
<b>Media</b>	25,82	32,14	30,01	27,15	96,87	120,94	111,89
<b>D.E.</b>	6,41	6,20	5,96	4,69	18,59	20,35	22,31
<b>CV</b>	24,82	19,28	19,88	17,25	19,19	16,83	19,94

h: horas; F: forrajes; S: suplementos; EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; F: forrajes; S: suplementos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

**Tabla 47**

*Porcentaje de energía neta de lactancia cubierta en promedio a las 24 y 48 horas en las haciendas ubicada entre 3001 a 3500 msnm en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

	24 h F+S	48 h F+S	48 h F + 24h S		24 h F+S	48 h F+S	48 h F + 24h S
Hacienda	ENL total, Mcal/ kg MS	ENL total, Mcal/ kg MS	ENL total, Mcal/kg MS	ENL requerida Mcal/día/a nimal	% ENL cubierta	% ENL cubierta	% ENL cubierta
5	20,49	24,59	23,51	24,33	84,40	101,20	96,62
6	20,59	24,99	24,80	21,56	95,63	115,96	115,02
7	23,52	29,12	27,38	26,45	88,81	109,94	103,51
8	23,23	29,22	27,40	25,33	91,78	115,34	108,18
<b>Media</b>	21,96	26,98	25,77	24,42	90,16	110,61	105,83
<b>D.E.</b>	1,64	2,53	1,94	2,09	4,75	6,83	7,75
<b>CV</b>	7,48	9,39	7,53	8,57	5,26	6,18	7,32

h: horas; F: forrajes; S: suplementos; ENL: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; F: forrajes; S: suplementos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

De acuerdo al estudio realizado por Armijos Chamba (2014) en ryegrass perenne var. Gigant obtuvo que para vacas con un requerimiento energético de 34 Mcal/día aportan un 37,11 Mcal/día con un porcentaje de energía cubierta de 109%, mientras que para vacas con requerimientos de energía de 37,7 Mcal/día cubre en un 98%, a su vez, para vacas con requerimientos de 42,1 Mcal/día, el porcentaje de energía cubierta fue de 88%.

#### **4.19 Energía del forraje calculada a partir del aporte energético del balanceado**

En la tabla 48 se observa la cantidad de energía estimada para forrajes a las 24 y 48 horas a partir del consumo real de balanceado suministrado a las vacas en las 8 haciendas evaluadas. Se obtuvo que a las 24 horas para un consumo estimado de 13,67 kg MS/ animal, se tiene una concentración energética de 1,53 Mcal/kg MS con un aporte por metro cuadrado de 0,25 Mcal/m<sup>2</sup>. Se observa igualmente que a partir del consumo real de forraje se tiene una concentración energética 0,23 Mcal/m<sup>2</sup>. A las 48 horas se observa que para un consumo predicho

de 9,59 kg/MS, con una concentración de 1,36 Mcal/kg MS, y 0,22 Mcal/m<sup>2</sup>. Mientras que a partir del consumo real a las 48 horas las Mcal/m<sup>2</sup> fueron de 0,29.

**Tabla 48**

*Energía calculada de forrajes a partir de la energía observada de suplementos y requerimientos energéticos del animal de 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	Forraje 24 h				Forraje 48 h			
	Consumo calculado	ENL, Mcal/kg MS predicho	Mcal/m <sup>2</sup> Calculado	Mcal/m <sup>2</sup> observado	Consumo calculado	ENL, Mcal/kg MS predicho	Mcal/m <sup>2</sup> Calculado	Mcal/m <sup>2</sup> observado
1	17,04	1,47	0,19	0,15	11,66	1,35	0,18	0,20
2	16,70	1,84	0,20	0,11	9,67	1,53	0,17	0,16
3	10,86	1,09	0,41	0,51	7,66	0,96	0,35	0,64
4	9,49	1,34	0,21	0,24	6,29	1,05	0,16	0,28
5	12,60	1,81	0,23	0,18	9,71	1,69	0,22	0,22
6	13,91	1,59	0,13	0,12	11,02	1,55	0,13	0,15
7	15,71	1,50	0,26	0,22	11,61	1,35	0,23	0,27
8	13,01	1,59	0,33	0,29	9,14	1,42	0,29	0,37
<b>Media</b>	13,67	1,53	0,25	0,23	9,59	1,36	0,22	0,29
<b>Mediana</b>	13,46	1,55	0,22	0,20	9,69	1,39	0,20	0,25
<b>Máx.</b>	17,04	1,84	0,41	0,51	11,66	1,69	0,35	0,64
<b>Mín.</b>	9,49	1,09	0,13	0,11	6,29	0,96	0,13	0,15
<b>D.E.</b>	2,72	0,24	0,09	0,13	1,90	0,25	0,07	0,16
<b>CV</b>	19,89	15,92	35,86	56,74	19,79	18,26	34,04	55,67

ENL: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; MS: materia seca; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; h: horas; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 49 se observa la cantidad de energía estimada para forrajes a las 24 y 48 horas a partir del consumo real de balanceado suministrado a las vacas en 4 haciendas en el rango (2500-3000 msnm). Se obtuvo que a las 24 horas para un consumo estimado de 13,52 kg MS/ animal, se tiene una concentración energética de 1,43 Mcal/kg MS con un aporte por metro cuadrado de 0,25 Mcal/m<sup>2</sup>. Se observa igualmente que a partir del consumo real de forraje se tiene una concentración energética 0,25 Mcal/m<sup>2</sup>. A las 48 horas se observa que para un consumo predicho

de 8,82 kg/MS, con una concentración de 1,22Mcal/kg MS, y 0,21Mcal/m<sup>2</sup>. Mientras que a partir del consumo real a las 48horas las Mcal/m<sup>2</sup> fueron de 0,32.

**Tabla 49**

*Energía calculada de forrajes a partir de la energía observada de suplementos y requerimientos energéticos del animal de las haciendas del rango (2500 – 3000 msnm) en el periodo de octubre 2017 - febrero 2108*

Hacienda	Forraje 24 h				Forraje 48 h			
	Consumo calculado	ENL, Mcal/kg MS predicho	Mcal/m <sup>2</sup> Calculado	Mcal/m <sup>2</sup> observado	Consumo calculado	ENL, Mcal/kg MS predicho	Mcal/m <sup>2</sup> Calculado	Mcal/m <sup>2</sup> observado
1	17,04	1,47	0,19	0,15	11,66	1,35	0,18	0,20
2	16,70	1,84	0,20	0,11	9,67	1,53	0,17	0,16
3	10,86	1,09	0,41	0,51	7,66	0,96	0,35	0,64
4	9,49	1,34	0,21	0,24	6,29	1,05	0,16	0,28
<b>Media</b>	13,52	1,43	0,25	0,25	8,82	1,22	0,21	0,32
<b>D.E.</b>	3,91	0,31	0,10	0,18	2,35	0,26	0,09	0,22
<b>CV</b>	28,90	21,72	41,45	70,88	26,62	21,55	42,35	68,14

ENL: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; MS: materia seca; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; h: horas; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 50 se observa la cantidad de energía estimada para forrajes a las 24 y 48 horas a partir del consumo real de balanceado suministrado a las vacas en 4 haciendas en el rango (3001-3500 msnm). Se obtuvo que a las 24 horas para un consumo estimado de 13,81 kg MS/ animal, se tiene una concentración energética de 1,62 Mcal/kg MS con un aporte por metro cuadrado de 0,24 Mcal/m<sup>2</sup>. Se observa igualmente que a partir del consumo real de forraje se tiene una concentración energética 0,20 Mcal/m<sup>2</sup>. A las 48 horas se observa que para un consumo predicho de 10,37 kg/MS, con una concentración de 1,50 Mcal/kg MS, y 0,22 Mcal/m<sup>2</sup>. Mientras que a partir del consumo real a las 48horas las Mcal/m<sup>2</sup> fueron de 0,25.

**Tabla 50**

*Energía calculada de forrajes a partir de la energía observada de suplementos y requerimientos energéticos del animal de las haciendas del rango (2500 – 3000 msnm) en el periodo de octubre 2017 – abril 2108*

Hacienda	Forraje 24 h				Forraje 48 h			
	Consumo calculado	EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS predicho	Mcal/m <sup>2</sup> Calculado	Mcal/m <sup>2</sup> observado	Consumo calculado	EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS predicho	Mcal/m <sup>2</sup> Calculado	Mcal/m <sup>2</sup> observado
1	12,60	1,81	0,23	0,18	9,71	1,69	0,22	0,22
2	13,91	1,59	0,13	0,12	11,02	1,55	0,13	0,15
3	15,71	1,50	0,26	0,22	11,61	1,35	0,23	0,27
4	13,01	1,59	0,33	0,29	9,14	1,42	0,29	0,37
<b>Media</b>	13,81	1,62	0,24	0,20	10,37	1,50	0,22	0,25
<b>D.E.</b>	1,38	0,13	0,08	0,07	1,14	0,15	0,07	0,09
<b>CV</b>	10,00	8,14	34,95	35,24	11,01	9,98	30,35	36,64

EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; kg: kilogramos; MS: materia seca; m<sup>2</sup>: metros cuadrados; h: horas; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

#### 4.20 Energía de para producción de leche

**Tabla 51**

*Energía requerida para la producción de un litro de leche en promedio de 8 haciendas en la sierra ecuatoriana el periodo de octubre 2017 a abril 2108*

Hacienda	Mcal ingeridas (P+S)	Producción media, ECM kg,	Mcal/ECM kg
1	28,855	19,547	1,499
2	23,257	23,074	1,016
3	29,747	14,656	2,036
4	37,139	26,973	1,379
5	23,442	17,055	1,382
6	24,520	16,729	1,470
7	27,223	16,330	1,669
8	27,223	26,973	1,008
<b>Media</b>	27,676	20,167	1,432
<b>D.E.</b>	4,521	4,900	0,335
<b>CV</b>	16,334	24,297	23,387

Mcal: megacalorías, ECM: leche corregida por energía, kg: kilogramos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

La tabla 51 se detalla en base al promedio de megacalorías ingeridas por las vacas de las 8 haciendas y su producción promedio de vacas lecheras con la leche corregida por energía, en donde se obtuvo que las vacas lactante necesitan en promedio 1,43 Mcal/litro de leche producida, que se deriva de un promedio de 27,67 Mcal ingeridas por el animal con una producción de 20,16 kg leche/ animal/ día. Esto concuerda con lo expuesto por Bedoya (2012) en donde dice que las vacas necesitan 1,19 Mcal/l leche.

**Tabla 52**

*Energía requerida para la producción de un litro de leche en promedio de las hacienda ubicada en el rango (2500- 3000 msnm) en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

Hacienda	Mcal ingeridas (P+S)	Producción media, ECM kg,	Mcal/ECM kg
1	28,855	19,547	1,499
2	23,257	23,074	1,016
3	29,747	14,656	2,036
4	37,139	26,973	1,379
<b>Media</b>	29,749	21,063	1,482
<b>D.E.</b>	5,703	5,238	0,422
<b>CV</b>	19,169	24,870	28,486

Mcal: megacalorías, ECM: leche corregida por energía, kg: kilogramos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

La tabla 52 se detalla los promedios de las megacalorías ingeridas de las vacas lactantes de las haciendas ubicadas entre los 2500 y 3000 msnm. En donde se obtuvo que las vacas lactantes necesitan en promedio 1,48 Mcal/litro de leche producida, que se deriva de un promedio de consumo de 29,74 Mcal ingeridas por el animal con una producción de leche corregida por energía de 21,06 kg leche/ animal/día.

La tabla 53 se detalla los promedios de las megacalorías ingeridas de las vacas lactantes de las haciendas ubicadas entre los 3001 y 3500 msnm. En donde se obtuvo que las vacas lactantes

necesitan en promedio 1,38 Mcal/litro de leche producida, que se deriva de un promedio de consumo de 25,6 Mcal ingeridas por el animal con una producción de leche corregida por energía de 19,27 kg leche/ animal/día.

La producción de leche de una vaca es el resultado de la relación del ambiente y de la herencia. Los principales efectos ambientales controlados con factores de ajuste para producción de leche por lactancia envuelven características de desempeño de la vaca (duración del periodo seco anterior al parto, duración del periodo parto concepción, días en lactancia, entre otros). También existen efectos causados por el manejo o nivel de producción de las haciendas (número de ordeñas diarias, el sistema de alimentación, el sistema de ordeña entre otros) y los efectos causados por el ciclo de vida del animal, como por ejemplo la edad y el número de partos de la vaca (Cerón, Humberto, Costa, Solarte, & Benavides, 2003).

### **Tabla 53**

*Energía requerida para la producción de un litro de leche en promedio de las haciendas ubicada en el rango (3000 - 3500 msnm) en el periodo octubre 2017 - abril 2018*

<b>Hacienda</b>	<b>Mcal ingeridas (P+S)</b>	<b>Producción media, ECM kg,</b>	<b>Mcal/ECM kg</b>
5	23,442	17,055	1,382
6	24,520	16,729	1,470
7	27,223	16,330	1,669
8	27,223	26,973	1,008
<b>Media</b>	25,602	19,272	1,382
<b>D.E.</b>	1,922	5,143	0,277
<b>CV</b>	7,509	26,685	20,053

Mcal: megacalorías, ECM: leche corregida por energía, kg: kilogramos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

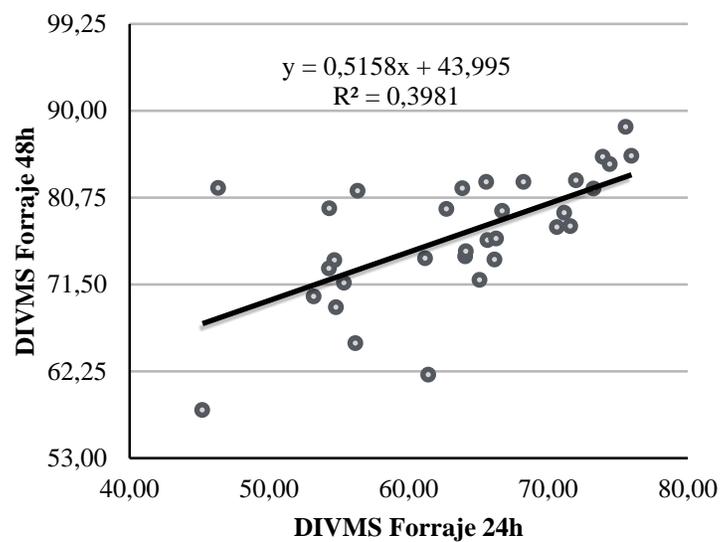
Las vacas de raza Holstein – Friesian producen significativamente más leche que las normandas, Montbeliarde o Jersey. Esta diferencia se debe fundamentalmente a una selección

genética por parte de los ganaderos que pretenden buscar vacas cuyos rendimientos productivos por lactación sean superiores. Las vacas Holstein que son ordeñadas dos veces al día se sabe que llegan a producir por arriba de los 30,561 Kg. de leche en 365 días (Roca Fernández & González Rodríguez, 2012).

Con una alimentación idéntica, se ha visto que las vacas consideradas de alto potencial genético de raza Holstein - Friesian producen más leche que aquellas de potencial genético medio. Esta diferencia es debida, fundamentalmente, a una distinta ingestión de materia seca (MS) y a un diferente reparto de la energía necesaria para la producción de leche y el mantenimiento del animal, y a la diferente capacidad de movilizar y reconstituir sus reservas corporales en función del potencial genético de los animales. La respuesta productiva de las vacas a los aportes de concentrado también varía según el potencial genético de los animales. Las vacas Holstein - Friesian norteamericanas presentan una respuesta superior que oscila de 0.91 a 1,15 kg de leche por kg de concentrado. De acuerdo a lo expuesto por Roca Fernández & González Rodríguez (2012) se observa que las vacas en estudio no están produciendo leche de acuerdo a su potencial genético y esto se debe a los efectos del ambiente y manejo que llevan las haciendas evaluadas.

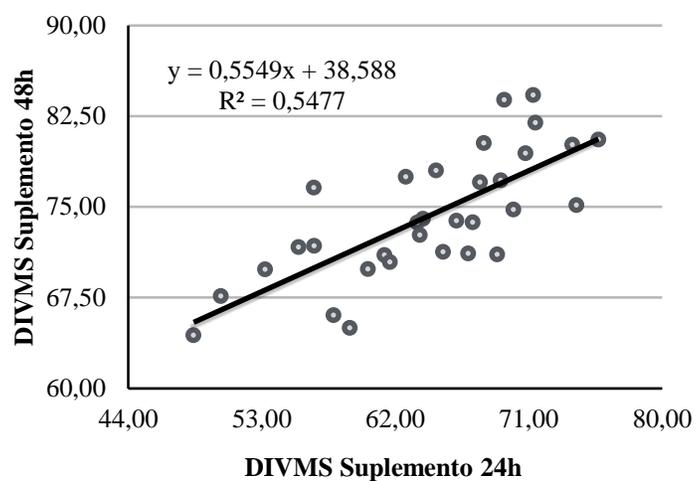
#### **4.21 Correlaciones**

A continuación, se detallan las correlaciones significativas de las variables analizadas en nuestro estudio.



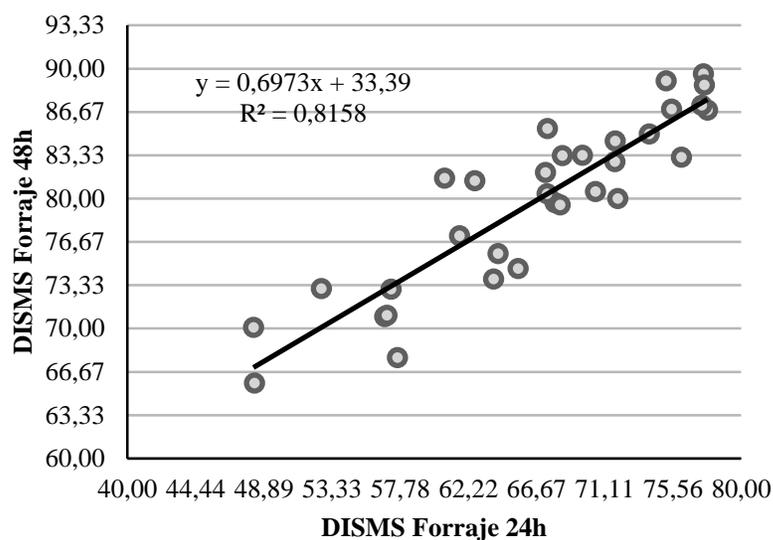
**Figura 4.** DIVMS 24h vs DIVMS 48h (forrajes)

En la figura 4 se observa que una correlación positiva de la DIVMS de los forrajes a las 24h con la DIVMS a las 48h ( $r = 0,63$ ) para forrajes.



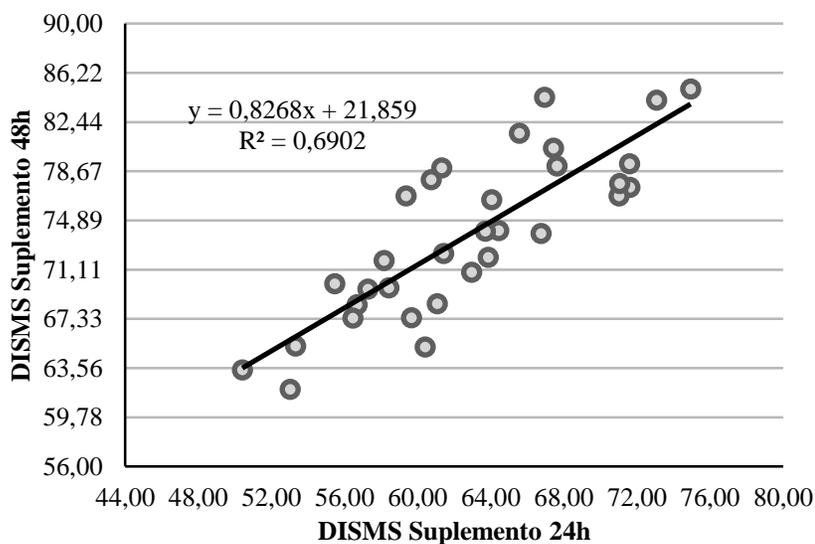
**Figura 5.** DIVMS 24h vs DIVMS 48h (suplementos)

En la figura 5 se observa que la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) de suplementos a las 24h presentó una correlación positiva con la DIVMS a las 48h ( $r = 0,74$ ).



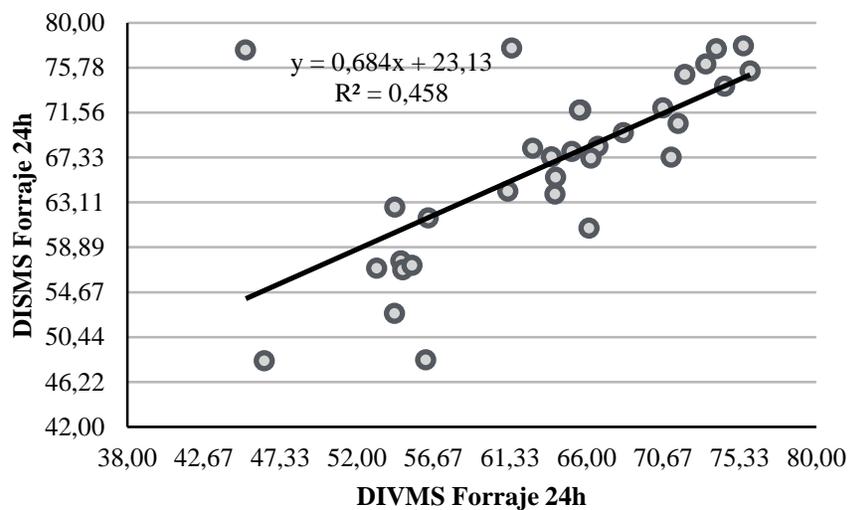
**Figura 6.** DISMS 24 h VS DISMS 48 H (forrajes)

En la figura 6 se observa que la digestibilidad in situ de materia seca (DISMS) de forrajes a las 24 h presentó una correlación positiva con la DISMS a las 48h ( $r = 0,9$ )



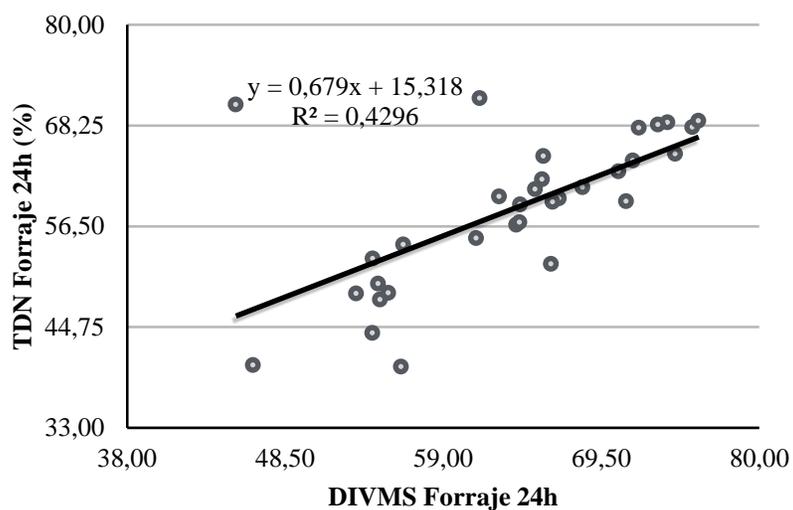
**Figura 7.** DISMS 24 h vs DISMS 48 h (suplementos)

En la figura 7 se observa que la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) de suplementos a las 24h presentó una correlación positiva con la DIVMS de suplemento a las 48h ( $r= 0,83$ )



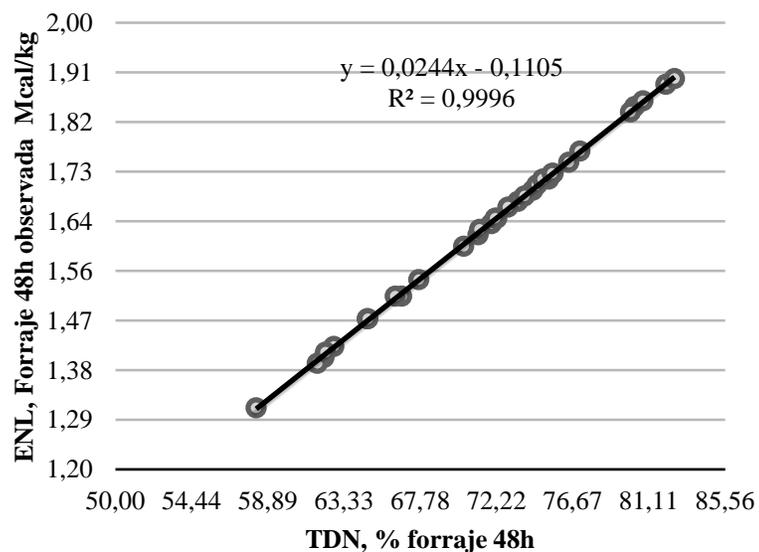
**Figura 8.** DIVMS 24H vs DISMS 24h (forrajes)

En la figura 8 se observa que la DIVMS a las 24 h de forrajes presento una correlación positiva con la DISMS 24h de forrajes ( $r=0,68$ ), esto nos permite comparar las metodologías de digestibilidad y vemos que, si se correlacionan, y para tomar la decisión de cual realizar se debe pasar en los recursos que se manejan en cada método.



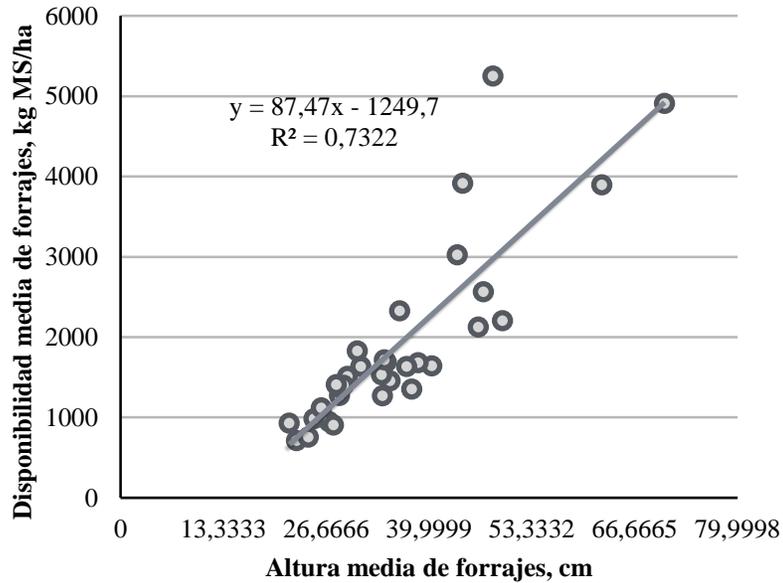
**Figura 9.** DIVMS 24h vs TDN 24h (forraje)

En la ilustración 9 podemos observar que la DIVMS a las 24 h de forrajes presento un correlación positiva con el TDN a las 24 h ( $r=0,655$ )



**Figura 10.** TDN 48 vs ENL 48 h (forraje)

En la figura 10 se observa que el TDN a las 48 h de forrajes presentó una correlación positiva con la  $EN_L$  observada a las 48 h ( $r=0,99$ ), lo que indica que existe un grado de correlación perfecta como indica la gráfica.



**Figura 11.** Altura vs Disponibilidad (Forrajes)

En la figura 11 se observa que en los forrajes, la altura presentó una correlación positiva con la disponibilidad ( $r=0,85$ ).

## 4.22 Análisis de costos de alimentación

**Tabla 54**

*Porcentaje de egresos en alimentación en promedio de las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana, en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

Hacienda	Producción l/d	Costo, \$/l/d	Ingreso bruto \$	CF, \$/área aj.	CS, \$/d	CT, \$/d	%, egresos alimentación	%, egreso en F	%, egreso en S
1	1886,000	0,515	970,435	155,357	388,713	544,070	55,147	28,555	71,445
2	2199,250	0,515	1132,680	86,066	433,464	519,530	45,732	16,566	83,434
3	1253,450	0,541	682,416	54,780	259,643	314,423	48,112	17,422	82,578
4	5568,750	0,523	2909,123	105,868	1225,176	1331,044	45,807	7,954	92,046
5	1677,075	0,498	834,723	49,573	246,746	296,319	35,601	16,729	83,271
6	595,100	0,445	265,145	22,850	47,938	70,788	27,044	32,279	67,721
7	812,688	0,425	345,806	10,057	92,974	103,031	30,339	9,761	90,239
8	1188,625	0,488	579,476	27,741	157,809	185,550	32,126	14,951	85,049
<b>Media</b>	1897,617	0,494	964,975	64,037	356,558	420,594	39,988	18,027	81,973
<b>D.E.</b>	1576,987	0,040	838,912	48,985	375,523	406,927	10,031	8,429	8,429
<b>CV</b>	83,104	8,078	86,936	76,496	105,319	96,750	25,085	46,759	10,283

l: litros; d: días; \$: dólares; %: porcentaje; aj: área ajustada; CF: costo de forraje; CS: costo de suplemento; CT: costo total; F: forraje; S: suplemento; B/C: beneficio costo D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

En la tabla 54 se obtiene el % de inversión en alimentación promedio de 8 haciendas, el cual proviene de una producción de 1897,617 l/d, con un costo de \$ 0,494 por cada litro, obteniendo un ingreso bruto de \$ 964,975 por día. El costo total de alimentación fue de \$ 420,594; los cuales son gastos de forrajes y suplementos con valores de 64,037 y 356,558 dólares respectivamente, proporcionándonos un % de egreso en alimentación de 39,988 con respecto al ingreso bruto de leche por día. Del total de egresos se tuvo un 18,027% para forrajes y 81,973 % para suplementos, dándonos una relación de beneficio costo de 1,373, en donde, por cada dólar invertido el retorno será de 0,37 centavos.

#### 4.23 Costo por megacalorías por cada kilogramo de forraje y suplemento

**Tabla 55**

*Costos por megacaloría de forrajes y suplementos en promedio de las 8 haciendas de la sierra ecuatoriana en el periodo octubre 2017 - febrero 2018*

Hacienda	Mcal F	Costo \$/Mcal F	EN <sub>L</sub> , Mcal/kg MS	Costo \$/Mcal/kg S	Mcal S vs Mcal F
1	0,199	0,091	1,402	0,422	4,696
2	0,161	0,072	1,239	0,576	8,403
3	0,645	0,030	1,078	0,299	10,350
4	0,276	0,028	1,430	0,482	17,557
5	0,219	0,030	1,295	0,382	13,309
6	0,151	0,039	1,345	0,379	11,456
7	0,266	0,010	1,270	0,402	41,356
8	0,367	0,029	1,217	0,279	9,770
<b>Media</b>	0,285	0,041	1,284	0,403	14,612
<b>D.E.</b>	0,161	0,027	0,112	0,095	11,427
<b>CV</b>	56,427	64,862	8,735	23,705	78,204

EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia; Mcal: megacalorías; m<sup>2</sup>: metro cuadrado; \$: dólares; kg: kilogramos; MS: materia seca; F: forraje; S: suplementos; D.E.: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

En la tabla 55 se observa el costo promedio de las calorías ingeridas por el animal de forrajes y suplementos en donde se obtuvo que en promedio de las 8 haciendas con un aporte de 0,285 Mcal/m<sup>2</sup> el costo de cada megacaloría fue de \$0,14, mientras que con una concentración 1,284 Mcal/kg MS de suplemento se obtuvo con costo de \$0,31 por cada megacaloría. Se observa que el costo cada megacaloría proveniente del suplemento es 2,24 veces más caro que el forraje

Los forrajes representan la fuente de nutrientes más barata para la producción de leche, y los costos de energía son menores en sistemas basados en forrajes, que en los sistemas convencionales de alimentación en establo. Sin embargo, la oferta de forraje en sistemas de pastoreo es variable a lo largo del año, por lo que es necesario recurrir a la alimentación suplementaria para suplir estas deficiencias. Se ha mencionado en repetidas ocasiones que el

forraje pastoreado es una forma más económica de nutrientes que cualquiera de los alimentos suplementarios convencionales. Por lo anterior, se estima que el beneficio económico directo que se deriva del uso de un suplemento depende del grado de sustitución de alimento que tenga lugar (Hodgson, 1994).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Con un intervalo de corte promedio de 36 días, la disponibilidad de forraje fue de 1904,96 kg MS/ha, con una altura de 34,09 cm, la tasa de crecimiento fue de 39,79 kg MS/ha/día y un aprovechamiento de 75,24%, la composición botánica fue 89,42% de gramíneas, 6,45% de leguminosas, 4,13 % de malezas.
- La valoración nutricional de los forrajes y suplementos alimenticios, varían de acuerdo al manejo de pasturas que poseen cada una de las haciendas, la edad de corte de las mismas, la fertilización de potreros, así como las tasas de inclusión de suplementos en la alimentación de las vacas lactantes, además de factores externos como la precipitación, clima y altitud.
- La digestibilidad de los forrajes está asociado a su estado fenológico, es decir, son más digestibles a temprana edad que cuando son maduros, esto debido al contenido de fibra que posee la pared celular. Sin embargo, los suplementos alimenticios presentan una mayor digestibilidad por altamente energéticos.
- Al evaluar la energía neta de lactancia las vacas que se encuentran entre los 2500 a 3000 msnm, necesitan en promedio 1,34Mcal  $EN_I$ /kg MS, mientras que las que se encuentran entre los 3001 y 3500 msnm necesitan 1,47Mcal  $EN_I$ /kg MS, para producciones de 21 y 16 litros respectivamente.

- El porcentaje de egresos en alimentación en base al ingreso neto de leche fue de 39,98%, donde el costo de 1 megacaloría de forraje fue \$0,14, mientras que la de suplemento fue \$0,31, lo que nos indica que el suplemento es 2,24 veces más caro que el forraje.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se deben realizar resiembras con especies y variedades de gramíneas y leguminosas que se adapten a la altitud en la que se encuentran las haciendas para obtener mayores disponibilidades de forraje para un óptimo consumo del animal.
- Para saber de manera más específica las condiciones en las que se encuentran las haciendas productoras de leche, se deben realizar evaluaciones de la calidad de los forrajes suministrados, para que a partir de esta matriz tomar decisiones para suplementar, en base a los potenciales de las razas de vacas presentes en las hacienda.
- Para mejorar las digestibilidades de los forrajes, se deben hacer intervalos de pastoreos eficaces basados en el estado fenológico de la planta, mezclas forrajes implementadas en las haciendas, para un mejor aprovechamiento de los nutrientes disponibles de las pasturas.
- Para incrementar la producción de leche, se debe proporcionar a las vacas forrajes con altos contenidos de energía neta de lactancia, para que exista un balance entre la energía requerida por el animal y la energía proporcionados por el forraje y suplemento.
- Desde el punto de vista económico en las haciendas se debe invertir más en el mejoramiento de los forrajes para así bajar los costos de suplementación y tener mayor rentabilidad en la ganadería de leche.

### 5.3 Bibliografía

- Agribit. (2016). *agrobit@agrobit.com* . Retrieved Agosto 28, 2018, from Forrajes conservados Henificación :
- [http://www.agrobit.com.ar/Info\\_tecnica/agricultura/forraje\\_past/AG\\_000001fp.htm](http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/agricultura/forraje_past/AG_000001fp.htm)
- Almeyda, J. (2012). *Manual Técnico Producción de Ganado Vacuno Lechero en Sierra*. Perú: Agrobanco.
- Apráez Guerrero, J. E., Delgado Jurado, D., & Solarte, P. C. (2016). Evaluación In vitro de la producción de metano en variedades de pastos neozelandeses del altiplano de Nariño. *Veterinaria y Zootecnica*, 10(2), 90-105.
- Arbitto, N. (2011). *Evaluación de la producción de pastos mediante la siembra de ray grass inglés y trebol rojo en un predio establecido de kikuyo, en suelos con pendiente de riesgo, comparado con la aplicación de abono de gallina y yaramila, en el cantón Guachapala*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Armijos Chamba, W. A. (2014). *CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA SECA DE 15 VARIEDADES DE PASTOS DE LA SIERRA ECUATORIANA*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Arreaza, L. C., Sánchez, L., Medrano, J., Pardo, O., Mateus, H., Reza, S., & Becerra, J. (2014). *NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO BAJO COLOIMBIANO*. Colombia: Corpoica.

- Balocchi, O., Kusanovic, K., Loaiza, P., & López, I. (2013). Dinámica de crecimiento y calidad nutritiva de una pradera de *Lolium perenne* L. sometida a diferentes frecuencias de defoliación: periodo primavera-verano. *Revista Agro Sur*, 41(1), 11-21.
- Bartabaru, D. (2014). *ASPECTOS SOBRE LA SUPLEMENTACION CON CONCENTRADOS EN VACAS LECHERAS*. Retrieved Agosto 26 , 2018, from Instituto Plan Agropecuario: [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R96/R96\\_28.htm](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R96/R96_28.htm)
- Bedoya, D. (2012). *EVALUACIÓN DE LAS RELACIONES BIOLÓGICAS Y ECÓNOMICAS ENTRE LA PRODUCCIÓN DE LAS PASTURAS Y LA PRODUCCIÓN LECHERA DEL REBAÑO LACTANTE "CADET" TUMBACO, PICHINCHA*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador .
- Benítez, R. (1980). *Pastos y Forrajes*. Quito-Ecuador: Editorial Universitaria.
- Bernal Eusse, J., & Chavera Gil, H. (2002). *Ensilaje, Heno y Henolaje*. Colombia: IDEAGRO.
- Bernal, E. (1998). *Fertilización de pastos mejorados* . Santa Fé de Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos.
- Bonilla Proaño, Á. M. (2013). *Comportamiento agronómico de seis variedades de ryegrass (*Lolium multiflorum*-*Lolium perenne*) con una fertilización química en el cantón Salcedo*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Brum, B., Carro, M. D., Valdés, C., Gonzáles, J., & López, S. (2012). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Departamento de Prod*, 12-22.

- Bruno, Ó., Romero, L. A., & Ustarroz, E. (1997). *Forrajes Conservados*. Retrieved Agosto 28, 2018, from Sitio Argentino de Producción Animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_en\\_general/30-forrajes\\_conservados.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_en_general/30-forrajes_conservados.pdf)
- Burgos, F. (2008). CONSUMO DE MATERIA SECA EN VACAS EN PASTOREO. *31º Congreso Argentino de Producción Animal* (p. 12). Argentina : <http://www.produccion-animal.com.ar>.
- Campos, C., Arce, J., Rojas, A., & Villalobos, L. (2015). *Producción de gas in vitro y metano entérico de los principales forrajes utilizados en fincas comerciales de Costa Rica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Campoverde Encalada, C. R., & Sarmiento Sinchi, M. G. (2018). *Relación entre la disponibilidad de los pastizales y la producción de leche en vacas al pastoreo, en los sistemas ganderos en la zona occidente de la provincia del Azuayl*. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Carulla, J. E., Cárdenas, E., Sánchez, N., & Riveros, C. (2006). *Valor Nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Castro Hernández, H., Dominguez Vara, I. A., Morales Almaráz, E., & Huerta Bravo, M. (2017). Composición química, contenido mineral y digestibilidad in vitro de raigrás (*Lolium perenne*), según intervalo de corte y época de crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* , 201-210.

- Castro Revelo, M. (2013). *Producción y Consumo de las Pasturas del Rejo Lactante del CADET, Tumbaco Pichincha*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Castro, Á. (1994). *PRODUCCIÓN BOVINA*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Castro, R., Hernández, A., Vaquera, H., & Quero, A. (2012). Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista Scielo*, 81-87.
- Cerón, M., Humberto, T., Costa, C., Solarte, C., & Benavides, O. (2003). Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein colombiano. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26-32.
- Chilpe Torres, M. I., & Chuma Álvarez, J. L. (2015). *Parámetros productivos, reproductivos, manejo y sanidad en ganado lechero de las parroquias Tarqui, Cumbe y Victoria del Portete*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Collahuazo, G. (2014). *Necesidades hídricas de pasturas con manejo convencional en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Correa, H. J., Rodríguez, Y. G., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2012). Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livestock Research for Rural Development*, 25-31.
- Correa, H., Pabón, M., & Carulla, J. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una

revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development* 20, 20, 59.

Dirección de Educación Agraria. (2011). *Manual de Forrajes*. Argentina: Dirección Provincial de Educación Técnico Profesional.

Durán, F., & Kebreau, R. (2001). *Análisis comparativo nutricional y económico de tres alimentos balanceados para vacas lecheras de alta producción*. Honduras: Zamorano.

Elizondo Salazar, J. A. (2014). Requerimientos nutricionales del ganado de leche según el modelo del NRC 2001. Energía Neta de Lactancia. *Nutrición de Rumiantes*, 5.

Elizondo, J. A. (2014). *Requerimientos nutricionales del ganado de leche según el modelo del NRC 2001. Energía Neta de Lactancia*. Costa Rica: Estación Experimental Alfredo Volio Mata.

Escobosa, A., & Ávila, S. (2001). Alimentación. In S. Ávila, & A. Escobosa, *Producción de Leche con Ganado Bovino* (p. 61). México: UNAM.

ESPAC. (2017). <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>. Retrieved Julio 09, 2018, from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2017/Informe\\_Ejecutivo\\_ESPAC\\_2017.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf)

Espinoza Cuzco, G. (2014). *Soporte técnico investigativo para la estructura y diseño de un sistema informático gandero destinado a la gestión de pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción de leche*. Quito-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

FAO. (2003). *Depósitos de Documentos de la FAO*. Retrieved Enero 15, 2008, from Depósitos de Documentos de la FAO: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/007/x7660s/x7660s00.pdf>

FAO. (2017, Marzo 09). <http://www.fao.org>. Retrieved Julio 09, 2018, from <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/es/c/522514/>

Garcés Molina, A. M., Berrio Roa, L., Ruiz Alzate, S., Serna de León, J. G., & Builes Arango, A. F. (2017). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado . *Revista Lasallista de Investigación* , 66-71.

García Lagombra, G. (2008). *Cálculo de la energía neta para lactación y su predicción desde el punto de vista de la fibra*. Santo Domingo: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

Godoy Espinoza, V., Barrera Alvaréz, A., Vivas Moreira, R., Quintana Zamora, J., Peña Galeas, M., Villota González, L., . . . Avellaneda Cevallos, J. (2012). Evaluación Fenológica y Digestibilidad in Vivo de la Leguminosa Forrajera (*Arachis pintoi*) en Diferentes edades de corte. *Ciencia y Tecnología*, 7-16.

González, K. (2017). Valor nutricional de los pastos. *Zootecnia y veterinaria* , 21-23.

Grijalva, J., Espinosa, F., & Hidalgo, M. (1995). *Producción y Utilización de pastizales en la Región Interandina del Ecuador*. Quito-Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Guachamín, M. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MATERIA SECA, PROTEÍNA BRUTA Y EXTRACTO ETÉREO DE RACIONES*

*ALIMENTICIAS CON INTESTINOS COCIDOS DE POLLO EN CERDOS* . Quito:  
Universidad Central de Ecuador .

Gualavisí, A. (2013). *Determinación del valor nutritivo del ryegrass perenne destinado a la alimentación del ganado vacuno mediante la correlación entre grados brix y digestibilidad Cayambe-Ecuador*. Cayambe: Universidad Politécnica Salesiana.

Guzmán, M. (2015). Manejo de Forrajes en altura . *Casos sabana de Bogotá* (p. 28 ). Colombia:  
Best-feed .

Hidalgo, L. G., Cauhepe, M. A., & Erni, A. N. (1998). Digestibilidad de materia seca y contenido de proteína bruta en especies de pastizal de la pampa deprimida , Argentina.  
*Investigación Agropecuaria: Producción Sanidad Animal*, 13(3), 1-14.

Hott Olivares, C. A. (2007). *Tas de crecimiento y composición nutricional de pradera permanentes en tres zonas agroecológicas de la zona Sur durante el verano, otoño e invierno*. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile .

Hutjens, M. (2014). *El consumo de materia seca. Claves para la formulacion de raciones y el manejo de nutrientes*. Retrieved Agosto 19, 2018, from Jornadas Técnicas Cooprinsem 2014:

<http://www.boviserv.cl/pdf/Consumo%20de%20materia%20seca%20Dr.%20Mike%20Hutjens.pdf>

INEC. (2016). *ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA ESPAC 2016*. ECUADOR: ecuadorencifras.com.

INIA. (2007). *Manejo de Pastoreo*. Chile: Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

- Jara Zambrano, J. R., & Maldonado Gamboa, H. M. (2011). *ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE UN MODELO DE PRODUCTIVIDAD PARA EMPRESAS DEL SECTOR EXTRACTOR DE LECHE CRUDA CASO: AGROINDUSTRIAL LAS LOLAS*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador .
- Lachman, M., & Araujo Febres, O. (2001). La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. *x Congreso de Producción e Industria Animal* (p. 21). Maracaibo: Universidad de Zulia Apartado 15205.
- Laforé, M., San Martín, F., Bojórquez, C., Arbaiza, T., & Carcelén, F. (1999). Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario del Valle del Mantaro. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 10(2), 74-78.
- Lanuza, F. (2013). Requerimientos de Nutrientes según estado Fisiológico en bovinos de leche. *Boletín INIA N.148*, 16.
- León, R. (2003). *PASTOS Y FORRAJES PRODUCCIÓN Y MANEJO*. Sangolquí-Ecuador: Ediciones Científicas.
- López Ordaz, R., Gómez Pérez, D., García Muñiz, G., Mendoza Martínez, D., & Lara Bueno, A. (2010). Nivel óptimo de energía neta en el consumo de alimento y producción de leche en el inicio de lactancia de vacas Holstein. *Lechería*, 12-18.
- López, R., Gómez, D., García, J. G., Mendoza, G. D., Lara, A., & López, R. (2011). Nivel óptimo de energía neta en el consumo de alimento y producción de leche en el inicio de la lactancia de vacas Holstein-Friesan en confinamiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 101-115.

- Mella, C. (2007). *Suplementación de Vacas Lecheras de alta Producción a pastoreo II*. Chile: Universidad de Chile.
- Mendoza, P., & Lascano, C. (2004). Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. In C. Lascano, & E. Pizarro, *Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas* (p. 289). Cali, Combia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical).
- Mila Prieto, A., & Corredor Sánchez, G. (2004). Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Revista Corpoica*, 5(1), 70-76.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- NRC. (2001). *El Modelo NRC 2001*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- NRC. (2001). *Nutriente Requirements of Dairy Cattle*. Washington, D.C.: NATIONAL ACADEMY PRESS.
- Núñez Torres, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 2311-2581.
- Once Yanza, M. A., & López, A. D. (2018). *Factores de agrotécnia y manejo del pastizal que afectan su rendimiento, persistencia y producción de leche en sistemas ganaderos según el piso altitudinal en la zona oriental del Azuay* . Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.

- Osorio, S., & Osorio González, E. (2013). *Respuesta productiva y económica a la suplementación de vacas en lactación en Zacazonapan, estado México*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Paladines, O., Izquierdo, F., & Salazar, M. (2003). *Recomendaciones Técnicas para la Fertilización de Pasturas en el Centro-Norte de la Sierra Ecuatoriana*. Quito.
- Pezo, D., & Ruiz, A. (1982). Requerimientos Nutricionales del Ganado. In IICA, *ASPECTOS NUTRICIONALES EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA* (p. 125). Turrialba, Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza .
- Picasso. (2018). <http://www.picasso.com.ar>. Retrieved Agosto 14, 2018, from [http://www.picasso.com.ar/descripcion\\_ryegrassannual.html](http://www.picasso.com.ar/descripcion_ryegrassannual.html):  
[http://www.picasso.com.ar/descripcion\\_ryegrassannual.html](http://www.picasso.com.ar/descripcion_ryegrassannual.html)
- Pintado Lazo, J. X., & Vásquez Rodríguez, C. A. (2016). *Relaciones entre composición botánica, disponibilidad y la producción de leche en vacas a pastoreo en los sistemas de producción en el cantón Cuenca* . Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Piña, L., & Olivares, A. (2012). Oferta y disponibilidad de forraje como factores en la selectividad y consumo de la pradera . *Producción animal* , 16-22.
- Posada, S., Serón, J., Arenas, J., Hamedt, J., & Álvarez, A. (2013). Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium* sp) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnica*, 8(1), 26-35.

PROGRAMA REGIONAL ECOBONA/DEPROSUR, EP. (2017, Enero 25). Alimentación del ganado y sistemas de pastoreo. *El Productor*, p. 18.

Pullido, R., Wood, C., & Leaver, J. (1998). Estudio de la cinética de la fermentación in vitro y del residuo no fermentado del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Revista SCIELO*, 30(2), 101-107.

Requelme, N., & Bonifaz, N. (2012). Caracterización de Sistemas de Producción Lechera de Ecuador. *La Granja, Revista de ciencias de la vida* , 55-69.

Reyes Gutiérrez, J. A. (2012). *Evaluación de la digestibilidad in situ de los nutrientes y variables ruminales del ensilado de caña de azúcar con diferente fuente de proteína*. México: Universidad de Guadalajara .

Richa Toctaguano, S. G., & Changoluisa Changoluisa, E. M. (2011). *Evaluación de una mezcla forrajera a los 30 y 45 días de rebrote, más suplemento concentrado en vacas lactantes en la Hcda. San Jorge, Parroquia Machachi sector Aloag*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Robalino, N. (2010). *Influencia de la Fertilización y el intervalo de pastoreo en el contenido de FDN y energía de una mezcla forrajera*. Sangolquí-Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército .

Roca Fernández, A. I., & González Rodríguez, A. (2012). Influencia de la raza sobre el rendimiento del ganado vacuno lechero. *Sitio Argentino de Produccion animal*, 154-158.

Rocha, S., & Changoluisa, E. (2011). *Evaluación de una mezcla forrajera (Raygrass, pasto azul, trébol blanco y llantén) a los 30 y 45 días de rebrote, más suplemento concentrado en*

*vacas lactantes en la Hcda. San Jorge, Parroquia Machachi-sector Aloag.* Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi - Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Sánchez, D. E., Arreaza, L. C., & Abadía, B. (2005). Estudio de la cinética de degradación in vitro de cuatro forrajes tropicales y una leguminosa de clima templado. *Revista Corpoica*, 6(1), 58-68.

SICA. (2000). *Análisis e Interpretación del III Censo Agropecuario*. Quito: ecuadorencifras.

Tarazona, A., Ceballos, M., Naranjo, J., & Cuartas, C. (2012). Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 473-487.

Thomas, D., & C.da Rocha, C. M. (1984). Manejo de Pasturas y evaluación de la producción animal. In C. Lascano, & E. Pizarro, *Evaluación de pasturas con animales: Alternativas metodológicas* (p. 290). Cali, Colombia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical).

Torres, G., Arbaiza, T., Carcelén, F., & Lucas, O. (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 5-9.

Trujillo, A. I., & Uriarte, G. (2013). *Valor Nutritivo de las Pasturas*. Uruguay: Prodanimal-FAGRO.

Unimedios. (2013, Octubre 21). *Contexto Gadero*. Retrieved Julio 14, 2018, from Ganadería Sostenible: <http://www.contextogadero.com/ganaderia-sostenible/concentrado-no-reemplaza-al-pasto-en-nutricion-bovina-segun-experto>

- Vadell, J., & Medrano, H. (2006). *Influencia de la radiación y la temperatura sobre la producción de gramíneas pratenses*. Illes: CAICYT.
- Vargas Bayona, J., Mejía Porras, G., Bedoya Mashuth, J., & Gomez Patiño, J. F. (2013). Estimación de la Técnica in Vitro de gases frente a otras técnicas de digestibilidad. *Spei Domus*, 9(18):59-70.
- Vargas Martinez, J. d. (2013). *Producción de metano in vitro e in vivo* . Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia .
- Vargas Parra, R. A. (2010). *Efecto de la frecuencia e intensidad de pastoreo sobre el rendimiento, composición botánica y calidad nutritiva de una pradera mixta Lolium perenne L. - Trifolium repens*. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.
- Velasco, M. E., Hernández Garay, A., & Gonzalez Hernández, V. (2005). Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne L.*) en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Técnica Pecuaria de México*, 43(2), 247-258.
- Velásquez Castellanos, P. A. (2009). *Evaluación Morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de ryegrass bianual Lolium multiflorum en lugares representativos de las zonas de producción de leche de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha* . Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Villalobos, L., & Sánchez, J. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 31-42.

Zalapa, A. (2015, Febrero 11). *Propuesta del cálculo de las necesidades nutritivas de las vacas lecheras por regresión lineal*. Retrieved Agosto 16, 2018, from Engormix: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/propuesta-calculo-necesidades-nutritivas-t31918.htm>