



**Determinación del estatus mineral de vaconas medias y fierros del hato  
lechero de la Hacienda “El Prado” – IASA I**

Guzmán Carpio, Michelle Estefanía y Jaramillo Martínez, Andrea Jackeline

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Pazmiño Morales, Julio César

22 octubre del 2020

# URKUND

## Document Information

Analyzed document TESIS URKUND JARAMILLO.docx (D81046724)  
Submitted 10/8/2020 2:48:00 PM  
Submitted by Pazmiño Morales Julio César  
Submitter email jcpazminio@espe.edu.ec  
Similarity 8%  
Analysis address jcpazminio.espe@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

**SA** Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE /  
Document Tesis Final.docx 1  
Submitted by:  
Receiver:

**W** URL: <https://docplayer.es/89070287-Suplementacion->  
Fetched: 7/23/2020 1



**Pazmiño Morales, Julio César**  
**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación "**Determinación del estatus mineral de vaconas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda "El Prado" – IASA I**", fue realizado por las señoritas **Guzmán Carpio, Michelle Estefanía y Jaramillo Martínez, Andrea Jackeline** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 8 de octubre de 2020.

Firma:

**Pazmiño Morales, Julio César**

C. C: 1801567395



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, **Guzmán Carpio, Michelle Estefanía y Jaramillo Martínez, Andrea Jackeline**, con cédulas de ciudadanía N° 1718310590, y N° 1721711347 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Determinación del estatus mineral de vaconas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda “El Prado” – IASA I”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 8 de octubre de 2020.

Firma:

**Guzmán Carpio Michelle Estefanía**  
C.C.: 1718310590

Firma:

**Jaramillo Martínez Andrea Jackeline**  
C.C.: 1721711347



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotras, **Guzmán Carpio, Michelle Estefanía y Jaramillo Martínez, Andrea Jackeline**, con cédulas de ciudadanía N° 1718310590, y N° 1721711347 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Determinación del estatus mineral de vaconas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda “El Prado” – IASA I”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 8 de octubre de 2020.

Firma:

**Guzmán Carpio Michelle Estefanía**  
C.C.: 1718310590

Firma:

**Jaramillo Martínez Andrea Jackeline**  
C.C.: 1721711347

### **Dedicatoria**

A Dios, por darme la fortaleza para cumplir este sueño.

A Mayra, mi maravillosa madre, por dar razón a mi vida y ser mi ejemplo a seguir. A mi padre Miguel, por su apoyo incondicional y por sus valiosas enseñanzas. A mi hermana Belén y a mis sobrinos Sebas y Benja, por llenar mis días de alegría. A María Fernanda, porque su cariño no tiene comparación. A Jonathan, por ser mi inspiración y por compartir esta vida conmigo.

A mis amigos y al resto de mi familia por su paciencia y por la confianza que han depositado en mí.

#### **Michelle Estefanía Guzmán Carpio.**

A Dios, quien ha sido mi guía y me ha bendecido en mi camino profesional. A mis padres Freddy y Patricia por haberme dado la vida, quienes con mucho amor, esfuerzo y sobretodo paciencia han apoyado todos los logros cosechados en mi vida, a mi hermano Darío por demostrarme siempre su cariño incondicional. A mis abuelitos Víctor y Mercedes por haberme inculcado esta carrera tan maravillosa, y por ser una inspiración en mi vida.

A todos mis amigos que siempre han confiado en mí, agradezco todo su cariño y consejos otorgados en la culminación de esta etapa tan importante.

**Andrea Jackeline Jaramillo Martínez.**

## **Agradecimientos**

Queremos expresar un profundo agradecimiento al Ingeniero Julio Pazmiño quien fue nuestro guía, compartiéndonos sus conocimientos y capacidades durante todo el proceso de investigación. De igual manera al Ingeniero Diego Vela, por la instrucción y orientación en el presente trabajo.

Deseamos hacer un reconocimiento especial al Ingeniero Rómulo Falconí, por el asesoramiento y contribución en la dotación de materias primas para la elaboración de la sal mineral, sin la cual no habiéramos logrado el desarrollo de la investigación.

A la noble facultad de Ingeniería Agropecuaria - IASA I, la misma que contribuyó con el uso de sus instalaciones y el empleo de animales para la ejecución del trabajo de titulación.

Un agradecimiento infinito a todos los maestros/as, quienes nos han dado soporte en nuestra formación profesional, inculcándonos el amor a la carrera y sembrando en nosotras el trabajo y perseverancia.

A nuestros padres queridos, por todo el apoyo incondicional durante la culminación de esta etapa tan importante de nuestras vidas.

A nuestros amigos, que han estado junto a nosotras durante todo este periodo formativo, mil gracias.

Con amor y respeto,

**Michelle y Andrea**

**Índice de contenidos**

<b>Carátula</b> .....	1
<b>Análisis Urkund</b> .....	2
<b>Certificación</b> .....	3
<b>Responsabilidad de Autoría</b> .....	4
<b>Autorización de Publicación</b> .....	5
<b>Dedicatoria</b> .....	6
<b>Agradecimientos</b> .....	7
<b>Índice de contenidos</b> .....	8
<b>Indice de tablas</b> .....	12
<b>Indice de figuras</b> .....	15
<b>Resumen</b> .....	16
<b>Abstract</b> .....	17
<b>Capítulo I</b> .....	18
<b>Introducción</b> .....	18
<b>Antecedentes</b> .....	18
<b>Justificación</b> .....	19
<b>Planteamiento del problema</b> .....	20
<b>Objetivos</b> .....	21
<b>Objetivo General</b> .....	21
<b>Objetivos Específicos</b> .....	22
<b>Hipótesis</b> .....	22
<b>Capítulo II</b> .....	23
<b>Revisión de literatura</b> .....	23
<b>Suelos andinos y componente químico</b> .....	23
<b>Interacción de minerales en el suelo</b> .....	23

Valor nutritivo de los pastos .....	25
Pasturas y el aporte de minerales .....	26
Relación mineral eje suelo - planta - animal.....	29
Requerimientos de minerales .....	30
Minerales en la reproducción.....	37
Importancia económica.....	39
Diagnóstico de las deficiencias minerales y su efecto en el manejo del hato .....	40
Muestreo del eje mineral.....	40
Vaonas medias y fierros .....	41
Cría de vaonas medias y fierros .....	41
Crecimiento .....	42
Sales mineralizadas.....	44
Composición y características de la sal mineral .....	45
Materias primas y oferta de sal.....	46
Capitulo III.....	48
Materiales y métodos .....	48
Ubicación del área de investigación .....	48
Ubicación Geopolítica .....	48
Ubicación ecológica.....	48
Materiales.....	49
Minerales en suelo y forraje .....	49
Análisis séricos, manejo de potreros y oferta de sal.....	49
Métodos .....	50
Determinación minerales en suelo.....	50
Determinación minerales y materia seca en forraje.....	51
Materia Seca .....	52

	10
<b>Análisis de minerales en sangre</b> .....	52
<b>Adecuación potreros</b> .....	53
<b>Clasificación de animales</b> .....	53
<b>Diseño Experimental</b> .....	54
<b>Tratamientos</b> .....	54
<b>Tipo de diseño</b> .....	55
<b>Características de la unidad experimental</b> .....	55
<b>Croquis del diseño</b> .....	56
<b>Análisis estadístico</b> .....	56
<b>Coeficiente de variación</b> .....	57
<b>Diagnóstico previo eje suelo - planta - animal</b> .....	58
<b>Elaboración de sal mineral corregida</b> .....	62
<b>Balance de minerales</b> .....	64
<b>Selección de fuentes minerales</b> .....	65
<b>Variables analizadas</b> .....	68
<b>Peso vivo y ganancia de peso</b> .....	68
<b>Condición Corporal</b> .....	69
<b>Profundidad Corporal</b> .....	72
<b>Altura a la grupa</b> .....	73
<b>Relación entre variables cuantitativas</b> .....	74
<b>Detección de celos</b> .....	75
<b>Capitulo IV</b> .....	77
<b>Resultados y discusión</b> .....	77
<b>Vaonas medias</b> .....	77
<b>Peso vivo</b> .....	77
<b>Ganancia de Peso</b> .....	79

	11
<b>Condición Corporal</b> .....	81
<b>Profundidad corporal</b> .....	83
<b>Altura a la grupa</b> .....	85
<b>Vaonas fierros</b> .....	86
<b>Peso vivo</b> .....	86
<b>Ganancia de peso</b> .....	88
<b>Condición Corporal</b> .....	91
<b>Profundidad Corporal</b> .....	93
<b>Altura a la grupa</b> .....	94
<b>Correlaciones entre variables</b> .....	96
<b>Detección de celos</b> .....	98
<b>Capitulo V</b> .....	103
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	103
<b>Conclusiones</b> .....	103
<b>Recomendaciones</b> .....	105
<b>Bibliografía</b> .....	106

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Contenido Mineral en gramíneas y leguminosas .....</i>	27
<b>Tabla 2</b> <i>Rangos de concentraciones minerales óptimas en pasto kikuyo .....</i>	28
<b>Tabla 3</b> <i>Composición mineral en muestra de suero sanguíneo.....</i>	36
<b>Tabla 4</b> <i>Necesidades minerales de terneros y novillas de recría.....</i>	37
<b>Tabla 5</b> <i>Estándares de peso y talla generales para vaconas medias y fierros.....</i>	43
<b>Tabla 6</b> <i>Valores recomendados de incremento de peso y condición corporal para hembras en crecimiento .....</i>	44
<b>Tabla 7</b> <i>Esquema de análisis de varianza para el experimento 1.....</i>	57
<b>Tabla 8</b> <i>Esquema de análisis de varianza para el experimento 2.....</i>	57
<b>Tabla 9</b> <i>Concentración de minerales en muestras de suelo de la Hacienda “El Prado”</i>	58
<b>Tabla 10</b> <i>Concentraciones minerales encontradas en muestras de pasto kikuyo.....</i>	60
<b>Tabla 11</b> <i>Concentraciones minerales en sangre de vaconas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda “El Prado” .....</i>	61
<b>Tabla 12</b> <i>Requerimientos de macro y micro minerales para hembras en crecimiento... 63</i>	63
<b>Tabla 13</b> <i>Balance de minerales.....</i>	65
<b>Tabla 14</b> <i>Características químicas de las fuentes minerales.....</i>	66
<b>Tabla 15</b> <i>Composición mineral de la sal corregida.....</i>	67
<b>Tabla 16</b> <i>Análisis de varianza para la variable peso vivo en vaconas medias .....</i>	77
<b>Tabla 17</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para el peso vivo en vaconas medias.....</i>	78
<b>Tabla 18</b> <i>Análisis de varianza para la ganancia de peso en vaconas medias .....</i>	79
<b>Tabla 19</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la ganancia de peso en vaconas medias.....</i>	80

	13
<b>Tabla 20</b> <i>Análisis de varianza para la condición corporal en vaconas medias.....</i>	82
<b>Tabla 21</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la Condición corpoeal en vaconas medias.....</i>	82
<b>Tabla 22</b> <i>Análisis de varianza para la profundidad corporal en vaconas medias.....</i>	83
<b>Tabla 23</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la profundidad en vaconas medias.....</i>	84
<b>Tabla 24</b> <i>Análisis de varianza para la altura a la grupa en vaconas medias.....</i>	85
<b>Tabla 25</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para altura a la grupa en vaconas medias.....</i>	85
<b>Tabla 26</b> <i>Análisis de varianza para la variable peso vivo en vaconas fierros.....</i>	87
<b>Tabla 27</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para el peso vivo en vaconas fierros .....</i>	87
<b>Tabla 28</b> <i>Análisis de varianza para la variable ganancia de peso en vaconas fierros ..</i>	88
<b>Tabla 29</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la ganancia de peso en vaconas fierros .....</i>	89
<b>Tabla 30</b> <i>Análisis de varianza para la condición corporal en vaconas fierros .....</i>	91
<b>Tabla 31</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la condición corporal en vaconas fierros .....</i>	92
<b>Tabla 32</b> <i>Análisis de varianza para la profundidad corporal en vaconas fierros .....</i>	93
<b>Tabla 33</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la profundidad en vaconas fierros .....</i>	93
<b>Tabla 34</b> <i>Análisis de varianza para el parámetro altura a la grupa en vaconas fierros..</i>	95
<b>Tabla 35</b> <i>Prueba de comparación de medias de Tukey para la altura a la grupa en vaconas fierros .....</i>	95

<b>Tabla 36</b> <i>Correlación de Pearson para las variables cuantitativas evaluadas en vaconas medias.....</i>	96
<b>Tabla 37</b> <i>Correlación de Pearson para las variables cuantitativas evaluadas en vaconas fierros .....</i>	97
<b>Tabla 38</b> <i>Detección de signos físicos de hembras fierros de la Hacienda “El Prado” ....</i>	99
<b>Tabla 39</b> <i>Prueba Chi cuadrado para la detección de celos en hembras fierros .....</i>	100

### Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Lotes designados para pastoreo de vaconas medias y fierros</i> .....	48
<b>Figura 2</b> <i>Croquis experimento 1 (vaconas medias)</i> .....	56
<b>Figura 3</b> <i>Croquis experimento 2 (vaconas fierros)</i> .....	56
<b>Figura 4</b> <i>Vista lateral de los puntos de referencia para la C.C en bovinos</i> .....	70
<b>Figura 5</b> <i>Formación de una U o V en el área pélvica como referencia de C.C</i> .....	70
<b>Figura 6</b> <i>Puntos de referencia lateral (1 punta de cadera, 2 punta de nalga, 3 punta de anca, 4 apófisis vertebrales)</i> .....	71
<b>Figura 7</b> <i>Puntos de referencia posterior del animal</i> .....	71
<b>Figura 8</b> <i>Punto referencial para medición de profundidad corporal</i> .....	73
<b>Figura 9</b> <i>Punto de referencia para medición de altura del animal</i> .....	74
<b>Figura 10</b> <i>Evolución de la ganancia de peso por semana de evaluación para vaconas medias</i> .....	81
<b>Figura 11</b> <i>Evolución de la ganancia de peso por semana de evaluación para vaconas fierros.</i> .....	90

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el estatus mineral de vaconas medias y fierros del ható lechero de la Hacienda "El Prado" – IASA I, donde se evaluaron dos experimentos simultáneos por 70 días, sobre dos grupos de novillas de raza Montbeliarde, siendo el grupo 1 de 15 vaconas con peso (170 – 200 Kg) y el grupo 2 de 21 vaconas con peso (200 – 300 Kg). Estas fueron divididas en tres potreros, de acuerdo al tratamiento aplicado y subdivididas en potrerillos, por su peso (medias y fierros). Los tratamientos aplicados para los dos grupos fueron: T0: manejo tradicional de la hacienda, 40 g. sal mineral comercial (3 veces a la semana / animal), T1: Sal mineral comercial (60 g/día/animal) y T2: Sal mineral corregida (60 g/día/animal). Se realizó un diagnóstico previo del eje suelo-planta-animal, el cual permitió la corrección de minerales para el T2. Se midió semanalmente el peso vivo (PV), ganancia de peso (GDP), condición corporal (CC), profundidad corporal (PC), altura a la grupa (AG), excepto la variable detección de celos, realizado únicamente para el grupo 2, dos veces por día. En el grupo 1: el tratamiento T2, otorgó mayor promedio de PV, GDP y PC, la CC tuvo una mayor puntuación con los tratamientos T1 y T2 y para AG no se obtuvieron diferencias significativas ( $p>0,05$ ). En el grupo 2: los tratamientos T1 y T2, arrojaron un mayor promedio de PV, PC y AG, el promedio más alto de GDP se logró con el T2 y para CC, no se evidenciaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ). En la detección de celos el tratamiento T2, obtuvo un 9,52% más de presencia de celos que el tratamiento T1.

**Palabras claves:** *Sal mineral, Vaconas medias y fierros, Parámetros zootécnicos.*

### Abstract

The objective of the present study was to determine the mineral status of heifers from the dairy herd of the Hacienda "El Prado" - IASA I, where two simultaneous experiments were evaluated for 70 days, on two groups of Montbeliarde heifers, being group 1 of 15 heifers with weight (170 - 200 Kg) and group 2 of 21 heifers with weight (200 - 300 Kg). These were divided into three paddocks, according to the treatment applied and subdivided into small paddocks, by their weight (group 1 and group 2). The treatments applied for the two groups were: T0: traditional farm management, 40 g. commercial mineral salt (3 times a week/animal), T1: commercial mineral salt (60 g/day/animal) and T2: corrected mineral salt (60 g/day/animal). A previous diagnosis of the soil-plant-animal axis was made, which allowed the correction of minerals for T2. Live weight (LW), weight gain (WG), body condition (BC), body depth (BD), height at rump (HG) were measured weekly, except for the oestrus detection variable, performed only for group 2, twice a day. In group 1: treatment T2, gave higher average PV, GDP and CP, CC had a higher score with treatments T1 and T2 and for GA no significant differences were obtained ( $p > 0.05$ ). In group 2: treatments T1 and T2, showed a higher average of PV, CP and AG, the highest average of GDP was achieved with T2 and for CC, no significant differences were shown ( $p > 0.05$ ). In the detection of oestrus, T2 treatment obtained 9.52% more oestrus presence than T1 treatment.

**Keywords:** *Mineral status, Heifers, Zootechnical parameters.*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

En el Ecuador el número de cabezas de ganado correspondiente a hembras de menos de un año de edad (terneras) es de 538.201 animales; vaconas de entre uno a dos años de edad se encuentran en 708.542 y mayores a los dos años (vacas) asciende a 1.559.687 animales, teniendo el mayor número de animales la región Sierra (INEC, 2018).

A principios de los años ochenta se estipuló que la base de la ganadería está fundamentada en la crianza apropiada de terneras en etapa de transición, con el objetivo de obtener vaconas listas para el servicio desde los doce hasta los quince meses de edad y que cuenten con un 40 y 50 % de su peso vivo adulto (García M. , 2016, p. 75), En un programa de manejo adecuado se incluye a la nutrición como un factor determinante del éxito de una explotación, al igual que la presencia de minerales en la dieta de los animales es fundamental; la principal fuente de éstos son el pasto, concentrado y las sales minerales como suplemento alimenticio (Bonilla y Singaña, 2019, p. 76).

El estudio de minerales en bovinos se remonta a la década de 1930 principalmente en Holanda y Estados Unidos, pero no es hasta la década de 1990 que aparecen las primeras menciones de minerales en terneras, estimando el desempeño de Ca, P y Mg en el desarrollo de éstas (Underwood y Suttle, 2010); en un estudio realizado por la Universidad de Wisconsin el año de 1993 se ejecuta un primer acercamiento de las funciones de ciertos elementos en la fisiología en hembras de

reemplazo y su correcta suplementación, además se menciona que éstos animales son la nueva generación de los hatos y se enfoca en una exposición breve acerca de los problemas relacionados con deficiencias, sin embargo, para la suplementación y formulación de sales específicas para dicha edad no se ha realizado investigaciones a gran escala especialmente en América Latina (Bohsted, 1993).

Colombia, Ecuador y Perú comparten algunas variedades de pastos y forrajes especialmente de clima frío, sin embargo, no se ha visto una exhaustiva investigación de la composición nutricional de las pasturas de altitud en esta región de América Latina (Bonifaz y Gutiérrez, 2018). De esta forma el kikuyo (*Penisetum clandestinum*) es la especie forrajera predominante en el sistema ganadero andino por lo que, una investigación realizada por la Universidad Nacional de Colombia en el año de 2015, se hace un primer acercamiento sobre el valor nutricional del kikuyo incluyendo valores estándares de contenido de minerales a una altitud mínima de 2000 m.s.n.m, indicando que este pasto tiene un valor nutricional inferior al Rye grass pero, se puede adaptar fácilmente a diversas condiciones y no requiere muchas exigencias en cuanto a fertilización y riego, además que los limitantes nutricionales se asocian a su nivel energético (1,2 a 1,4 megcal/Kg. MS) y de proteína, y puede presentar desbalances y/o deficiencias minerales (Carulla y Cárdenas, 2015, p. 52).

### **Justificación**

La disponibilidad de minerales para el ganado depende del sistema de producción, las prácticas de alimentación y el medio ambiente (Kumaresan, Pathak, y Ramesh, 2010, p. 569). La ingestión continua de dietas deficientes, desequilibradas o

excesivamente altas en un mineral induce cambios en la forma o concentración de este último en tejidos y fluidos corporales del animal (Underwood y Suttle, 2010).

En consecuencia, animales jóvenes o de recría, sufren trastornos nutricionales, condiciones leves y transitorias, difíciles de diagnosticar con certeza, inclusive deficiencias de minerales agudas, graves o enfermedades de toxicidad, caracterizadas por signos clínicos bien marcados, cambios patológicos y alta mortalidad (Underwood y Suttle, 2010). Estos pueden afectar directamente en el correcto crecimiento y desarrollo de las vaconas, llegando al punto, de que este problema resulte irreconocible por el productor (Balbuena, 2015). Se ha realizado estudios donde se han obtenido buenos resultados sustituyendo la sal comercial por un suplemento mineral compuesto, logrando aumentar la ganancia de peso, número de preñeces y disminución de abortos (Garmendia, 2012). Así mismo Bavera (2006), sostuvo que al suplementar con mezclas minerales se redujo la incidencia de enfermedades o intoxicaciones.

Por lo anteriormente expuesto, se torna relevante caracterizar el estatus mineral actual de vaconas medias y fierros de la Hacienda “El Prado” – IASA I, y a partir de las deficiencias encontradas, elaborar una sal mineral que satisfaga las necesidades que presentan éstos animales.

### **Planteamiento del problema**

Muchos factores causan deficiencias minerales en los rumiantes, entre ellos el tipo y nivel de producción, la edad, el nivel y forma química de los elementos en el alimento, así como también la raza, el tipo de potreros, el suelo, componentes de las mezclas forrajeras y adaptación del animal (Balbuena, 2015).

En el caso de las novillas de reemplazo, una de las problemáticas principales es el manejo incorrecto que se da durante el crecimiento de las mismas, pues muchos ganaderos no consideran a esta etapa como fundamental dentro del proceso de producción (Luna M. , 2011), se ha demostrado que la cría de terneras para reemplazo es el eje principal dentro de las explotaciones lecheras, pues son consideradas, como la próxima generación y por lo general tienen un potencial genético más alto que el de sus madres, razón por la cual se debe asegurar el manejo entre el nacimiento y el primer servicio de la novilla.

Es importante enfatizar también, que las sales minerales para ganado bovino lechero que se ofertan actualmente en el mercado, en su mayoría, están elaboradas específicamente para vacas en etapa de producción y en periodo seco; y las pocas casas comerciales que disponen de sales para terneras poseen una formulación estándar para edades de hasta seis meses. Además, el área de pastoreo de los animales no dispone de una buena composición botánica, siendo el kikuyo el 90% de pasto predominante en los potreros, por tal razón, la disponibilidad y asimilación de las cantidades necesarias de minerales para que los animales puedan cumplir sus requerimientos no se realiza de la manera adecuada.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Determinar del estatus mineral de vacas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda “El Prado” – IASA I.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el perfil mineral de suelo, forraje y suero sanguíneo en vaconas medias y fierros de la Hacienda “El Prado” – IASA I

- Corregir la deficiencia mineral de las vaconas mediante la elaboración de una sal mineral adecuada para esta etapa fisiológica.

- Evaluar el efecto del suministro de sal mineral corregida sobre el perfil mineral sanguíneo y los parámetros zootécnicos (peso vivo y ganancia de peso, condición corporal, profundidad corporal, altura a la grupa y detección de celo).

### **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>**= El suministro de sal mineral corregida en la dieta de vaconas medias y fierros, no tiene un efecto significativo sobre el perfil mineral sanguíneo y los parámetros zootécnicos evaluados.

**H<sub>1</sub>**= El suministro de sal mineral corregida en la dieta de vaconas medias y fierros, tiene un efecto significativo sobre el perfil mineral sanguíneo y los parámetros zootécnicos evaluados.

## Capítulo II

### Revisión de literatura

#### Suelos andinos y componente químico

La naturaleza química del suelo controla en cierta manera la disponibilidad de los minerales necesarios para el correcto desarrollo de las plantas. Es así que, la actividad química de este, depende de la cantidad de arcilla, calcio, y contenido de materia orgánica (complejo arcilo húmico). Estos parámetros dependen a su vez de las condiciones climáticas y de la edad del suelo (Bernal y Espinosa, 2012).

La fertilidad es una característica importante de los suelos pues, se conoce como la capacidad para poder suministrar nutrientes en cantidades correctas para el desarrollo normal de las plantas (Vaca, 2011). Esta resulta de una combinación de las propiedades físicas, químicas y biológicas en condiciones climáticas apropiadas (Bernal y Espinosa, 2012).

#### Interacción de minerales en el suelo

Las plantas pueden absorber elementos que se encuentran disueltos en el agua, aquellos que están retenidos no pueden ser asimilados directamente; es así que, dentro del suelo existe una clasificación de elementos: macronutrientes, nutrientes secundarios y microminerales, dentro del primer grupo se encuentra el N, P y K; en el segundo grupo encontramos al Ca, Mg y S; y dentro del tercer grupo tenemos al B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn respectivamente (García F. , 2019).

Según Zagal (2007), el nitrógeno puede encontrarse en distintas formas en el suelo, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); debido a su solubilidad se encuentra muy disponible para las plantas, aunque interacciona en forma negativa con la absorción de calcio, magnesio y potasio, de manera que el exceso de nitrato o amonio puede ocasionar la carencia de alguno de estos tres elementos.

En el caso del fósforo Crosara (2015), menciona que de forma orgánica puede encontrarse entre un 50 y 60 % en el humus del suelo y de manera inorgánica entre un 40 y 50% en las arcillas; a su vez se puede encontrar en forma de fosfato ácido ( $\text{HPO}_4$ )<sup>2</sup> o fosfato diácido ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ). Un exceso de P en el suelo ocasiona interacciones negativas con Fe, Mn, Zn y Cu; este elemento favorece la absorción de magnesio, pero se ha reportado disminución en la disponibilidad de calcio y azufre cuando se aplican grandes cantidades de fósforo (Kumaresan, Pathak, y Ramesh, 2010, p. 571).

El potasio, se puede encontrar en forma iónica ( $\text{K}^+$ ) y unido a los materiales coloidales (Sánchez A. , 2010). Existen algunos factores que afectan la disponibilidad y absorción en el suelo, como la clase de arcillas, capacidad de intercambio catiónico, fijación del K y pH del suelo (García F. , 2019). En relación con el calcio y magnesio, una carencia de potasio puede darse si se aplica en exceso de los elementos anteriormente mencionados; y a la misma vez un aumento de la cantidad de K puede dificultar la absorción de Zn (Judson y McFarlane, 2008, p. 715).

Según Mcdowell y Arthington (2005), el calcio se encuentra en cantidades variables en el suelo, los niveles muy altos de este elemento se puede encontrar en suelos áridos y calcáreos, los niveles más bajos se registran en suelos viejos de las zonas tropicales; y en el caso de suelos arcillosos estos contienen más cantidad de Ca

que los arenosos. Algunos factores que pueden afectar su disponibilidad son el pH, la capacidad de intercambio catiónico y los tipos de coloides; además que es esencialmente el catión intercambiable más dominante y por lo general ocupa entre un 70 y 90% de la CIC del suelo (García I. , 2016).

El magnesio es un elemento que tiene mucha relación con otros nutrientes, está sujeto a intercambio catiónico y se encuentra en la solución del suelo, puede ser absorbido por las superficies de las arcillas y la materia orgánica. Debido a que este no es asimilado de manera fuerte, su contenido es menor que el Ca, y puede perderse fácilmente por lixiviación (Crosara, 2015). Una deficiencia de magnesio puede darse en suelos arenosos y ácidos con baja CIC, en algunas ocasiones en suelos sódicos el Mg puede aparecer como deficiente. El porcentaje de saturación adecuado oscila entre 10-15% y su relación con el Ca debe ser entre 10-15 o menor, y con el potasio en una relación menor al rango de 2-5 (García F. , 2019).

El sodio es un elemento que se encuentra en estado combinado y en forma de sales, en climas húmedos su contenido es bajo, y si los niveles de este son altos de pueden desplazar al Ca y K. El sodio como tal no cumple funciones nutricionales dentro de la planta de hecho éstas pueden cumplir su desarrollo sin este elemento, pero si cumple funciones determinantes para los animales que consumen pastos y forrajes (McDowell, y otros, 1993).

### **Valor nutritivo de los pastos**

Según Castro (2013), los pastos tienen un contenido nutricional variado, generalmente depende de la composición química y la digestibilidad; por ello, estos dos

factores resultan ser importantes dependiendo el tipo de planta, su ciclo vegetativo, las condiciones climáticas del sitio y la fertilidad del suelo (p. 51)

Tomando en cuenta lo anterior expresado, Paladines (2010) menciona que, para que un pasto sea considerado con buen valor nutritivo debe tener algunas condiciones, entre ellas están:

- Poseer todos los nutrientes esenciales y que a su vez estén disponibles.
- Que sea agradable y tenga buena palatabilidad para el animal.
- Tener alta digestibilidad.

### **Pasturas y el aporte de minerales**

La presencia de minerales en mezclas forrajeras depende de la calidad de suelo en que se encuentren establecidos; éstos se dividen en macro minerales como el Ca, P, Mg, Na, K, S; en tanto que los micro minerales viene establecidos por el Co, Cu, I, Fe, Mn, Se y Zn (Brendon y Dugmore, 2012).

Según Fernández (2014), los forrajes aportan con diferentes cantidades de minerales, por lo que se trata de buscar fuentes de pasturas como heno o ensilado, de potreros y praderas que puedan satisfacer las necesidades de elementos en los animales (p. 14). Generalmente la sierra dispone de potreros y áreas donde las gramíneas y leguminosas crecen fácilmente, a continuación, se muestra los contenidos medios de minerales de estos grupos de plantas:

**Tabla 1***Contenido Mineral en gramíneas y leguminosas*

<b>Mineral</b>	<b>Gramíneas</b>	<b>Leguminosas</b>	<b>Contenido pasto*</b>
Calcio (Ca)	0.59 %	1.86 %	0.59 +/- 0.04
Fósforo (P)	0.33 %	0.36 %	0.34 +/- 0.06
Magnesio (Mg)	0.18 %	0.29 %	0.18-0.19 +/- 0.01
Sodio (Na)	0.23 %	0.19 %	0.34 +/- 0.14
Zinc (Zn)	32.00 ppm	55.00 ppm	42.00 +/- 3.00
Cobre (Cu)	6.00 ppm	12.00 ppm	5-10 +/- 1.00
Manganeso (Mn)			197.00 +/- 34
Cobalto (Co)	0.20 ppm	42.00 ppm	1.39 +/- 1.00
Selenio (Se)			0.04 +/- 0.00

*Nota.* Contenido de pasto: 60% gramíneas sembradas, 10% leguminosas, 30% especies espontáneas. Livestock and Land por (Casale, 2016).

Según Bernal (2012), las leguminosas como tréboles, arvejas y alfalfa son una fuente excelente de proteínas y minerales como Fe, Cu, P y Ca, a su vez resultan beneficiosas en la fijación de nitrógeno en el suelo; sin embargo estas tienen una baja cantidad de carbohidratos y poco aporte de vitamina C. En el caso de las gramíneas, tienen un contenido de carbohidratos mayor que las leguminosas, pero son pobres en cuanto a proteínas; y en cuanto a minerales aportan con calcio, magnesio y potasio, pero son escasas en fósforo. Es así que tanto Rye grass anual como perenne contienen grandes cantidades de Ca y Mg.

En zonas templadas con una altitud comprendida entre 2000 a 2800 m.s.n.m el pasto predominante es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), el mismo que es capaz de resistir pastoreos muy altos al ser muy adaptable a las zonas andinas (Benavides, 2008, p. 47). El aspecto nutricional el kikuyo está asociado a cambios fisiológicos que

relacionan la calidad del forraje, de igual manera la composición mineral presenta un rango aceptable, algunos autores mencionan que los niveles bajos de calcio, y concentraciones altas de potasio, la presencia de oxalatos y ciertos desbalances en los sinergismos entre algunos elementos en el kikuyo puede verse reflejado en el desarrollo productivo del animal (Vargas y Sierra, 2018).

**Tabla 2**

*Rangos de concentraciones minerales óptimas en pasto kikuyo*

<b>Elemento</b>	<b>Máximo</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mínimo</b>
Ca (%)	0,66	0,45	0,25
P (%)	0,56	0,38	0,19
Mg (%)	0,30	0,25	0,19
K (%)	4,95	3,13	1,30
Na (%)	0,5	0,25	0,01
S (%)	0,46	0,28	0,10
Cu (ppm)	13,00	8,00	3,00
Fe (ppm)	400	228,5	57,00
Mn (ppm)	400	238,5	77,00

*Nota.* Rangos de concentraciones propuestos por Carulla y Cárdenas (2015), Universidad Nacional de Colombia y Vargas y Sierra (2018), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia.

Las condiciones químicas y biológicas del suelo influyen directamente sobre el Ca, P, Mg, Na y Mn en los pastos. De igual manera el periodo del año hace que las concentraciones de Ca, K, P, Fe y Zn, fluctúen constantemente (Crespo y Ortiz, 2012, p. 42).

El contenido mineral en pastos se ve afectado por diversos factores como la especie forrajera, estado fenológico, condiciones climáticas y estacionales, tipo de suelo, fertilización y presencia de elementos antagonistas (Rajkumar et al., 2012), mientras que su disponibilidad biológica depende de la fuente mineral e interacciones entre los distintos elementos que componen la dieta, estos pueden limitar su absorción y predisponer a desbalances, a pesar de que su contenido en el suelo y forraje sean apropiados (McDowell y Arthington, 2005).

### **Relación mineral eje suelo - planta - animal**

En relación a los excesos minerales en el eje suelo – planta – animal, (Balarezo, y otros, 2017, p. 60), menciona que son causadas por diferentes interacciones; mismas que en el suelo resultan ser muy complejas, pues si la disponibilidad o el contenido es bajo llegará afectar el crecimiento de los forrajes y, en caso de que exista un exceso de ciertos elementos los convierte en un espacio tóxico para los pastos o a su vez, desempeñan un efecto antagónico sobre la absorción de otros. El pH tiene un control sobre la movilidad y el intercambio de iones, la actividad microbiana, disponibilidad de nutrientes y reacciones de oxidación y reducción (Crespo y Ortiz, 2012, p. 40). Existe también interacciones con la materia orgánica del suelo; pues, un exceso de la misma disminuye la absorción de algunos minerales por parte de las plantas. Las deficiencias del eje suelo – planta – animal mantienen una relación directa con otras propiedades químicas del suelo antes mencionadas y estas a su vez se relacionan con efectos negativos en la reproducción de los bovinos en pastoreo (Rodríguez, Crespo, y Torres, 2008, p. 406).

Generalmente la composición de la planta es un reflejo total o parcial de la composición del suelo; además se puede asumir que cumpliendo algunos límites la concentración sérica de minerales en el animal refleja la disposición del alimento que estos consumen, así de esta manera, se puede decir que si los suelos producen forrajes de calidad baja, se tendrá consecuentemente animales con baja conformación y rendimiento productivo (Loteró, 2009).

Algunos de los nutrientes que se encuentran en el suelo tienden a sufrir cambios ocasionados por el clima, propiedades físicas y/o químicas propias del terreno; en otras circunstancias se pueden ver afectados por remoción de tierra por las cosechas, erosión, lixiviación o por fijación de los nutrientes en formas muy poco asimilables (Donald , 2017).

Según Mcdowell y Arthington (2005), el contenido de minerales en los forrajes pueden variar con respecto a la edad de los potreros o su estado de desarrollo; por ejemplo al aumentar la edad de los pastos el contenido de Ca, P y Mg tiende a disminuir, requiriendo una corrección inmediata de la asociación forrajera o de planes de fertilización.

### **Requerimientos de minerales**

El calcio (Ca) y fósforo (P) son los más abundantes dentro del ganado de leche, un 99% de Ca y un 80% de P, por lo que el primero es esencial para la formación del tejido esquelético, transmisión de los impulsos del tejido nervioso, contracción de los músculos cardíacos y como componente de la leche (Vaquero, 2001, p. 91). Entre los síntomas de deficiencias de este elemento se puede encontrar el estupor, letargia, temblor de los cuartos posteriores y debilidades en las extremidades, huesos frágiles y

además la hipocalcemia reduce la contracción de músculos lisos como los del rumen (ZINPRO, 2015).

El fósforo está implicado en todos los procesos de pérdida o ganancia de energía, pues estos ocurren mediante la formación o destrucción de enlaces fosfato, además, cumple con el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido – básico, la formación de fosfolípidos y, en consecuencia, el transporte de ácidos grasos y formación de aminoácidos y proteínas (Hernández, 2004). Los síntomas de la deficiencia de fósforo incluyen inapetencia, falta de crecimiento, mal estado general, letargia, pérdida de peso; es así que los niveles bajos de este mineral en animales jóvenes produce raquitismo, pérdida ósea de la masa mineral y debilidad de los huesos (ZINPRO, 2015).

El calcio y el fósforo interactúan directamente, pues la absorción adecuada del primero depende de la concentración en la que se encuentre el fósforo dentro del organismo, y viceversa, la proporción recomendada de Ca/P es de 2:1 (ZINPRO, 2015).

El magnesio (Mg) con un 70% se encuentra localizado en el esqueleto, así mismo, es esencial para el metabolismo celular y digestión de las proteínas, también actúa como buffer en el rumen favoreciendo la producción de leche y su nivel graso (Fernández, 2014, p. 15). Según De Luca (2002), el Mg tiene una reacción diferente en huesos jóvenes que en huesos adultos; en el primer grupo, el esqueleto puede perder hasta un 60% en reacciones de intercambio, en el adulto, por otra parte, puede provocar tetania por la inhabilidad de movilizar Mg. Su deficiencia puede reducir el consumo de alimento, afectando la función cardíaca, el potasio y aluminio en exceso pueden reducir

la absorción de Mg, ocurriendo lo contrario con el fósforo, pues este disminuye la absorción de Mg, cuando se tienen niveles bajos de éste mineral (ZINPRO, 2015).

El potasio (K) participa en el equilibrio ácido-básico, regulación de la presión osmótica, mantenimiento del balance de agua en el cuerpo; así mismo mantiene la estabilidad de la presión sanguínea, además participa en el control de la actividad del músculo cardíaco, permitiendo una frecuencia cardíaca estable, también contribuye a la formación de las células sanguíneas y finalmente, regula la transferencia de nutrientes a través de las membranas de las células, al formar parte de los ribosomas, (Villanueva, 2011).

Algunos síntomas de deficiencia de potasio pueden presentarse como: reducción del consumo de alimento y disminución del peso corporal, los animales pueden estar profundamente débiles o permanecer caídos con debilidad muscular generalizada. Respecto a las interacciones, se relaciona con el Cl y Na y cuando se encuentra en niveles elevados reduce la absorción de Mg (ZINPRO, 2015).

El sodio (Na) en la nutrición es muy usado de forma que, solo muy pequeñas cantidades se encuentran almacenadas para disponibilidad inmediata, por lo cual la adición de este elemento en la ración alimenticia mejora el rendimiento del animal, sobre todo, cuando existen excesos de otros minerales como el cloro; de igual manera mantener una adecuada proporción de sodio y potasio, es una condición indispensable para el correcto funcionamiento del corazón y sistema nervioso; la principal función que cumple este elemento dentro del organismo es de mantener la presión osmótica y regular el equilibrio ácido – básico (Vaquero, 2001, p. 89).

Síntomas de deficiencia incluyen, depresión del apetito, pelaje reseco y quebradizo; en cuanto a excesos, provoca irritación gastrointestinal y disfunción del sistema nervioso, también se puede presentar vómito, diarrea, dolor abdominal y poliuria, niveles en la dieta superior al 7% de éste mineral se consideran tóxicos (ZINPRO, 2015).

El sodio mantiene una relación directa con el potasio, al formar parte de la bomba Na-K ATPasa, que convierte la energía química del ATP, trasladando iones sodio desde el interior de la célula e intercambiando potasio del exterior de la célula, lo cual mantiene el equilibrio extra e intercelular, influyendo en procesos de absorción en el riñón o en el intestino y la excitabilidad en el músculo (McLean y Bissonnette, 2009). El cloro por otra parte, tiene una relación fuerte con sodio y potasio al mantener una fuerte diferencia entre los iones; según ZINPRO, (2015) entre las funciones más importantes que cumple este mineral se encuentra la de mantener la presión osmótica y regular el equilibrio ácido – básico, así mismo a nivel celular participa en el metabolismo de agua y la absorción de nutrientes. Es muy poco probable la deficiencia de este último dentro del ganado en pastoreo, pues resulta esencial para el desarrollo de las plantas y se encuentra en niveles adecuados. Se pueden presentar un exceso de cloro, al restringirse el consumo de agua, aunque este se encuentre en niveles bajos dentro de la dieta, así mismo cuando existe un estrés calórico en el animal se incrementan los requerimientos de este mineral (ZINPRO, 2015).

Dentro de los micro minerales, el zinc (Zn) ,está implicado en varios procesos enzimáticos, forma parte de la calcificación de los huesos, además fomenta el desarrollo de los órganos reproductores y es importante en la fabricación del colágeno que engruesa la piel y fortalece el pelo, cuernos y pezuñas. Mantiene en buen estado el

sistema inmune, además de incrementar el sentido del gusto y el olfato (Gómez y Fernández, 2016).

La deficiencia de zinc, puede producir huesos engrosados y quebradizos, reducción de las tasas de crecimiento, disminución de las tasas de concepción, deficiencias en la respuesta inmune, retraso en los procesos de cicatrización y paraqueratosis, animales letárgicos (Bhalakiya, Haque, y Pratik, 2019, p. 6). Algunas afecciones que se pueden presentar exceso de este mineral en la dieta, son artritis, fiebre de leche, así como también puede inducir a una deficiencia de cobre, que puede causar infertilidad, anestro y problemas en la integridad de las pezuñas (Botacio y Garmendia, 1997, p. 245). Según ZINPRO, (2015) el calcio y aluminio, compiten con el zinc para su absorción y se puede encontrar un ligero antagonismo de este con el hierro y el cobre.

Por otra parte la digestibilidad de selenio (Se) es baja (11%), esto se debe a que en el rumen se reduce a una forma muy poco asimilable. Actúa en diferentes funciones corporales, como el crecimiento, reproducción, la prevención de enfermedades y la integridad de los tejidos. Con respecto al metabolismo, el selenio está fuertemente ligado a la vitamina E, pues ambos están encargados de proteger las membranas celulares contra la degeneración y muerte de los tejidos, actuando como antioxidantes (Luna M. , 2011). La intoxicación por selenio, produce enfermedad alcalina, caracterizada por presentar cirrosis hepática, claudicación y pezuñas débiles y deformes. La presencia de altos niveles de Ca (>0,8%) puede interferir en la absorción de Se.

El Cobre (Cu) forma parte de numerosas enzimas que intervienen en reacciones metabólicas oxido reductoras, como la ferroxidasa que convierte el hierro ferroso en hierro férrico, contribuye a la movilización del hierro por medio de la transferrina, para ser transportado a órganos de depósito como la médula ósea donde se utiliza para la eritropoyesis y consecuente biosíntesis de hemoglobina (Luna M. , 2011). La deficiencia de Cu deprime la inmunidad mediada por células, si se presenta niveles bajos puede ocasionar anemia y pelaje hirsuto con desvanecimiento del color y manchas de decoloración alrededor de los ojos. (Morales y Ramírez, 2014).

Finalmente, el hierro (Fe) se encuentra en casi todas las células del organismo y forma parte de diversas reacciones bioquímicas como componente de enzimas. Se lo caracteriza por el ser el encargado de transportar oxígeno y electrones (Luna M. , 2011). En animales adultos es poco común que se presente una deficiencia de este nutriente, pero en animales jóvenes es muy común, los síntomas son anemia, reducción del apetito, dificultad respiratoria, estupor y reducción en la respuesta inmune.

La intoxicación por Fe, puede producir deficiencia de Co, Cu, Mn, Se y Zn, por lo contrario si existe un consumo excesivo de estos, disminuye la absorción de Fe (ZINPRO, 2015).

Las concentraciones de los minerales a nivel de sangre en animales se encuentran desglosados a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 3***Composición mineral en muestra de suero sanguíneo*

<b>Mineral</b>	<b>Concentración</b>
Calcio	9,5 – 12,5 (mg/dl)
Fósforo	5 a 8 (mg / dl) para bovinos en crecimiento; 4 a 6 (mg / dl) para animales adultos. 6 a 8 (mg/dl) niveles máximos en sangre para animales jóvenes.
Magnesio	1,57 – 2,0 (mg/dl). Para animales en crecimiento
Cobre	0,55 – 1,55 (mg/L).
Zinc	0,8 – 2,0 (mg/L).
Selenio	0.18 g / ml
Sodio	304 – 512 (mg/dl)
Cloro	90 y 110 (mEq / L)
Potasio	13 – 20,5 (ppm)
Hierro	1,46 (mg/L).

*Nota.* Valores referenciales de concentraciones de minerales en sangre para bovinos en crecimiento. Nutrient requirements of dairy cattle por National Research Council (2001).

Así mismo existen requerimientos de consumo para terneros y vaconas que se encuentran en crecimiento, a continuación, se detallan estas necesidades en consumo de minerales gramos/día:

**Tabla 4***Necesidades minerales de terneros y novillas de recría*

<b>Peso vivo (Kg)</b>	<b>V. crecim (g/día)</b>	<b>P (g/día)</b>	<b>Ca (g/día)</b>	<b>Mg (g/día)</b>	<b>K (g/día)</b>	<b>Na (g/día)</b>
100	600 – 1200	9-16	15-28	1	8	3
150	600 – 1400	11-19	18-38	-	-	-
200	500 – 700	11-13	18-23	2	14	5
250		14-16	21-26	-	-	-
300		15-19	20-29	3,6	20	6,5
350		18-23	22-33	-	-	-
400	300 – 700	21-27	25-36	5	26	8
450		23-29	29-41	-	-	-
500		26-31	33-46	6,5	32	9

*Nota.* Ingesta recomendada de minerales obtenido de: Mundo ganadero. Necesidades Minerales en terneros y novillas. Por Fernández (2014).

### **Minerales en la reproducción**

La pubertad así como la madurez sexual son etapas en el desarrollo relacionadas directamente con el peso, edad y raza; una novilla a su primer parto debe tener entre el 50 y 55% de su peso corporal adulto (Bavera y Bocco, 2017).

Según Field (2015), el peso es el factor de mayor incidencia sobre la pubertad de las novillas, por tal razón se debe establecer metas de pesos al servicio y desarrollar un programa de alimentación para permitir que las novillas alcancen el peso meta con una buena condición corporal.

La suplementación de novillas, dependerá de la edad al primer parto establecida por el productor, así como de la capacidad de inversión que éste disponga. Lo

importante es destacar que el programa de nutrición debe ser práctico al momento de su implementación y económico en utilización de insumos. La mala administración a través de la alimentación excesiva o insuficiente durante las fases críticas afectará negativamente la productividad de por vida (Field, 2015).

Según Jones (2013), elaborando de una dieta con una concentración adecuada de elementos, se puede lograr un incremento en celos y en tasas de concepción (p. 291). Sin embargo, así como las deficiencias pueden causar alteraciones hormonales y problemas fisiológicos, la ingesta de elementos en exceso puede provocar retraso de la pubertad, disminución de las tasas de concepción e interferir con el ciclo de ovulación normal al disminuir la secreción de gonadotropina y aumentando la infertilidad (Bhalakiya, Haque, y Pratik, 2019, p. 9)

El calcio es uno de los elementos más importantes dentro de la reproducción, sus niveles bajos conducen a un retraso en la involución uterina, aumenta las posibilidades de retención de placenta, distocia y mayor incidencia de prolapso uterino (Jones, 2013, p. 295).

En el caso del fósforo Casale (2016), menciona que el estado reproductivo del animal decae completamente llegándose a detectar una disminución de la actividad ovárica y tasas de concepción bajas. El potasio en cambio puede conducir a un retraso en el inicio de la madurez sexual, demora en la ovulación, mala calidad del cuerpo lúteo y alta tasa de anestro en vacas (Kumar, 2017).

En términos generales las deficiencias o excesos de minerales en los forrajes y suelos, son responsables problemas reproductivos de vacas en pastoreo, específicamente bajos porcentajes de preñez, y en el caso de hembras primerizas al momento del parto pueden ocasionar la muerte de la cría o a su vez, inducir abortos no infecciosos (Gutiérrez, 2015).

### **Importancia económica**

Cuando el aporte de minerales no es el adecuado, se producen importantes pérdidas económicas, ya que una suplementación inadecuada de minerales, está relacionada con bajos porcentajes de parición, menor ganancia de peso, mayor incidencia de enfermedades infecciosas, fracturas espontáneas, deformación de huesos, edades al servicio tardías, entre otros (Odeón y Gamietea, 2008, p. 35). Otra problemática son los suelos pobres, pues producen pasturas de baja calidad, afectando a la productividad y reproducción teniendo como resultado concepciones por debajo del 45% y abortos; por todo esto la suplementación de minerales es de suma importancia, logrando que el productor pueda mejorar su economía logrando recuperar el costo - beneficio a un corto y largo plazo (Ceballos, Villa, Betancourth, y Roncancio, 2004, p. 49).

Según Córdova (2002), tan solo en Estados Unidos se han estimado pérdidas de 50 USD por animal, por cada día abierto que se aumenta, disminuyendo el número de crías por año, consecuentemente los porcentajes de preñez y destete llegan a 48 y 45%, ocasionando pérdidas económicas, al incrementar los costos de producción (Gómez, Del Campo, y González, 2019). En un estudio realizado por Sánchez, (2000), se determinó que una vaca que sufre fiebre de leche (hipocalcemia), enfermedad muy común dentro de los hatos lecheros, produce 14% menos que una vaca sin esta enfermedad, así un ganadero que posee un hato de 60 vacas en ordeño, que producen en promedio 5600 kg/animal/lactancia y tiene una incidencia del 20% de la enfermedad, sus pérdidas anuales por este concepto serían de alrededor de 1200 USD.

### **Diagnóstico de las deficiencias minerales y su efecto en el manejo del hato**

Los exámenes bioquímicos en sangre, análisis químicos del forraje que consumen y muestras de suelo, son los que van a determinar un diagnóstico de situación para determinar las deficiencias minerales en animales (Hall, 2019). La suplementación mineral no se debe realizar, sin antes tener un diagnóstico de situación y la certeza de los desequilibrios minerales presentes en el hato (Judson y McFarlane, 2008, p. 719).

### **Muestreo del eje mineral**

Las muestras sanguíneas en bovinos se deben tomar mediante punción en la vena coccígea o extraído de la yugular, ser almacenadas en tubos apropiados para su transporte y al ser analizadas en laboratorio se debe trabajar preferentemente con suero, debido a que los anticoagulantes interfieren en las posteriores determinaciones químicas (Cháves, 2016).

Las muestras de pasto permiten el cálculo de materia seca y consumo por animal, la obtención de las mismas debe ser del área destinada para pastoreo de los animales, sin raíces y a la altura que come el animal (Hall, 2019). Así mismo Zagal y Sadzawka (2007), establecieron que para procesar muestras de suelo tomada de potreros se debe procurar que éstas sean de una profundidad mínima de 30 cm, que no exista raíces de mayor tamaño, ni piedras de gran calibre; el proceso de secado e incinerado de las muestras en laboratorio es fundamental para lograr un encapsulamiento de los elementos, así mismo la aplicación de los diferentes reactivos hará que los minerales evaluados se encuentren disponibles para su lectura en el equipo de espectrofotometría.

## **Vaonas medias y fierros**

### **Cría de vaonas medias y fierros**

La recría de terneras y vaonas es una parte esencial dentro de una finca ganadera, ya que todo el manejo que se otorgue en las etapas tempranas marcará y definirá su buen desempeño reproductivo y productivo futuro. Sin embargo, las vaonas al igual que las hembras de otras etapas, demandan un área de pastoreo, gastos e inversión en sanidad y alimentación, por lo que no generan ingresos hasta que éstas ingresan a su primera lactancia o a la venta del animal, razón por la cual no reciben normalmente tanta atención como las vacas en producción (Mendoza y Acosta, 2014, p. 33).

Considerando que el manejo de las vaonas medias y fierros es de gran importancia, el ganadero debe proveer una buena mezcla forrajera en los potreros, suplementos y sales minerales. La crianza es a partir de los seis meses hasta los dieciséis o dieciocho meses para que estas puedan alcanzar su peso y desarrollo óptimo para el primer servicio (Fierro y Sánchez, 2012, p. 67).

Para asegurar una alimentación adecuada es primordial tener un buen estado de los potreros, si estos son de buena calidad nutricional, el rendimiento futuro aumentará, y los costos de producción se reducirán. Para ello es esencial un programa de fertilización acorde a la época del año así como una buena planificación forrajera, el alimento no debe escasear en esta edad pues tienden a aumentar considerablemente su peso, así como su desarrollo corporal (Frasinelli, 2014).

No solamente se debe tomar en cuenta la cantidad y calidad del forraje, sino, mantener en buen estado los potreros, acondicionar las cercas, eliminar cualquier foco

de contaminación tanto para las áreas de pastoreo como para los animales. El manejo dentro de los potreros debe ser similar al realizado con las vacas de producción, una correcta rotación de potreros, así como la ingesta de la cantidad correcta de pasto garantiza un buen crecimiento de los animales (Mendoza y Acosta, 2014, p. 34).

Otro aspecto importante en la crianza de vaconas es mantener su estatus sanitario, un hato saludable reduce la presencia de enfermedades y asegura una reducción en gastos para el productor, por ello la planificación correcta del calendario de desparasitaciones, aplicación de vitaminas y vacunaciones resulta tan importante para esta etapa como para el resto del hato (Morales y Ramírez, 2014).

### **Crecimiento**

El crecimiento comprende el aumento de tejidos estructurales como huesos y músculos; durante esta etapa el cuerpo cambia a un ritmo diferente y esto hace que los requerimientos varíen de acuerdo a su edad y grado de desarrollo (Lanuza, 2017).

De acuerdo con Almeyda (2013), la nutrición de los animales, está basada en la composición nutritiva de los alimentos; por tal razón existen parámetros que los animales deben cumplir de acuerdo a los estándares de talla y peso por edad para vaconas medias y fierros, como a continuación se muestran:

**Tabla 5**

*Estándares de peso y talla generales para terneras, vaconas medias y fierros*

<b>Edad (meses)</b>	<b>Perímetro torácico (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Altura a la cruz (cm)</b>
Nacimiento	72.5	42.5	72.5
2	90.0	72.7	85.0
6	125.0	177.3	105.0
12	155.0	318.2	120.0
14	161.0	354.5	122.5
16	166.2	386.4	125.0
18	170.0	413.6	127.5
24	183.7	513.6	135.0

*Nota.* Parámetros zootécnicos para animales en crecimiento. Manual de manejo y alimentación de vacunos. Por: Almeyda (2013).

De la misma manera existen parámetros de ganancia de peso y condición corporal que los animales deben alcanzar a diferentes edades, esto garantiza un desarrollo adecuado tanto de la glándula mamaria como complemento en su desarrollo corporal, y de la misma manera evita problemas de partos distócicos en el primer servicio (Almeyda, 2013).

**Tabla 6**

*Valores recomendados de incremento de peso y condición corporal para hembras en crecimiento*

<b>Edad (meses)</b>	<b>Peso vivo (kg)</b>	<b>Incremento de peso (kg/día)</b>	<b>Condición corporal (cc)</b>
Nacimiento	42	-	-
2	73	0.5-0.7	2.25
6	177	0.770	2.25
12	318	0.780	2.75
15	370	0.780	3.00
24	514	0.600	3.50

*Nota.* Indicadores de desarrollo para vaquillas en crecimiento. Manual de manejo y alimentación de vacunos. Por: Almeyda (2013).

### **Sales mineralizadas**

Las sales minerales son una mezcla de macro y micro elementos, mismos que el animal requiere para su correcto desarrollo y productividad, esta se encuentra diseñada para complementar los requerimientos diarios de los animales y por lo general contienen: calcio, fósforo, sodio, magnesio, azufre y micro elementos como: selenio, zinc, cobre, cromo, cobalto y manganeso. También es importante decir que los forrajes al igual que los concentrados, no aportan la totalidad de elementos necesarios que el hato necesita para un correcto desarrollo corporal y fisiológico (Salazar, 2015).

Según Rossa y Mattioli (2017), las ventajas del consumo de sales minerales en los bovinos son: mejora el crecimiento y desarrollo, estimula el apetito y mejora la conversión alimenticia, desarrolla una mayor resistencia a enfermedades, previene enfermedades carenciales, mejora el comportamiento productivo, bajos niveles de

mortalidad, mayores ganancias de peso, aumento de persistencia y cantidad en la producción de leche. En el comportamiento reproductivo aumenta el porcentaje de natalidad, disminución del número de días abiertos, mayor fertilidad, fecundidad y disminución de abortos.

En cualquier explotación ganadera, ya sea ésta destinada a la producción de leche o carne, es recomendable el uso de sales o suplementos minerales, pues estos cumplen funciones importantes en la nutrición y metabolismo del ganado. Es importante que la calidad del suplemento mineral coincida con las necesidades de los animales del hato y que de igual manera se tome en cuenta el contenido de elementos en forraje y agua (Gutiérrez, 2015).

### **Composición y características de la sal mineral**

Una vez identificado el tipo de deficiencia mineral, sea este de origen primario (el aporte mineral no satisface los requerimientos mínimos del animal) o secundario (el aporte mineral es el adecuado, pero no está disponible para el animal por diversas causas), se determina el tipo de suplementación adecuado, para lo cual es importante tener en cuenta que cada explotación tiene necesidades diferentes; en el caso de realizar aportes para macro elementos (P, Ca, Mg, Na, K), éste será exclusivamente por vía oral, únicamente se utilizará la vía inyectable para recuperar animales caídos (Cseh, 2003, p. 181).

Según ZINPRO (2015), una mezcla mineralizada está formada de algunos tipos de minerales traza estándar como: quelato metal-aminoácido, metal- proteínato, complejo metal-polisacárido y metal- propionato. Sin embargo en su mayoría las sales están compuestas por un performance de los minerales traza estándar, los mismos que

se clasifican de dos formas: el primero es un complejo de un metal junto a un aminoácido específico como por ejemplo el zinc y la metionina; y el segundo es un complejo de un metal y un aminoácido general; ésta estructura de unión en proporción 1:1, protege al elemento mineral de sus antagonistas facilitando su absorción, además ésta estructura también contribuye al mejoramiento del desempeño del animal (ZINPRO, 2015).

### **Materias primas y oferta de sal**

Para la elaboración de una sal mineral, se debe considerar la calidad de las fuentes que se utilizará, éstas deben caracterizarse por: su alta biodisponibilidad, ser libres de elementos tóxicos y poseer un alto grado de pureza. Para no alterar la proporción de minerales y para evitar la segregación de partículas durante el proceso de mezclado, se debe tomar en cuenta la presencia de elementos higroscópicos en la mezcla y la granulometría de las fuentes minerales; una vez determinado la corrección mineral adecuada para el hato, se deberá realizar un seguimiento bioquímico y productivo, para asegurar la efectividad del mismo (McDowell, y otros, 1993).

Según Rosero y Posada (2016), la mezcla final debe aportar como mínimo entre el 3 y 4% de fósforo, por lo que se recomienda tener una relación de calcio:fósforo entre 1:1 o 2:1. Además, se debe suplir mínimo el 50% del requerimiento de micro minerales, y como fuente importante se debe incluir entre el 25 y 50% de cloruro de sodio para mejorar la palatabilidad y el consumo.

Para vaconas, Albornoz (2016), señala que la oferta del suplemento mineral debe ser diario o cada dos días, en una dosis de 70 a 80 gramos/día. durante todo el año; pero si por cualquier razón no fuera posible adquirir cualquier suplemento mineral,

la compensación se la debe hacer cuando exista una oferta abundante de forraje tanto en cantidad como en calidad, tomando en cuenta que los niveles de proteína y energía sean elevados y la producción se vea limitada exclusivamente a la falta de minerales.

En épocas de crisis forrajera, el manejo de la suplementación debe ser más riguroso llegando a ofertar casi el doble de la dosis normal (McDowell, y otros, 1993). Los suplementos minerales pueden ofrecerse en forma de bloques, sal o inclusive en forma líquida; de éstas tres opciones la menos recomendada es la primera ya que en su mayoría son demasiado duros y su consumo se limita a cantidades muy pequeñas por cada animal (Crespo y Ortiz, 2012, p. 42). Es recomendable que la suplementación sea en forma grupal, con un correcto manejo de pequeñas instalaciones como saladeros portátiles, los mismos que tengan las dimensiones adecuadas para que los animales puedan acercarse fácilmente; estos deberán ser colocados en lugares donde no exista corrientes de viento fuertes o expuestos a la lluvia, estos dos últimos aspectos promueven pérdidas considerables de suplemento (Luna V. , 2013).

Además, se debe considerar que si la sal se encuentra expuesta a la humedad, puede modificar el consumo de minerales ya que algunos de ellos se pierden por solubilización, pero a su vez se endurece y se hace difícil su consumo; para evitar estos inconvenientes es preferible usar saladeros techados (Gutiérrez, 2015).

## Capítulo III

### Materiales y métodos

#### Ubicación del área de investigación

#### Ubicación Geopolítica

El área de investigación se ubicó en la provincia de Pichincha, parroquia Sangolquí, barrio San Fernando, dentro de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1- Hacienda "El Prado", en las siguientes coordenadas  $0^{\circ}23'07''$  S,  $78^{\circ}24'53''$  O y altura de 2748 m.s.n.m.

#### Figura 1

*Lotes designados para pastoreo de vaconas medias y fierros*



*Nota.* Mapa de ubicación de la Hacienda "El Prado". Obtenido de: Google maps (2019).

#### Ubicación ecológica

La estación agro-meteorológica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, otorgó los siguientes datos pertenecientes a la Hacienda "El Prado", la misma que se

encuentra ubicada en un piso altitudinal: montano bajo, con un clima templado, temperatura promedio de 14.2 °C, una precipitación promedio de 1575 mm anuales, humedad relativa de 68.4% y doce horas de luminosidad.

## **Materiales**

### **Minerales en suelo y forraje**

Para la toma de muestras de suelo y forraje en campo se utilizó un barreno, azadón, barra de hierro, machete, oz, un cuadrante metálico (1x1), fundas ziploc y un rotulador. Dentro del laboratorio los materiales usados fueron una estufa de secado (WHL- 25AB), tres tamices metálicos (1", 3/4", y 1/2"), dos bandejas metálicas, una mufla de incineración (FUMACE 1500), pinzas metálicas, una balanza digital de precisión (Ohaus Trooper RS232), un molino centrífugo (ZM 200- RETSCH), 5 vasos de precipitación de 50 ml, una probeta de 50 ml, cinco matraces aforados de 500 ml, una caja de papel filtro, tubos de centrifuga, un espectrofotómetro de absorción atómica por flama y un espectrofotómetro UV- Visible. Los reactivos empleados fueron carbón activado Norit GCN 6X12 G, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, óxido de lantano, ácido clorhídrico y agua destilada.

### **Análisis séricos, manejo de potreros y oferta de sal.**

Para la toma de muestras sanguíneas se usó un cooler de capacidad 15 litros, dos refrigerantes, 50 tubos sin anticouagulante (tapa roja), una gradilla plástica, 50 agujas vacutainer, guantes, algodón, yodo, identificadores de pata (amarillos y rojo) y un rotulador. Para la adecuación de potreros y caminos se necesitó un rollo de alambre de púas 1000 m, 20 postes plásticos, grapas metálicas, espadines, cinta electroplástica de 500 m, martillo, sacabocado y una barra de hierro. El suministro de sal a los animales

se lo hizo utilizando seis saladereos plásticos de capacidad de 21 litros, una balanza electrónica, fundas ziploc y cuatro botes plásticos de capacidad 5 litros.

## **Métodos**

### **Determinación minerales en suelo**

Para el análisis mineral del suelo, se escogieron al azar cinco potreros dentro del área experimental y con la ayuda de un barreno se tomó una muestra de 100 g por potrero, las cuales fueron homogenizadas en una sola muestra de 500 g.

La determinación de los macro minerales se realizó en el laboratorio de Bioquímica y Suelos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1. De cada muestra de 500g se efectuaron tres repeticiones; estas fueron secadas al ambiente por 24 horas, en bandejas metálicas hasta alcanzar un grado de humedad menor, permitiendo una fácil desintegración de los terrones; el tamizado triple se realizó con tambores de 1", 3/4" y 1/2" de diámetro de malla. Para la determinación del contenido de metales (calcio, sodio, potasio y magnesio), se secaron las muestras a una temperatura de 105 °C por 24 horas, posteriormente, se las incineró a 600 °C por 2 horas, después de transcurrido este tiempo, se realizaron las diluciones, utilizando 3g de cada muestra en un matraz aforado, utilizando papel filtro, consecutivamente se colocó 10 ml de cada muestra en los tubos de centrífuga y fueron llevadas al espectrofotómetro de absorción atómica para dar lectura a los niveles de minerales. La determinación de fósforo se lo hizo mediante el método Olsen, donde se tamizó y pulverizó las muestras siguiendo el protocolo anterior, además se las sometió a una solución extractante (ácido clorhídrico), en la cual se añadió 0,2g de carbón activado, seguido de esto se agregó 1 ml de hidróxido de sodio y 1 ml ácido sulfúrico en cada muestra respectivamente, se dejó en reposo por 30 minutos para detectar el cambio de color y finalmente se colocaron las

muestras en el equipo de espectrofotometría UV- visible, del cual se obtuvo las concentraciones de fósforo disponible (Zagal y Sadzawka, 2007).

### **Determinación minerales y materia seca en forraje**

Con ayuda de una hoz se tomó una muestra de 40 g de forraje de cada uno de los cinco potreros escogidos al azar, posteriormente se homogenizó teniendo un total de 200 g de pasto.

La determinación de minerales en el forraje se lo realizó en el laboratorio de Bioquímica de la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1. Una vez obtenidas las muestras en campo se separaron y colocaron los 200 g en una funda de papel, cada muestra fue rotulada respectivamente. Luego se procedió a realizar el secado del pasto en la estufa por 24 horas, a una temperatura de 68°C. Una vez secas las muestras se las colocó en un molino y se pulverizó hasta obtener una mezcla homogénea. Se pesó cerca de 50 g de pasto pulverizado y se colocó en la mufla a una temperatura de 265°C por tres horas para obtener las cenizas. Después de obtener las cenizas, se colocaron en un papel filtro previamente situado en un matraz aforado, a su vez con una piseta se diluyó con agua destilada las cenizas hasta aforar el matraz (Carulla y Cárdenas, 2015, p. 61)

Para realizar la lectura de sodio y potasio se colocó en los tubos de centrífuga 9 ml de óxido de lantano y 1 ml de la muestra previamente diluida; para el análisis de calcio y magnesio, se tomaron 0.5 ml de la muestra diluida y se añadieron 9.5 ml de óxido de lantano; además se realizó la lectura de fósforo, para esto se colocó 1 ml de la muestra diluida y 9 ml de agua destilada, todas las muestras se colocaron en el

espectrofotómetro UV- Visible y se tomó lectura de los niveles de minerales en el pasto (Cháves, 2016).

### **Materia Seca**

Para la obtención de materia seca, se utilizó el protocolo de Weende mencionado por Ureña (2018), en donde se tomó una muestra de 200 g de pasto de cada uno de los cinco potreros, estos fueron llevados a la estufa a una temperatura de 100 °C, por 24 horas, una vez secas las muestras, se pesaron y se obtuvo el porcentaje de materia seca, mediante el siguiente cálculo:

$$\%MS = \left( \frac{MS}{MF} \right) \times 100$$

$$\%Humedad = 100 - \%MS$$

Donde:

%MS: Porcentaje de materia seca

MS: peso de la muestra seca

MF: peso de la muestra en fresco

### **Análisis de minerales en sangre**

La toma de muestras de sangre se realizó en el área de ganadería, donde se seleccionaron al azar siete vaconas medias con un peso promedio entre 170 y 200 kg y cinco vaconas fierros entre 200 y 300 kg; las hembras seleccionadas fueron ingresadas a la manga e inmovilizadas, se procedió a limpiar con yodo el área de extracción, una vez limpio se tomó una muestra de aproximadamente 10 ml de sangre de la vena coccígea, ésta se almacenó en un tubo de vidrio sin anticoagulante, las muestras fueron

etiquetadas con los números de aretes respectivos y se colocaron en una gradilla con un inclinación de 45° dentro de un cooler, manteniéndolas a una temperatura de 4°C y posteriormente fueron enviadas al laboratorio de diagnóstico veterinario (VETELAB), donde se establecieron los resultados del análisis de macro minerales.

### **Adecuación potreros**

El hato se rige a un plan de rotación de potreros propio de la Hacienda, diseñado en treinta y seis potreros o lotes, de los cuales cinco han sido designados para el pastoreo de las vaconas en el sector de la Granja Integral, los mismos que cuentan con: lote 1 (3,4 ha); lote 3 (2,0 ha), lote 5 (3,9 ha), lote 6 (1,5 ha), lote 10 (1,8 ha); previamente se evaluó el estado de los potreros establecidos para pastoreo de los animales, aquellos no contaban con cerca eléctrica, se procedió a delimitar con postes y alambre de púas; así mismo se adecuó el camino central con la instalación de los espadines de plástico y la cinta electro plástica, simulando un camino cercado.

### **Clasificación de animales**

Para el estudio, se realizó la selección de animales, para lo cual se pesaron 38 hembras de reemplazo, teniendo: 15 vaconas medias (grupo 1) con un peso entre los 170 kg y 200 kg, identificadas con cintas de color amarillo; 21 vaconas fierros (grupo 2) con un peso comprendido entre 200 kg y 300 kg, identificadas con cintas de color rojo, con estos dos grupos de animales se realizó la evaluación por un periodo de 70 días. Con respecto al uso de los potreros, los animales de cada grupo fueron divididos de la siguiente manera:

Grupo 1 (vaconas medias): 5 vaconas medias (T0), 5 vaconas medias (T1) y 5 vaconas medias (T2).

Grupo 2 (vaconas fierros): 5 vaconas fierros (T0), 5 vaconas fierros (T1) y 5 vaconas fierros (T2).

Las novillas fueron separadas en un potrero individual por tratamiento (T0, T1 y T2) y subdivididas en potrerillos, por el grupo al que pertenecen (grupo 1 y grupo 2), cada potrero posee como forraje principal el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

### **Diseño Experimental**

El único factor en estudio fue el tipo de sal ofertada (sal comercial y sal corregida).

### **Tratamientos**

T0: Tratamiento testigo (manejo tradicional de la hacienda), 40 g. sal mineral comercial (3 veces a la semana / animal).

T1: Sal mineral comercial (60 g/día/animal).

T2: Sal mineral corregida (60 g/día/animal).

La sal se suministró en saladeros plásticos de capacidad de 21 litros, previamente se estableció una semana de adaptación para los animales del tratamiento 2, ésta se lo realizó previo al inicio de la suplementación, de la siguiente manera:

- Día 1 y 2: 25% de la sal corregida (15 g/animal/día) y 75% de la sal comercial sin corregir (45 g/animal/día).

- Día 3 y 4: se dividió en cantidades iguales 50% de la sal corregida (30 g/animal/día) y 50% de la sal comercial sin corregir (30 g/animal/día).

- Día 5 y 6: se ofreció 75% de la sal corregida (45 g/animal/día) y 25% de la sal comercial sin corregir (15 g/animal/día).

- Día 7: se ofreció la ración completa de la sal corregida (60 g/animal/día).

### **Tipo de diseño**

Se realizó un experimento para cada una de las etapas fisiológicas de los animales en estudio, donde se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), y en cada uno de ellos se evaluaron dos tratamientos y un testigo. Para el grupo de vaconas medias, se establecieron cinco repeticiones y para el grupo de vaconas fierros, siete repeticiones. En los dos experimentos las hembras pertenecientes al tratamiento testigo (T0), recibieron la dosis de sal comercial, establecida por la Hacienda (40 g sal comercial / 3 veces a la semana / animal); las hembras del tratamiento uno (T1), fueron suplementadas con 60 g/día de sal mineral comercial y aquellas hembras del tratamiento dos (T2) recibieron 60 g/día de sal mineral corregida, durante los 70 días que duro el estudio.

### **Características de la unidad experimental**

Las unidades experimentales se establecieron de la siguiente manera:

- Experimento 1: vaconas medias, del cruce Montbeliarde, de 6 a 12 meses de edad, con un peso entre 170 y 200 kg.
- Experimento 2: vaconas fierros, del cruce Montbeliarde de 12 a 16 meses de edad con un peso entre 200 y 300 kg.

## Croquis del diseño

### Figura 2

*Croquis experimento 1 (vaconas medias)*

T0	T1	T2	T0	T1
T2	T0	T2	T1	T2
T1	T2	T0	T0	T1

### Figura 3

*Croquis experimento 2 (vaconas fierros)*

T1	T2	T2	T0	T1	T2	T0
T0	T2	T1	T0	T2	T1	T2
T1	T0	T1	T1	T0	T2	T0

## Análisis estadístico

Los experimentos se realizaron bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij}, \text{ donde:}$$

$Y_{ij}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$S_j$  = efecto del i-ésimo tipo de sal

$e_{ij}$  = Error experimental

## Esquema de análisis de varianza

**Tabla 7**

*Esquema de análisis de varianza para el experimento 1*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	2
Error	12
Total	14

**Tabla 8**

*Esquema de análisis de varianza para el experimento 2*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	2
Error	18
Total	20

## Coeficiente de variación

Para calcular el coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{x}} \times 100; \text{ donde:}$$

CV: Coeficiente de variación

CME: Cuadrado medio del error

X: Media

### Diagnóstico previo eje suelo - planta - animal

Se realizó el análisis de resultados de las muestras de suelo (Tabla 9), forraje (Tabla 10) y animales (Tabla 11); las mismas fueron cotejadas con estudios similares realizados a una misma altitud y con un manejo de lotes similar al de la Hacienda. Posteriormente se estableció la relación de los elementos dentro del triple eje, tomando en cuenta la movilidad en el complejo suelo, la capacidad de absorción del pasto (*Pennisetum clandestinum*) y por último la disponibilidad de los elementos para consumo del animal.

**Tabla 9**

*Concentración de minerales en muestras de suelo de la Hacienda “El Prado”*

<b>Variable</b>	<b>LC <sup>1</sup></b>	<b><math>\bar{X} \pm DE</math></b>
MO (%) <sup>2</sup>	5%	4,07 ± 0,67
pH <sup>2</sup>	< 6	6,22 ± 0,57
CE (dS/m) <sup>2</sup>	< 2	0,966 ± 0,19
Ca (cmol/kg)	24,5	8,84 ± 1,63
Mg (cmol/kg)	0,007	1,15 ± 0,045
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	15	16,13 ± 1,71
K (cmol/kg)	0,15	0,106 ± 0,031
Na (ppm)	0,8	0,72 ± 0,068
Mn (ppm)	5	4,89 ± 1,46
Zn (ppm)	2	1,16 ± 0,31
Cu (ppm)	0,6	0,544 ± 0,07
Fe (ppm)	2,5	2,15 ± 0,11

*Nota.* <sup>1</sup> LC: límites críticos de deficiencia de minerales en suelos andinos, según Mcdowell y Arthington (2005), <sup>2</sup> Valores promedios de porcentaje de materia orgánica MO(%), concentración de iones de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica CE (dS/m) según Faure y Pedroso (2010, p. 235).

En la tabla anterior, se evidencia el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo, esta se encuentra dentro del rango aceptable para suelos arcillosos y franco arcillosos como el del presente estudio (Balarezo, y otros, 2017, p. 63); el pH es considerado como neutro y coincide con reportes realizados en Colombia a una altitud de 2600 m.s.n.m. en lecherías especializadas (Rodríguez, Crespo, y Torres, 2008, p. 406). Los niveles de Ca, K, Na y Mn se encuentran por debajo del límite crítico, el Mg muestra un exceso, lo que permite suponer que pudo tener un efecto antagonista sobre los elementos deficientes, especialmente el Ca, condicionando su movilización y asimilación (Donald , 2017). Para el caso del potasio, su deficiencia puede estar relacionada con el contenido de materia orgánica, pues, a pesar de que esta última se encuentre en un porcentaje aceptable (4,07 %), el K tiende a fluctuar por el proceso de mineralización de la misma (Neville, 2010).

**Tabla 10**

*Concentraciones minerales encontradas en muestras de pasto kikuyo*

Valores de minerales en muestras de pasto kikuyo			Disponibilidad de elementos en kikuyo	
Elemento	LC	Contenido	Factor	Total disponible
Ca (%)	0,66	0,99%	0,33	3,267
P (%)	0,56	0,35%	0,64	2,24
Mg (%)	0,3	0,41%	0,16	0,656
K (%)	4,95	2,65%	0,9	23,85
Na (%)	0,5	0,01%	0,9	0,072
S (%)	0,46	0,28	0,15	0,0051
Cu (ppm)	13	7	0,01	0,00225
Fe (ppm)	400	237	0,04	0,28
Mn (ppm)	400	225	0,1	0,0237

*Nota.* Disponibilidad total de elementos: producto entre el contenido de minerales (g/kg) y el factor de disponibilidad; Contenido total de minerales en pasto: producto entre la disponibilidad total de los elementos y el consumo de materia seca por animal al día (3 kg Ms/día).

En la muestras analizadas se encontró un exceso de Ca y Mg, con respecto a Zn y Cu, estos no presentan valores menores al límite crítico en el suelo, pero en el forraje, este último con un valor de 34 ppm posee una deficiencia y el cobre (7 ppm) se encuentra en niveles normales, según el rango establecido por (Carulla y Cárdenas, 2015, p. 65). La movilidad de elementos en el suelo está relacionada con el contenido de los mismos en la planta (Faure y Pedroso, 2010, p. 234). Por eso los forrajes que con calidad baja como es el caso del kikuyo, impiden que la absorción de los elementos se realice de manera adecuada, teniendo así un efecto directo en los niveles séricos del animal (Neville, 2010).

Según Lotero (2009), los nutrientes se encuentran disueltos en la solución suelo, absorbidos en superficies de coloides (bases intercambiables), sales generalmente insolubles y como compuestos orgánicos. De esta manera la edad, procesos de lixiviación, meteorización y descomposición de material orgánico, ocasionan una reducción de la disponibilidad de ciertos elementos dentro del suelo, provocando que los forrajes presentes, no contengan la cantidad necesaria de minerales que requieren los animales (Kumaresan, Pathak, y Ramesh, 2010).

**Tabla 11**

*Concentraciones minerales en sangre de vacas medias y fierros del hato lechero de la Hacienda “El Prado”*

	<b>Ca (mg/dL)</b>	<b>Mg (mg/dL)</b>	<b>P (mg/dL)</b>	<b>Na (mmol/L)</b>	<b>K (ppm)</b>
<b>Límites Críticos</b>					
<b>Identificación</b>	<b>9,5 - 12,5 (mg/dL)</b>	<b>1,57 - 2,0 (mg/dL)</b>	<b>4 - 6 (mg/dL)</b>	<b>304 - 512 (mmol/L)</b>	<b>13 - 20,5 (ppm)</b>
1902	5,53	2,16	7,78	106,09	16,81
1924	5,18	1,87	7,29	109,12	12,16
1914	4,49	2,07	7,12	116,74	6,65
1926	5,02	2,13	6,22	111,47	12,04
1913	4,92	2,45	5,54	93,96	10,6
1916	6,75	3,29	7,5	116,74	12,55
<b>Promedio</b>	5,54	2,39	6,89	112,95	11,03

*Nota.* Hembras medias y fierros muestreadas aleatoriamente antes de ser sometidas a los tratamientos de suplementación mineral.

Las concentraciones minerales séricas en los animales muestreados, presentaron deficiencias para el caso de calcio (5,54 mg/dL), potasio (2,82 mmol/L) y

sodio (112,95 mmol/L), según lo señalado por National Research Council (2001), para hembras en crecimiento. La poca absorción de estos elementos en sangre, evidencian una baja disponibilidad en este tipo de forraje; Benavides (2008, pág. 50), al realizar pruebas de digestibilidad en vacas lecheras, concluyó que el kikuyo no es considerado un pasto de buena calidad, como consecuencia impide la absorción de los macro elementos por parte de los animales. Por otro lado, el magnesio (2,39 mg/dL) se encontró en niveles superiores al valor límite de 1,57 – 2 (mg/dl) , según concentraciones séricas establecidos por la NRC (2001). El fósforo es un elemento muy cambiante en los animales, es por esto que junto con el Ca deben encontrarse siempre en una proporción 2:1, los niveles normales de este elemento tanto en el suelo como en el forraje no se ven reflejados en la sangre, teniendo así un sinergismo directo de Ca:P indicando que si uno de éstos elementos tiene una concentración alta o baja, el otro denotará el mismo efecto (Neville, 2010).

### **Elaboración de sal mineral corregida**

La formulación de la dieta se realizó mediante el protocolo establecido por Noguera y Posada (2016), el mismo que recomienda hacer un balance de consumo, oferta y requerimiento del animal. Para ello se utilizaron los factores de biodisponibilidad de minerales en kikuyo señalado por Soto (2006) y los requerimientos de minerales para hembras en crecimiento, establecidos por NRC (2001).

**Tabla 12**

*Requerimientos de macro y micro minerales para hembras en crecimiento*

<b>Elemento</b>	<b>Requerimiento (g/kg ) MS/día</b>
Calcio	8
Fósforo	4,3
Magnesio	1,2
Potasio	7
Sodio	0,06
<b>Requerimiento (mg/kg) MS/día</b>	
Cobre	10
Selenio	0,1
Cobalto	0,1
Yodo	0,5
Manganeso	20
Zinc	30

*Nota.* Valores referenciales de requerimientos al día de vaconas

Obtenido de: Nutriment dairy cattle. Por: NRC (2001).

El aporte real de minerales del pasto kikuyo se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$AR = [CM \times FB] \times CMS; \text{ donde:}$$

AR: Aporte real de minerales

CM: Contenido mineral de kikuyo en g/kg de MS

FB: factor de biodisponibilidad

CMS: factor de consumo de materia seca (3 kg/MS/día).

Para el requerimiento de minerales g/día por animal se realizó el cálculo de la siguiente manera:

$$R = Q \times CMS; \text{ donde}$$

R: Requerimiento de minerales por animal (g/día)

Q: Requerimiento de minerales en g/kg de MS establecidos por la NRC

CMS: factor de consumo de materia seca (3 kg/MS/día).

### **Balance de minerales**

El balance de minerales se calculó de acuerdo a lo establecido por Noguera y Posada (2016) de la siguiente manera:

$$ID = AR - R$$

Donde, ID es la ingestión deseada, obtenida por la diferencia entre el aporte real de minerales en kikuyo (AR) y el requerimiento en g/día por animal (R). De ésta manera, se obtuvieron las cantidades de cada elemento que se deben incluir en la sal mineral corregida.

**Tabla 13***Balance de minerales*

	Ca	P	Mg	K	Na	Zn	Mn	Cu
<b>Pasto (g/kg)</b>	9,80	6,72	1,96	71,5	0,21	0,0153	0,0068	0,84
<b>Req (g/kg)</b>	24	12,9	3,6	21	0,18	0,09	0,06	0,03
<b>Balance</b>	-14,2	-6,18	-1,63	50,5	0,036	-0,075	-0,053	0,81

*Nota.* Valores en rojo indican deficiencias en el aporte de macro minerales, valores en azul indican excesos en el aporte de macro minerales.

**Selección de fuentes minerales**

Una vez realizado el balance mineral, se obtuvieron los déficits en Ca, P y Mg, para lo cual se escogieron las siguientes fuentes minerales:

Para el calcio y fósforo FEDNA (2018), recomienda la utilización de Fosfato Dicálcico, el mismo que posee un Ph de 5,5 y como complemento se utilizó Carbonato de Calcio; éstas fuentes se consideraron idóneas por contar con un valor de digestibilidad alto y un coeficiente de absorción acorde con las necesidades y etapa fisiológica de los animales. Para la corrección de magnesio, se siguió la recomendación de FEDNA (2017), considerando al óxido de magnesio como la fuente más adecuada, pues garantiza un pH ruminal óptimo, permitiendo así un correcto funcionamiento de los mecanismos de digestión ruminal.

La adición de micro minerales en la sal corregida se lo hizo acorde a los requerimientos establecidos por la NRC (2001), para animales comprendidos entre 6 a 15 meses de edad; para esto se tomaron en cuenta fuentes recomendadas por FEDNA (2018), donde se incluyó valores de digestibilidad, coeficiente de absorción en

rumiantes (CoA) y porcentaje de pureza en la fuente otorgadas por el fabricante respectivo.

**Tabla 14**

*Características químicas de las fuentes minerales*

<b>Fuente</b>	<b>Pureza fuente (%)</b>	<b>Factor Digestibilidad</b>	<b>CoA</b>
Fosfato dicalcico	100	0,65	0,2
	100	0,65	0,18
Carbonato de Calcio	100	0,34	0,38
Oxido de Magnesio	90	0,7	0,600
Cloruro de Sodio	100	0,74	0,39
Sulfato de Zinc	96,6	0,45	0,360
Oxido de Manganeso	100	0,57	0,61
Selenito de Sodio	1	0,73	0,01
Sulfato de Cobalto	1	0,64	0,01
Iodato de Calcio	1	0,7	0,01

*Nota.* CoA: Coeficiente de absorción de fuente. Obtenido de: (NUTRION, 2020).

Se realizó el cálculo de la digestibilidad real del elemento en fuente de la siguiente manera:

$$DR = \%P \times FD; \text{ donde:}$$

DR: digestibilidad real (g de elemento)

%P: porcentaje de pureza del elemento en fuente

FD: Factor de digestibilidad del elemento

Para obtener los gramos que requiere de cada fuente el animal al día, se lo hizo mediante la siguiente fórmula:

$$GAD = \frac{ID \times \%P}{DR}; \text{ donde:}$$

GAD: Gramos de fuente por animal al día

ID: ingestión deseada

DR: digestibilidad real

Una vez obtenido el valor de gramos de fuente por animal al día, se multiplicó este valor por el número de animales del tratamiento y los días de duración del experimento. La composición de la sal mineral corregida (Tratamiento 2) se presenta a continuación:

**Tabla 15**

*Composición mineral de la sal corregida*

Por cada 60 gramos de sal mineral contiene:	
<b>Fuente</b>	<b>%</b>
Calcio	15,6
Fósforo	7,02
Magnesio	0,27
Sodio	0,39
Zinc	0,23
Cobalto	0,0012
Manganeso	0,36
Selenio	0,0024

## VARIABLES ANALIZADAS

### Peso vivo y ganancia de peso

La variable peso vivo, es el criterio más utilizado para estimar el crecimiento de novillas, según Salvador (2002), este parámetro por sí solo no determina el estado nutricional de un animal, por lo cual, debe ser evaluado conjuntamente con medidas de crecimiento esquelético como la altura a la cruz y la longitud del cuerpo; por lo general su medición se realiza en un área adecuada para que el animal pueda movilizarse, la cinta bovino métrica y balanzas comerciales para ganado son los instrumentos más utilizados en campo para medir esta variable. Según Hinojosa (2020), el registro de peso vivo para novillas en crecimiento, debe realizarse cada mes, especialmente si éstas reciben suplementos minerales, la evidencia del cambio corporal y aumento de peso deberá coincidir o acercarse a los estándares proporcionados por la raza.

Para la variable peso vivo, así como para variable ganancia de peso, se realizó un pesaje individual de las vaconas, utilizando una balanza electrónica de marca TRU-TEST modelo EziWeigh7i, con capacidad de 2000 kg (+/- 0.5 kg), esto se lo realizó al principio del experimento y posteriormente cada semana durante setenta días; para el caso del cálculo de la ganancia de peso se usó la siguiente fórmula:

$$GP = \frac{PF-PI}{\# \text{ días}}; \text{ donde:}$$

GP: Ganancia de peso (Kg/día)

PF: Peso final (Kg)

PI: Peso inicial (Kg)

# días: Días transcurridos entre el pesaje inicial y pesaje final

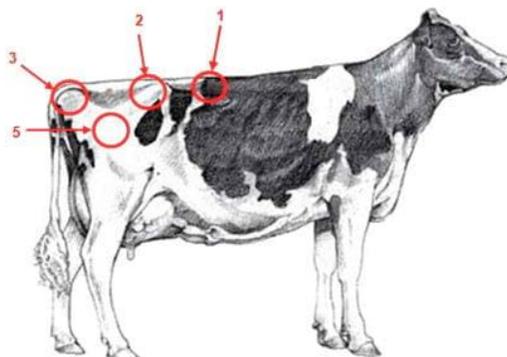
## **Condición Corporal**

La calificación de condición corporal es utilizada en la evaluación de planes de nutrición, para hembras en producción, novillas y terneras. Este parámetro determina la cantidad de reservas de tejido adiposo que posee el animal; siendo evaluado en conjunto con el peso vivo y la altura a la cruz, se obtiene una caracterización del crecimiento, sea este esquelético, muscular o adiposo (Villena, 2002). La variable mencionada debe ser registrada, cada vez que el hato tenga un control corporal sea éste mensual o semestral (Almeyda, 2013).

La condición corporal se evaluó semanalmente, utilizando la escala de Edmonson, propuesta por Morales y Cavestany (2015), la misma que tiene una puntuación de 1 a 5, con una discriminación de hasta 0.25 puntos (p. 22). La pelvis y el lomo fueron las áreas anatómicas evaluadas, de forma lateral se evaluó la punta de la cadera o cresta ilíaca y la tuberosidad isquiática, donde se usó la punta de anca como referencia (figura 4) y a partir de esta lectura se clasificaron a los animales de acuerdo a: un grupo con condición corporal igual o menor a 3 (formación de una V) y otro grupo con condición corporal mayor a 3 (formación de una U).

#### Figura 4

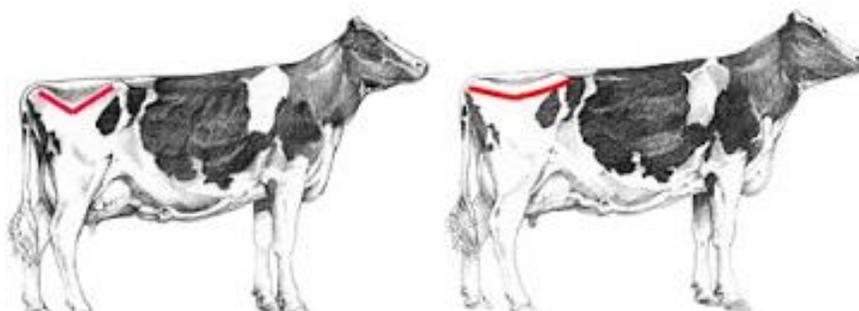
*Vista lateral de los puntos de referencia para la C.C en bovinos.*



*Nota.* Obtenido de Revista INIA. Por: (Morales y Cavestany, 2015).

#### Figura 5

*Formación de una U o V en el área pélvica como referencia de C.C*



*Nota.* Obtenido de Revista INIA. Por: (Morales y Cavestany, 2015).

Dentro del grupo de hembras que tuvieron una CC menor a 3, se tomó en cuenta la punta de nalga o tuberosidad isquiática otorgando una puntuación de 2.25 a 2.5, aquellas que poseían una forma angular y 2.75 a las tenían una forma redondeada. Para los animales con una CC mayor a 3, se tomó en cuenta la zona alrededor del nacimiento de la cola, donde si éste presentaba un poco de grasa, y se encontraba

tapando parcialmente el ligamento de la cola, se otorgó una puntuación de 3 o 3.25 tal como lo indica la escala de Edmonson sugerido por los autores (Morales y Cavestany, 2015, p. 24).

### Figura 6

*Puntos de referencia lateral (1 punta de cadera, 2 punta de nalga, 3 punta de anca, 4 apófisis vertebrales).*



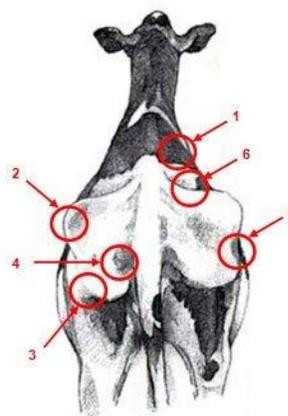
*Nota.* Obtenido de Revista INIA. Por: (Morales y Cavestany, 2015).

### Figura 7

*Puntos de referencia posterior del animal.*

#### Áreas de evaluación en el animal

- 1 Costillas cortas
- 2 Punta de anca
- 3 Punta de isquion
- 4 Base de cola
- 5 Articulación
- 6 Ligamento sacro



*Nota.* Obtenido de Revista INIA. Por: (Morales y Cavestany, 2015).

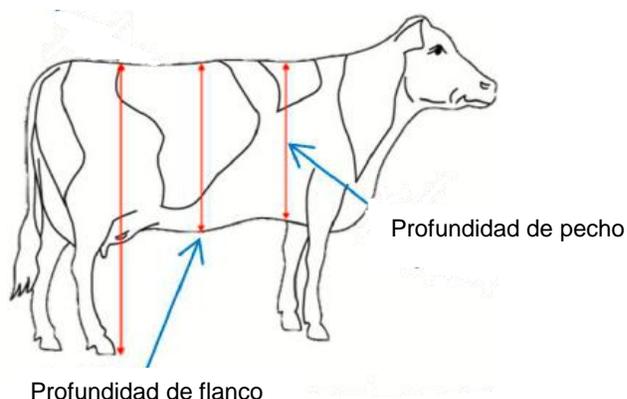
### **Profundidad Corporal**

Esta variable manifiesta la capacidad que posee el animal de albergar órganos, teniendo una estructura ósea más consolidada, cuando alberga estructuras más grandes, lo que deriva en la función de consumir más alimento, siendo este transformado en fuente para el mantenimiento del animal y un incremento en la producción. (Frasinelli, 2014). Según Durán (2012), se determina una gran capacidad corporal, cuando se obtienen calificaciones buenas y excelentes para este parámetro, teniendo un animal con un rumen más voluminoso, el cuál alberga mayor cantidad de alimento (p. 36).

La profundidad corporal se registró semanalmente, para ello, se tomó en cuenta la distancia entre el dorso y la parte más baja del barril del animal. Se midió al nivel de la última costilla y su escala de referencia fue óptico en concordancia con el equilibrio de la vaca; donde se da un puntaje de 1 a 3 si es poco profundo, 4 a 6 si es intermedio y de 7 a 9 si es un animal profundo. Esta variable se calificó en base a la escala propuesta por el Organismo de Selección de la raza Montbeliarde (2018).

## Figura 8

*Punto referencial para medición de profundidad corporal*



*Nota.* Obtenido de (Organisme de Sélection Montbéliarde , 2018).

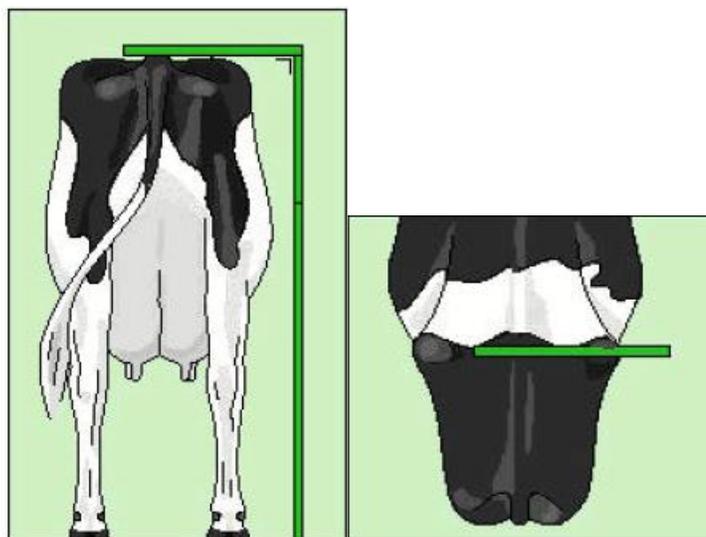
## Altura a la grupa

Según el Organismo de Selección de la raza Montbeliarde (2018), este parámetro describe el tamaño y madurez de un animal, así mismo, otorga una referencia sobre cuánto tiempo tardará ese animal en alcanzar su peso final. El registro de altura debe realizarse en animales que estén de pie, bien aplomados y sobre una superficie dura y horizontal (Morales y Cavestany, 2015, p. 23).

La altura fue expresada en centímetros y se midió desde el piso hasta la tuberosidad sacra, conocida comúnmente como “grupa”, mediante una regla metálica de longitud 150 cm (+/- 0.5 cm), con un brazo móvil y estabilizador ajustable asegurando que la medida sea lo más posiblemente exacta.

### Figura 9

*Punto de referencia para medición de altura del animal.*



*Nota.* Obtenido de (Organisme de Sélection Montbéliarde , 2018).

### Relación entre variables cuantitativas

Para evaluar la relación estadística existente entre cada una de las variables continuas del experimento, se determinaron los coeficientes de correlación de Spearman y sus probabilidades, utilizando la fórmula que se muestra a continuación:

$$\rho = 1 - \frac{\sum di^2}{n(n^2-1)}; \text{ donde:}$$

$\rho$ = coeficiente de correlación Spearman (rho)

$di$ = diferencia entre los correspondientes estadísticos X e Y

$n$ = número de parejas

## **Detección de celos**

La pubertad se alcanza cuando las hembras presentan su primera ovulación, es decir cuando se manifiesta el primer estro; las vaconas pueden alcanzar esta etapa desde los 12 hasta los 21 meses de edad y para que puedan entrar al primer servicio después de la madurez sexual, aproximadamente entre los 15 y 20 meses de edad (Ballent y Herminia, 2012, p.135). Para lograr incorporar oportunamente a un animal al proceso productivo y reproductivo, es necesario la detección del estro, para esto se deberá realizar como mínimo dos observaciones diarias, logrando así detectar celos tempranos. (Hinojosa, 2020).

La detección de celos se realizó diariamente de manera visual, tomando en cuenta las características propias del estro como: pasividad a la monta, lamido y olfateo de genitales, rozamiento de cuello y cabeza, nerviosismo e inquietud; así mismo se evaluaron signos físicos como: pelos de la grupa despeinados, aumento de temperatura corporal, descarga de mucus cervical y edematización de la vulva (Guastavino, 2015).

Para la evaluación de este parámetro, solo se tomaron en cuenta a las hembras fierros, debido a que este grupo se encuentra iniciando su etapa de madurez sexual.

Este parámetro se evaluó como una variable nominal, determinando la presencia o ausencia del mismo, mediante la observación de los signos físicos mencionados anteriormente; se estableció como presencia de celo en las hembras que presentaron por lo menos tres de estos signos (pasividad a la monta, rozamiento de cuello y cabeza, mucus cervical y edematización de la vulva), ya que brindan mayor certeza en la detección de este parámetro.

Para determinar la asociación de esta variable, con respecto a los tratamientos aplicados, se realizó una prueba de Chi-cuadrado, con un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ , utilizando la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum_{i=1}^f \sum_{j=1}^c \left( \frac{(O_{ij}-E_{ij})^2}{E_{ij}} \right); \text{ donde:}$$

$X^2$ = Valor del estadístico chi-cuadrado

f= número de filas

c= número de columnas

$O_{ij}$ = Frecuencia absoluta observada

$E_{ij}$ = Frecuencia absoluta esperada

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### Vaonas medias

#### Peso vivo

A continuación, se muestran los resultados del análisis de varianza para el grupo de vaonas medias (Tabla 16), sometidas a tres tratamientos de sal mineral.

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para la variable peso vivo en vaonas medias*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.C</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	14	6036,26			
Tratamiento	2	4792,36	2396,18	23,12	0,0001
Error	12	1243,90	103,66		
CV%			5,29		
Media			194,91		

Se encontró un efecto significativo de los diferentes tipos de sal sobre el peso vivo de las hembras medias ( $F_{2;12} = 23,12$ ;  $p = 0,0001$ ); el coeficiente de variación para este grupo de animales fue de 5,29, con un peso promedio de 194,91 kilogramos.

**Tabla 17**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para el peso vivo en vaconas medias*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Sal Comercial (T1)	179,91	a
Testigo (T0)	180,02	a
Sal Corregida (T2)	217,88	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

En la Tabla 17 se muestran diferencias significativas entre los tratamientos, obteniéndose un mayor promedio de peso vivo para el grupo de vaconas medias suplementadas con el tratamiento 2, (217,88 Kg), a diferencia de las vaconas que recibieron el tratamiento 1, con un promedio de 180,02 Kg y 179,91 Kg para el tratamiento testigo respectivamente.

En una ganadería de leche intensiva en Ontario – Canadá, McLean y Bissonnette (2009), reportaron que las novillas de reemplazo (8 a 12 meses de edad), suplementadas con mezclas de minerales completos presentaron un peso entre 186 kg y 225 kg, datos coincidentes con los encontrados en el presente estudio (Tabla 13). A su vez Aguirre (2012), menciona que las vaconas medias comprendidas entre los 6 y 12 meses de edad deben tener un peso vivo aproximado entre 170 y 210 kilos, listas y aptas para el pastoreo, con una dieta balanceada y suplementos mineralizados. Por otro lado en Pennsylvania, un reporte realizado por Zanton y Heinrichs (2013), en terneras de 5 a 11 meses de edad pertenecientes a granjas lecheras intensivas, alimentadas con suplementos minerales y forraje fresco durante tres meses, establecieron que el peso vivo de estas aumentó un 15% por encima de los rangos estándar manejados para

la raza Holstein, indicando que una buena composición forrajera y la suplementación completa de minerales otorga un aumento de peso significativo en los animales.

### **Ganancia de Peso**

El análisis de varianza que se presenta a continuación, muestra los resultados de ganancia de peso diaria de vaconas medias sometidas a una suplementación de tres diferentes tratamientos de sal mineral:

**Tabla 18**

*Análisis de varianza para la variable ganancia de peso en vaconas medias*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	14	0,69			
Tratamiento	2	0,48	0,24	14,19	0,0007
Error	12	0,2	0,02		
CV%			20,81		
Media			0,75		

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso en el grupo de vaconas medias ( $F_{2,12} = 14,19$ ;  $p = 0,0007$ ), el coeficiente de variación para este grupo fue de 20,81, con un valor promedio de GDP de 0,75 Kg/animal/día.

**Tabla 19**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para la*

*GDP en vaconas medias*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Testigo (T0)	0,63	a
Sal Comercial (T1)	0,70	a
Sal Corregida (T2)	0,93	b

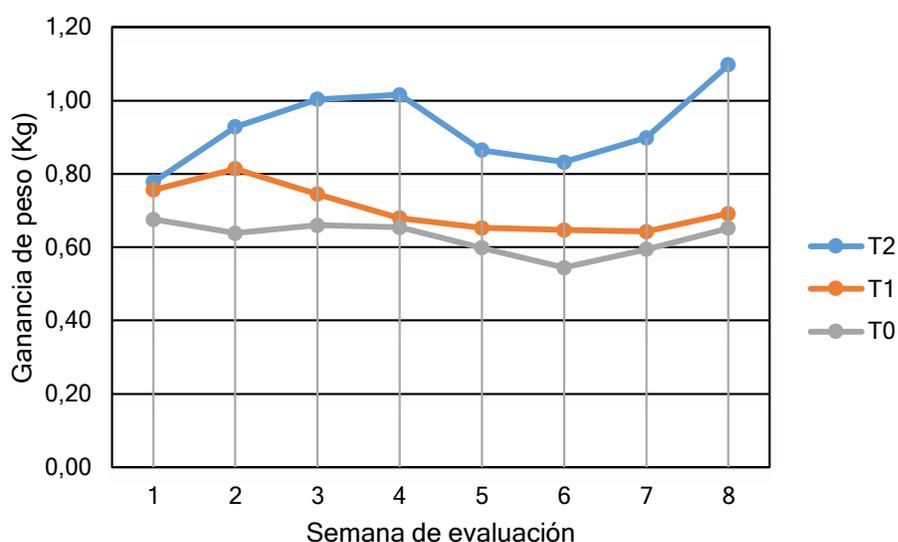
*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados: las hembras que fueron suplementadas con sal corregida T2, tuvieron una mayor ganancia de peso (0,93 kg/animal/día) a diferencia de las vaconas que consumieron sal comercial T1 (0,70 kg/animal/día) y las del grupo testigo T0 (0,63 kg/animal/día) (Tabla 19).

Los valores del presente estudio coinciden con un reporte presentado por (Rodríguez-Campos y Ruiz-Sánchez, 2015, p. 52) donde midieron el efecto de la suplementación oral de una mezcla mineral común y una sal mineral completa sobre parámetros zootécnicos y reproductivos en novillas, obteniendo una ganancia de peso de 730 g/día en los animales que consumieron la sal común y 890 g/día en aquellos alimentados con la sal mineral completa; por otro lado en Colorado, Estados Unidos Ahola et al. (2004), evaluaron la ganancia de peso de novillas en crecimiento durante 90 días, al elevar el contenido de 24% Ca y 13% P en la sal mineral ofertada, obteniendo una ganancia de peso de 0,483 Kg/animal/día en aquellos animales alimentados con dicha sal (p. 2378).

**Figura 10**

*Evolución de la ganancia de peso por semana de evaluación para vaconas medias*



La figura 10 indica la evolución de la ganancia diaria de peso, a través del tiempo, en cada uno de los tratamientos evaluados; en el tratamiento T2 se observa un incremento en la ganancia de peso a partir de la primera semana, hasta la semana cuatro, posteriormente existe una disminución las semanas cinco y seis, teniendo finalmente un aumento las dos últimas semanas. En el tratamiento T1, se puede ver que a partir de la semana dos, decrece la ganancia de peso hasta la semana cinco donde tiende a estabilizarse, seguido de un incremento en la semana ocho. Para el tratamiento T0, la gráfica muestra una tendencia decreciente en las semanas cuatro, cinco y seis, para luego tener un aumento de GDP a partir de la semana siete.

### **Condición Corporal**

A continuación, se muestra los resultados de análisis de varianza para la condición corporal en vaconas medias de la Hacienda:

**Tabla 20**

*Análisis de varianza para la variable de condición corporal en vaconas medias*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	14	0,61			
Tratamiento	2	0,43	0,22	14,86	0,0006
Error	12	0,18	0,01		
CV%			5,29		
Media			2,28		

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre la condición corporal en el grupo de vaconas medias ( $F_{2;12} = 14,86$ ;  $p = 0,0006$ ), el coeficiente de variación fue de 5,29, con un valor promedio de 2,28 en la escala de Edmonson (Tabla 20).

**Tabla 21**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para la CC en vaconas medias*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Testigo (T0)	2,05	a
Sal Comercial (T1)	2,35	b
Sal Corregida (T2)	2,45	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados en el grupo de vaconas medias, siendo el T2 (sal corregida) y T1 (sal comercial) los que presentaron mayor promedio de condición corporal en las hembras, con 2,45 y 2,35 en la escala de Edmonson respectivamente, a diferencia del T0 (tratamiento testigo).

Un reporte en la sierra de Perú realizado por Almeida (2018), menciona que la condición corporal en hembras de 8 a 12 meses de edad puede oscilar dependiendo la alimentación ofertada, ya que al llegar a una edad de 7 a 8 meses se completa el desarrollo total del sistema digestivo, por tal razón la vacona está en la capacidad de alimentarse a base de forraje y una suplementación mineral adecuada, logrando de esta manera una puntuación de condición corporal entre 2,50 y 2,75 aproximadamente (p. 42); datos semejantes se encontraron por parte de Pacheco (2016), donde concluyó que los promedios generales para condición corporal en hembras de 8 a 12 meses de edad después de 30,40,70 y 90 días de ser alimentadas con ensilaje y bloques nutricionales, fueron de: 2,98; 2,83; 2,75; 2,74 y 2,55 de calificación, con coeficientes de variación de entre 7,51 y 11,90% similares a los valores obtenidos en la presente investigación.

### **Profundidad corporal**

Los resultados del análisis de varianza para vaconas medias con respecto a la profundidad corporal se presenta a continuación:

**Tabla 22**

*Análisis de varianza para la variable profundidad corporal en vaconas medias*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	14	6,26			
Tratamiento	2	2,59	1,29	4,24	0,0406
Error	12	3,67	0,31		
CV%			15,69		
Media			3,52		

Se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre la profundidad corporal ( $F_{2;12} = 4,24$ ;  $p = 0,0406$ ) el coeficiente de variación para este grupo fue de 15,69, con un valor de escala promedio de 3,52 (Tabla 22).

**Tabla 23**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para la profundidad en vaconas medias*

Tratamiento	Media	Grupo
Testigo (T0)	3	a
Sal Comercial (T1)	3,56	ab
Sal Corregida (T2)	4,02	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

Se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados; los animales alimentados con la sal corregida presentaron una mayor profundidad corporal (4,02) que las hembras medias pertenecientes al tratamiento testigo.

Los resultados de diversos estudios difieren con los hallados en la presente investigación pues existen muy pocos autores que relacionan la profundidad corporal con la suplementación mineral en hembras de 6 a 12 meses de edad como el caso de Vargas y Martínez (2011), donde mencionan que la profundidad en terneras de edades tempranas (5 a 10 meses de edad) no son tan evidentes como en animales que alcanzaron la pubertad, siendo este un parámetro casi innecesario en el desarrollo de las hembras de recría hasta los 12 meses de edad. De la misma forma Álvarez y Velásquez (2004), coinciden con lo expuesto, pues manifiestan que no hay diferencias significativas en terneras Holstein suplementadas con sal mineralizada orgánica completa (GANASAL Plus) (p. 65)

### Altura a la grupa

A continuación, se presenta los resultados de ANOVA para las vaconas medias:

**Tabla 24**

*Análisis de varianza para la variable altura a la grupa en vaconas medias*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	14	0,005			
Tratamiento	2	0,0012	0,00061	1,94	0,1867
Error	12	0,0038	0,00031		
CV%			1,54		
Media			1,15		

No se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre la altura a la grupa en el grupo de vaconas medias ( $F_{2;12} = 1,94$ ;  $p = 0,1867$ ), su coeficiente de variación estuvo dado por el valor de 1,54 y el promedio de altura fue de 1,15 m.

**Tabla 25**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para altura a la grupa en vaconas medias*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Testigo (T0)	1,15	a
Sal Comercial (T1)	1,14	a
Sal Corregida (T2)	1,16	a

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

En el grupo de hembras medias no se evidencia diferencias significativas del tratamiento 0 (testigo), tratamiento 1 (sal comercial) y tratamiento 2 (sal corregida) sobre la altura a la grupa de los animales.

Con resultados similares a los hallados en las vaconas medias de la hacienda “El Prado”, Morales y Ramírez (2014), reportan que de manera general en las razas lecheras, la altura a la cruz y grupa aumenta cuando los animales se encuentran entre una edad de 8 a 10 meses de edad, teniendo valores de 114 a 117 cm en promedio, esto último sí y solo sí los animales se encuentran en buenas condiciones de peso y condición corporal; esto difiere con lo expuesto por Zanton y Heinrichs (2013), donde mencionan que la altura de hembras de 5 a 11 meses de edad alimentadas con forraje fresco y suplementos minerales completos no presentan un aumento significativo, pues a esta edad los animales tienden a ganar más peso corporal que altura o perímetro torácico.

### **Vaconas fierros**

#### **Peso vivo**

En la siguiente tabla se presentaron los resultados de ANOVA, para el grupo de hembras fierros suplementadas con sal corregida, sal comercial y testigo.

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para la variable peso vivo en vaconas fierros*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.C</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	20	25966,09			
Tratamiento	2	14059,01	7029,51	10,63	0,0009
Error	18	11907,08	661,5		
CV%			10,25		
Media			251,02		

La Tabla 26 muestra un efecto significativo de T0, T1 y T2, sobre el peso vivo de vaconas fierros ( $F_{2;18} = 10,63$ ;  $p = 0,0009$ ); el coeficiente de variación fue de 10,25, con un promedio de peso de 251,02 kilogramos.

**Tabla 27**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para el peso vivo en vaconas fierros*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Testigo (T0)	214,44	a
Sal Comercial (T1)	270,13	b
Sal Corregida (T2)	268,49	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

En el caso del grupo de vaconas fierros, se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 27), obteniéndose un mayor peso promedio con la suplementación de la sal comercial T1, (270,13 Kg) y 268,49 Kg para el T2; en comparación con el T0 (214,44 Kg).

Los resultados obtenidos coinciden con un estudio realizado en Venezuela, donde se ofrecieron tres tipos de sal a un grupo de hembras de raza *B. Indicus* de la siguiente manera: sal común, suplemento mineral y un suplemento proteico mineral; resultando un mayor peso vivo, en aquellas hembras alimentadas con el suplemento mineral (Depablos, Ordóñez, Godoy, y Chicco, 2011, p. 7).

Para hembras fierros, de una edad entre 12 a 16 meses existen datos similares hallados por Ballent y Herminia (2012), donde establecen que las hembras de reemplazo de esta edad deben llegar al 40 o 50 por ciento de su peso adulto; esto coincide con los datos obtenidos por Pacheco (2016), donde obtuvo una variación de peso de 275,26 kg a 315,42 kg para vaconas Holstein de 13 a 18 meses de edad (p.136)

### **Ganancia de peso**

Para el grupo vaconas fierros, se muestra a continuación la tabla ANOVA de la ganancia de peso respectiva:

**Tabla 28**

*Análisis de varianza para la variable ganancia de peso en vaconas fierros*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	20	1,14			
Tratamiento	2	0,57	0,29	9,08	0,0019
Error	18	0,57	0,03		
CV%			19,08		
Media			1,38		

Los tratamientos evaluados: sal corregida, sal comercial y testigo, tuvieron un efecto significativo sobre la ganancia diaria de peso en el grupo de vaconas fierros ( $F_{2,18} = 9,08$ ;  $p = 0,0019$ ), el coeficiente de variación de 19,08, con un valor promedio de GDP de 1,38 kg/animal/día. (Tabla 28).

**Tabla 29**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para  
Ila GDP en vaconas fierros*

Tratamiento	Media	Grupo
Testigo (T0)	1,54	a
Sal Comercial (T1)	1,34	a
Sal Corregida (T2)	1,25	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

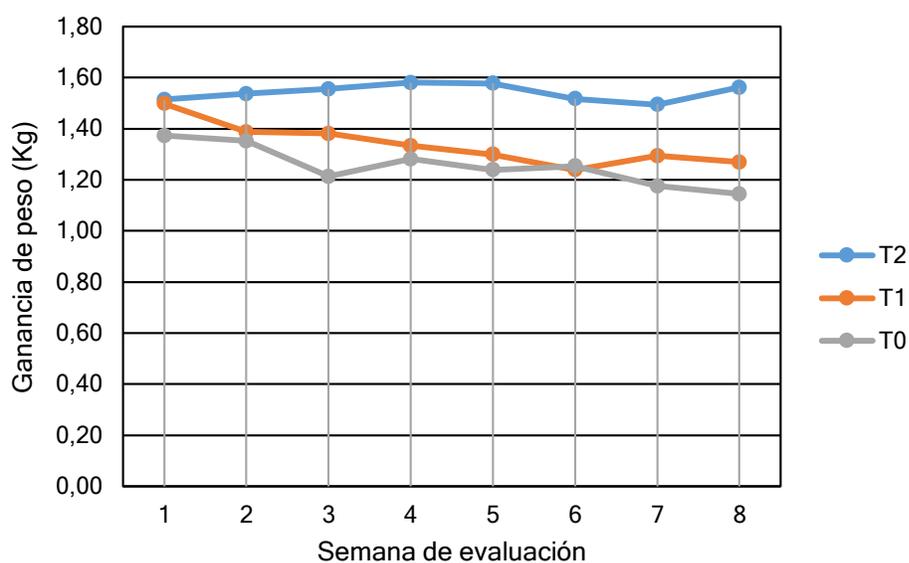
Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, las vaconas fierros alimentadas con sal corregida tuvieron mayor ganancia de peso, (1,16 kg/animal/día) que aquellas que recibieron el tratamiento de sal comercial (0,86 kg/animal/día) y las que recibieron el tratamiento testigo (0,77 kg/animal/día).

En Osorno, Chile; se realizó un trabajo similar utilizando vaquillas de 10 a 15 meses de edad, en las cuales se evaluaron dos tratamientos: bloques nutricionales (T1) y sal mineral completa (T2), por 90 días; las hembras tratadas con la sal mineral completa, obtuvieron una ganancia de peso de 750 g/animal/día a diferencia de las vaquillas suplementadas con bloques nutricionales, en este caso la relación entre peso y edad fue lineal (Morales y Ramírez, 2014). En un estudio contrario realizado en Florida, se indica que si los aportes minerales en la ración no son apropiados, tanto para la edad como para el desempeño productivo, no se tendrá un efecto sobre la

ganancia de peso y el crecimiento de los animales; en dicho estudio no se encontraron diferencias en las ganancias de peso de novillas Brahman x Angus bajo pastoreo, sometidas a inclusión de un suplemento multimineral oral por 30 días, a pesar de que las mismas mostraran un perfil sérico normal para calcio, fósforo y magnesio (Moriel y Arthington, 2013, p. 1376).

### Figura 11

*Evolución de la ganancia de peso por semana de evaluación para vacas fierros*



La figura 11 muestra la evolución de la ganancia de peso a través del tiempo, por semana de evaluación, en cada uno de los tratamientos evaluados; el tratamiento T2, tiene un incremento uniforme en la ganancia de peso hasta la semana cinco, donde posteriormente desciende y a partir de la semana siete, se observa nuevamente un aumento. Con respecto al tratamiento T1, la ganancia de peso desciende desde la primera semana y existe un incremento en la séptima semana. Para el tratamiento T0,

la ganancia de peso desciece desde la primera semana y se mantiene con fluctuaciones constantes en cada semana de evaluación.

### Condición Corporal

La tabla ANOVA de condición corporal para el grupo de vaconas fierros, se muestra a continuación:

**Tabla 30**

*Análisis de varianza para la variable de condición corporal en vaconas fierros*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	20	2,08			
Tratamiento	2	0,47	0,24	2,63	0,0993
Error	18	1,61	0,09		
CV%			11,3		
Media			2,63		

Para el grupo de hembras fierros no se halló un efecto significativo de los tratamientos sobre la variable estudiada ( $F_{2;18} = 2,63$ ;  $p = 0,0993$ ), el coeficiente de variación fue de 11,3 y la condición corporal promedio de 2,63 en la escala Edmonson (Tabla 30).

**Tabla 31**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para la CC en vaconas fierros*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Testigo (T0)	2,43	a
Sal Comercial (T1)	2,68	a
Sal Corregida (T2)	2,79	a

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La condición corporal no mostró diferencias significativas entre tratamientos T0 (testigo), T1 (sal comercial) y T2 (sal corregida) para el grupo de hembras fierros, esto en relación con lo mencionado por Depablos y otros (2011), donde explica que al suplementar minerales ad libitum en novillas en pastoreo no se obtuvieron mejorías con respecto a la condición corporal de los animales, pero sí establece que la misma tiende a aumentar a medida que transcurre el ensayo (p. 5); por otro lado Herrera et al. (1998), obtuvieron una mejoría de la condición corporal en novillas *Cebú* suplementadas con bloques multinutricionales en los llanos de Venezuela (p. 146).

En una investigación realizada por Álvarez (2012) en el cantón Mejía, al trabajar con vaconas de un predio ganadero, si se encontraron diferencias significativas entre dos tratamientos aplicados: sal comercial ad libitum y minerales quelatados inyectables; teniendo un promedio de condición corporal de 2,65 puntos para los animales del primer tratamiento y de 3,23 para los del segundo tratamiento; comprobando así, que existió un aumento de este parámetro después de realizar la suplementación respectiva.

### Profundidad Corporal

Las hembras fierros, fueron evaluadas mediante el análisis de varianza presentado a continuación:

**Tabla 32**

*Análisis de varianza para la variable profundidad corporal en vaconas fierros*

Fuente de Var.	GI	S.Cuad	C.Medio	F-valor	p-valor
Total	20	11,28			
Tratamiento	2	4,66	2,33	6,34	0,0082
Error	18	6,62	0,37		
CV%			14,05		
Media			4,32		

Para las vaconas fierros, se encontró un efecto significativo de la sal corregida, sal comercial y testigo sobre la variable evaluada ( $F_{2,18} = 6,34$ ;  $p = 0,0082$ ), con un coeficiente de variación de 14,05, y un valor promedio de 4,32 (Tabla 32).

**Tabla 33**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para la profundidad en vaconas fierros*

Tratamiento	Media	Grupo
Testigo (T0)	3,66	a
Sal Comercial (T1)	4,52	b
Sal Corregida (T2)	4,76	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

En la tabla 33 se puede evidenciar una diferencia significativa entre los tratamientos planteados, siendo las vaconas fierros alimentadas con sal corregida (T2) y

sal comercial (T1), las que ganaron mayor profundidad corporal, a diferencia de las hembras que fueron parte del tratamiento testigo. Estos resultados concuerdan con un estudio realizado por Esser et al. (2009), donde se evaluó el efecto de la suplementación mineral con fósforo en novillas Holstein y se encontraron diferencias significativas nulas en medidas corporales externas incluyendo la profundidad corporal (p. 1745); por otro lado Jaramillo (2014), en el cantón Morona, al evaluar hembras de raza Charolais y estudiar el perímetro torácico o profundidad corporal, se encontró diferencias significativas de acuerdo a la edad de las mismas; esto coincide con los resultados obtenidos por Garro y Rosales (2010), mismos que realizaron mediciones de este parámetro en animales cebuínos divididos en tres grupos de acuerdo a la edad: menores de 18 meses, 18 a 22 meses y mayores a 24 meses (p. 18), los tratamientos aplicados fueron: base de heno + pasto y el segundo una base de pasto + sal mineral, obtuvieron valores de profundidad corporal mayores en el tercer grupo de animales alimentados con el segundo tratamiento, esto se debería a la relación existente entre el peso corporal, la edad del animal y la alimentación suministrada.

### **Altura a la grupa**

Mediante análisis de varianza y una prueba de comparación de Tukey, se obtuvieron los resultados presentados a continuación:

**Tabla 34**

*Análisis de varianza para el parámetro altura a la grupa en vaconas fierros*

<b>Fuente de Var.</b>	<b>gl</b>	<b>S.Cuad</b>	<b>C.Medio</b>	<b>F-valor</b>	<b>p-valor</b>
Total	20	0,02			
Tratamiento	2	0,01	0,0039	5,15	0,017
Error	18	0,01	0,00076		
CV%			2,25		
Media			1,22		

En este caso, el grupo de vaconas fierros sí presentó un efecto significativo de los tratamientos sobre la variable mencionada ( $F_{2;18} = 5,15$ ;  $p = 0,017$ ), un CV% de 2,25 y un valor promedio de 1,22 m de altura.

**Tabla 35**

*Prueba de comparación de medias de Tukey para*

*la altura a la grupa en vaconas fierros*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
Testigo (T0)	1,2	a
Sal Comercial (T1)	1,23	b
Sal Corregida (T2)	1,24	b

*Nota.* Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

En este grupo de vaconas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, obteniéndose una mayor altura a la grupa en los animales que fueron suplementados con sal corregida (1,24 m) y sal comercial (1,23m), a diferencia de aquellas que fueron suplementadas con el tratamiento testigo (Tabla 35). En Honduras un estudio realizado en terneras de raza Pardo Suizo, Holstein y Jersey, no se

encontraron diferencias significativas, para dos tratamientos suministrados con Fós 40S y Nutriplex (Méndez y Quej, 2018).

### Correlaciones entre variables

A continuación, se muestra la relación entre las variables cuantitativas evaluadas en el grupo vaconas medias:

**Tabla 36**

*Correlación de Pearson para las variables cuantitativas evaluadas en vaconas medias*

Coef.\Prob.	Profundidad	Altura	C.C.	P.V.	G.D.P.
<b>Profundidad</b>	1	0,07	0,19	0,1	0,02*
<b>Altura</b>	0,48	1	0,14	0,26	0,38
<b>C.C.</b>	0,36	0,4	1	0,0014*	0,21
<b>P.V.</b>	0,44	0,31	0,75	1	0,01*
<b>G.D.P.</b>	0,6	0,24	0,35	0,64	1

*Nota.* <sup>1</sup>Condición corporal (C.C), peso vivo (P.V), ganancia de peso diaria (G.D.P). valores en rojo indican correlaciones significativas entre variables. (\*) p-valores menores a 0,05 indican la significancia de la correlación.

En la Tabla 36 se muestran los coeficientes de correlación y los p-valores que existen entre las variables evaluadas; en los mismos se muestran correlaciones significativas entre las variables ganancia de peso/profundidad ( $r= 0,6$ ;  $p=0,02$ ), peso vivo/condición ( $r= 0,64$ ;  $p= 0,0014$ ), ganancia de peso/peso vivo ( $r= 0,64$ ;  $p=0,01$ ), las variables mencionadas anteriormente muestran una asociación lineal positiva cuantitativamente alta; lo que significa que cada relación se incrementan en el mismo sentido.

En la siguiente tabla, se muestra la relación entre las variables cuantitativas evaluadas en el grupo vaconas fierros:

**Tabla 37**

*Correlación de Pearson para las variables cuantitativas evaluadas en vaconas fierros*

Coef.\Prob.	Profundidad	Altura	C.C.	P.V.	G.D.P.
<b>Profundidad</b>	1	0,0028*	0,11	0,00031*	0,13
<b>Altura</b>	<b>0,62</b>	1	0,28	0,0039*	0,23
<b>C.C</b>	0,36	0,25	1	0,0045*	0,55
<b>P.V</b>	<b>0,71</b>	<b>0,6</b>	<b>0,59</b>	1	0,29
<b>G.D.P</b>	0,34	0,28	0,14	0,24	1

*Nota.* Condición corporal (C.C), peso vivo (P.V), ganancia de peso diaria (G.D.P). valores en rojo indican correlaciones significativas entre variables. (\*) p-valores menores a 0,05 indican la significancia de la correlación.

La Tabla 37 muestra los coeficientes y probabilidades de correlación de Pearson, para las variables cuantitativas evaluadas en las hembras del grupo vaconas fierros, en esta se observa que existen correlaciones significativas entre las variables altura/profundidad ( $r=0,62$ ;  $p= 0,028$ ), peso vivo/profundidad ( $r=0,71$ ;  $p=0,00031$ ), altura/peso vivo ( $r= 0,6$ ;  $p=0,0039$ ) y condición corporal/peso vivo ( $r=0,59$ ;  $p= 0,0045$ ).

Autores mencionan correlaciones entre parámetros zootécnicos para hembras de 6 a 18 meses de edad, sin distinción de medias o fierros, por lo que los datos obtenidos en la presente investigación fueron comparados en general con otros estudios similares.

Las altas significancias obtenidas para las correlaciones profundidad/peso vivo y profundidad/altura, coinciden con datos obtenidos por Garro y Rosales (2010), para

ganado cebuino en Costa Rica (p. 21); de la misma manera se encuentra una correlación positivamente alta entre estas variables, en un estudio reportado por Solís (2006), donde la curva de la relación perímetro torácico/peso vivo tiende a ser exponencial creciente. Por otra parte, investigadores chilenos han evidenciado una relación positivamente alta entre la altura y el peso vivo de los animales (Morales y Ramírez, 2014). Así mismo Castagnola (2012), reporta que los parámetros de peso y alzada, son más importantes que la edad de los animales al momento de definir su encaste. Sin embargo (Ballent y Herminia, 2012, p. 53), establecen que para la relación de G.D.P /profundidad y G.D.P/peso vivo, existen similares reportes en biotipos lecheros de Holstein, Jersey, donde la ganancia de peso es un parámetro coincidente con el peso vivo de vaquillonas, así como la profundidad de las mismas donde el autor establece que las hembras que reportan un mayor peso vivo tendrán un efecto directo en el valor de su profundidad corporal. La asociación entre condición corporal y peso vivo con valores de correlación altos, indica que los animales mantienen una estructura corporal acorde con su edad (Alvarado J. , 2016, p. 52), esto según lo expresado por Apolo y Chalco (2012) con valores similares a los encontrados en la presente investigación.

### **Detección de celos**

A continuación, se presentan los celos detectados en vaconas fierros según el signo físico y comportamiento evidenciado:

**Tabla 38***Detección de signos físicos de hembras fierros de la Hacienda “El Prado”*

<b>Identificación</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>P.M</b>	<b>L/O</b>	<b>C/C</b>	<b>GD</b>	<b>TC</b>	<b>MC</b>	<b>EV</b>
1902	Sal Corregida	X		X			X	X
1904	Sal Corregida			X			X	X
1907	Sal Corregida	X		X			X	X
1912	Sal Corregida	X					X	X
1920	Sal Corregida	X		X				X
1906	Sal Corregida	X					X	X
1919	Sal Corregida	X		X			X	X
1905	Sal Comercial	X					X	X
1914	Sal Comercial	X		X				X
1921	Sal Comercial	X		X			X	
1922	Sal Comercial			X				
1926	Sal Comercial	X		X			X	X
1903	Sal Comercial	X						
1911	Sal Comercial	X		X			X	X
1913	Testigo			X				
1924	Testigo	X						
1925	Testigo			X				
1917	Testigo	X						
1927	Testigo							
1918	Testigo	X					X	X
1915	Testigo			X				

*Nota: Pasividad a la monta (PM), lamido y olfateo (L/O), rozamiento de cuello/cabeza (C/C), grupa despeinada (GD), temperatura corporal (TC), mucus cervical (MC), edematización de vulva (EV).*

Como se puede observar en la tabla anterior la mayoría de hembras presentaron un comportamiento de pasividad a la monta, rozamiento de cuello y cabeza; de la

misma manera la presencia de mucus cervical y edematización de la vulva lo que indica que al cumplir por lo menos tres parámetros, se consideró como presencia de celo en el animal.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la prueba de chi cuadrado ( $\alpha=0,05$ ), realizada para el grupo de hembras fierros:

**Tabla 39**

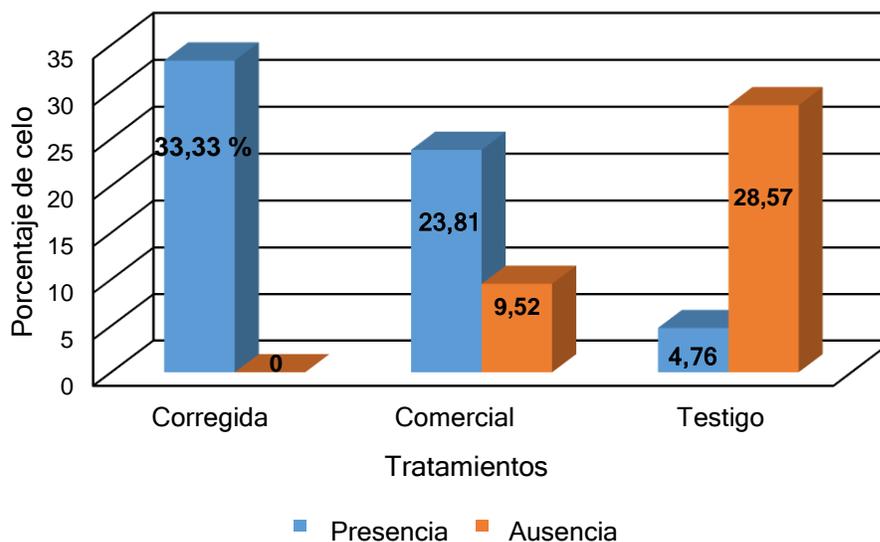
*Prueba Chi cuadrado para la variable detección de celos en hembras fierros*

<b>Estadístico</b>	<b>Valor</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
<b>Chi-cuadrado Pearson</b>	11,31	2	0,0035

De acuerdo a lo obtenido en la prueba de Chi-cuadrado, se determinó que la presencia de celo depende del tipo de sal mineral suministrado, en la etapa de transición de novillas fierros a hembras en producción ( $X^2=11,31$ ;  $p= 0,0035$ ).

**Figura 12**

*Presencia de celo en vaconas fierros*



En la Figura 12, se observa que de las veintiún vaconas fierros evaluadas, el 33,33% presentaron celo, hembras correspondientes al tratamiento de sal mineral corregida T2 (Tabla 39), las vaconas fierros que fueron sometidas al tratamiento de sal comercial T1, presentaron un porcentaje de celo del 23,81%, mientras tanto las hembras del T0 presentaron menor porcentaje de celo (4,76%); estos datos coinciden con un estudio realizado por Correa y Hernández (2007, p. 73), donde demostraron que la suplementación con sales minerales aumentó el porcentaje de presencia de celos en vaquillonas de 18 meses; resultados similares fueron reportados por Polero (2011), el cual menciona que la adición de un complejo mineral completo a hembras de reemplazo aumenta en un 20% el estro y ovulación a una temprana edad de los animales (p. 31). Éstas investigaciones difieren con los resultados observados por Moriel y Arthington (2013, p. 1379), donde demostraron que al ofrecer un bloque mineralizado a vaquillonas entre 15 y 20 meses de edad, no se obtiene un aumento del porcentaje de celos (61,8%

sin presencia de estro vs. 39,3% que presentaron estro); por otra parte Botacio y Garmendia (1997, p. 246), reportan solo un 30% de hembras con presencia de celo al haber sido suplementadas con sal mineral.

## Capítulo V

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- El diagnóstico realizado en suelo – planta – animal, ayudó en la corrección de minerales en la sal formulada y regularizó las concentraciones séricas de macro elementos en los animales.
- Las vaconas medias pertenecientes al tratamiento 2 (sal corregida), presentaron mayor promedio de peso vivo (217,88 Kg), seguido del tratamiento 1 (sal comercial) con 180,02 Kg y finalmente el tratamiento testigo (179,91 Kg). En el caso del grupo de vaconas fierros, el mayor promedio de peso vivo se obtuvo con la suplementación de sal comercial (270,13 Kg), seguido por el tratamiento de sal corregida (268,49) y por último el tratamiento testigo (214,44 Kg).
- El tratamiento de sal corregida (0,93 kg/animal/día) evidenció la mayor ganancia de peso, tanto para las vaconas medias como para las fierros (1,54 kg/animal/día), seguido del grupo de animales suplementados con la sal comercial (0,7 kg/animal/día medias; 0,93 kg/animal/día fierros) y por último aquellas alimentadas con el tratamiento testigo (0,63 kg/animal/día medias; 1,25 kg/animal/día fierros).
- El mayor promedio de condición corporal en la escala de Edmonson para vaconas medias (2,45) se evidenció con el T2 (sal corregida), seguido del T1 (2,35) sal comercial y por último T0 (2,05) tratamiento testigo. En el grupo de vaconas fierros el tratamiento de sal corregida (2,79) proporcionó mayor condición corporal sin embargo, no existe una diferencia significativa con los promedios de C.C para los tratamientos restantes.

- Las novillas medias suplementadas con sal corregida, presentaron mayor profundidad corporal (4,02). En el caso de las hembras del grupo de vaconas fierros, la mayor profundidad la presentó el grupo de hembras que recibieron el T2 (4,76), en comparación con el tratamiento testigo (3,66).
  
- En las novillas medias, se evidenció un mayor promedio de altura (1,16 m) en aquellas que fueron suplementadas con sal corregida, no obstante, no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Por otro lado, dentro del grupo de vaconas fierros, los tratamientos que presentaron mayor altura a la grupa fueron el T2 (1,24 m), seguido del T1 (1,23 m).
  
- Dentro del grupo de vaconas medias, se encontraron correlaciones altamente positivas entre las variables ganancia de peso – profundidad (0,6), peso vivo - condición corporal (0,75) y ganancia de peso - peso vivo (0,64). Así mismo en las vaconas fierros, se encontraron correlaciones altamente positivas entre las variables altura – profundidad (0,62), peso vivo – profundidad (0,71), peso vivo – altura (0,6) y peso vivo – condición corporal (0,59).
  
- Se determinó que la presencia de celos depende de la suministración de sal mineral, siendo las hembras suplementadas con sal corregida, las que obtuvieron mayor porcentaje de presencia de estro (33,3%), seguido del tratamiento de sal comercial (23,81%) y por último el tratamiento testigo (4,76%).

**Recomendaciones**

- Se recomienda el uso del tratamiento 2 (sal corregida), para la crianza y manejo de la suplementación mineral de las vaconas medias y fierros, pues tuvo un efecto importante en todas las variables medidas.
  
- Se recomienda realizar un diagnóstico preliminar del estatus mineral en suelo – planta  
- animales y determinar el comportamiento de cada componente en la respuesta de los hatos lecheros a pastoreo.
  
- Es recomendable realizar un manejo adecuado de los potreros desde la siembra de especies forrajeras hasta la fertilización adecuada para mantener una nutrición importante en el manejo de este grupo de animales, considerados como el futuro del hato lechero.

## Bibliografía

- Aguirre, S. (2012). *Elaboración de un manual para la crianza de terneras y para vaconas medias, fierros y vientres destinadas a la producción de leche orgánica*. Quito, Ecuador.
- Ahola, J., Baker, D., Burns, P., Mortimer, R., Enns, R., Whittier, J., Geary, J., Engle, T. (2004). *Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two-year period*. Journal of animal science, 82(3), 2375-2383.
- Albornoz, L. (2016). *Nutrición mineral*. Sitio Argentino de Producción Animal. : [http://produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/268-Nutricion\\_Mineral.pdf](http://produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/268-Nutricion_Mineral.pdf)
- Almeida, J. (2018). *Producción de ganado vacuno lechero en sierra*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria La Molina]. Repositorio Institucional - Universidad Agraria.
- Almeyda, M. (2013). *Recría de animales de reemplazo en sistemas intensivos*. Manual de manejo y alimentación de vacunos: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/manual-manejo-alimentacion-vacunos-t29965.htm>
- Alvarado, J. (2016). *Caracterización morfométrica e índices zoométricos de los grupos raciales bovinos existentes en el cantón Cuenca*. [Tesis de Veterinaria, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional - Universidad de Cuenca.
- Álvarez, A. (2012). *Evaluación de microelementos a nivel sanguíneo en vacas de producción lechera, mediante administración de sal comercial y componentes quelatados inyectables en la Hacienda Aychapicho*. [Tesis de Veterinaria, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional - Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Álvarez, J., y Velásquez, L. (2004). *Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal in vivo con el peso de la canal en novillos Brahman en el valle del Sinú*. *Revistas de la Universidad Nacional de Colombia*, 53(3), 61-68.
- Apolo, G., y Chalco, L. (2012). *Caracterización fenotípica y genotípica de las poblaciones de bovinos criollos en el cantón gonzanamá de la provincia de Loja*. [Tesis de Doctorado en Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Loja.
- Balarezo, L., García, J., Noval, E., Benavides, H., Mora, S., y Vargas, S. (2017). *Contenido Mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región Andina de Ecuador*. *Centro Agrícola*, 44(3), 56-64.
- Balbuena, O. (2015). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Nutrición Mineral del Ganado : [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/74-nutricion\\_mineral.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/74-nutricion_mineral.pdf)
- Ballent, M., y Herminia, G. (2012). *Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche*. *ITEA*, 130-138.
- Bavera, G. (2006). *Suplementación mineral y con Nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo*. Río Cuarto: Hemisferio Sur.
- Bavera, G., y Bocco, O. (2017). *Facultad de Veterinaria*. Desarrollo y precocidad: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/crecimiento-desarrollo-precocidad-t40596.htm>
- Benavides, C. (2008). *Evaluación in vivo del pasto kikuyo*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 7(12), 45-52. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.
- Bernal, J., y Espinosa, J. (2012). *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos*. En J. Bernal, y J. Espinosa, International Plant Nutrition Institute (pág. 24). IPNI.

- Bhalakiya, N., Haque, N., y Pratik, J. (2019). *Role of Trace Minerals in Animal Production and Reproduction*. *International Journal of Livestock Research*, 3-12.
- Bohsted, G. (1993). *Minerals in Dairy Cattle Nutrition: A Review*. University of Wisconsin.
- Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y Forrajes del Ecuador. Siembra y Producción de Pasturas*. Quito: Abya-Yala.
- Bonilla, A., y Singaña, D. (2019). *Edad al primer parto e indicadores de eficiencia en vacas lecheras con deferente potencialidad y productividad en sistemas a pastoreo*. *LA GRANJA*, 70 - 83.
- Botacio, R., y Garmendia, J. (1997). *Efecto de la suplementación mineral sobre el status mineral, parámetros productivos y reproductivos en bovinos a pastoreo*. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 245-247.
- Brendon, R., y Dugmore, T. (2012). *Mineral y Vitamin Nutrition of Dairy Cattle*. Agricultural Development Institute:  
[https://www.kzndard.gov.za/images/Documents/RESOURCE\\_CENTRE/GUIDELINE\\_DOCUMENTS/PRODUCTION\\_GUIDELINES/Dairying\\_in\\_KwaZulu-Natal/Mineral%20and%20Vitamin%20Nutrition%20Of%20Dairy%20Cattle.pdf](https://www.kzndard.gov.za/images/Documents/RESOURCE_CENTRE/GUIDELINE_DOCUMENTS/PRODUCTION_GUIDELINES/Dairying_in_KwaZulu-Natal/Mineral%20and%20Vitamin%20Nutrition%20Of%20Dairy%20Cattle.pdf)
- Carulla, J., y Cárdenas, E. (2015). *Evaluación de Forrajes. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana*. [Tesis de Maestría en Médico Veterinario. Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Colombia.
- Casale, R. (2016). *Livestock and Land. Manejo de Pasturas*:  
[https://livestockandland.org/Spanish\\_PDF/03\\_pastures/01%20%20Manejo%20de%20Pasturas.pdf](https://livestockandland.org/Spanish_PDF/03_pastures/01%20%20Manejo%20de%20Pasturas.pdf)

- Castagnola, M. (2012). *Cría y recría de vaquillas y efectos en parámetros productivos futuros*. Veterquímica.
- Castro, M. (2013). *Producción y consumo de las pastruras del rejo lactante del CADET. Tumbaco- Pichincha*. [Tesis de Pregrado en Ingeniería Agronómica. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional- Universidad Central del Ecuador <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/971/1/T-UCE-0004-9.pdf>
- Ceballos, A., Villa, N., Betancourth, T., y Roncancio, D. (2004). *Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales, Colombia*. Revista Colombiana de Ciencia Animal, 42-53.
- Cháves, P. (2016). *Recogida de muestras para el laboratorio*. INSTATEC.
- Córdova, A. (2002). *Causas de infertilidad en ganado bovino*. ResearchGate.
- Correa, A., y Hernández, N. (2007). *Inducción de celo en vacas en anestro post parto mediante la administración de sales minerales, vitaminas y masajes ováricos*. [Tesis de Grado Técnico Agronómico. Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Insitucional - Universidad Nacional Agraria.
- Crespo, G., y Ortiz, J. (2012). *Tasas de Acumulación, descomposición y NPK liberados por la hojarasca de leguminosas perennes*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 35(1), 39-44.
- Crosara, A. (2015). *Nutrientes en el suelo*: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Nutrientes%20del%20suelo.pdf>
- Cseh, S. (2003). *Bioquímica clínica en medicina veterinaria: Criterios a tener en cuenta*. Revista Argentina de Producción Animal, 23(4), 177-185.
- Depablos, L., Ordóñez, J., Godoy, S., y Chicco, C. (2011). *Suplementación mineral proteica de novillas a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela*. Zootecnia Tropical, 1-9.

- Donald , C. (2017). *Fertilidad de los suelos*. Guadalajara: Euned.
- Durán, J. (2012). *Análisis de correlación y regresión entre los caracteres fenotípicos del tipo lechero, con la producción lechera alcanzada, de vacas Holsteian Fiesian, en la Cuenca lechera de Machachi*. [Tesis de Pregrado en Veterinaria. Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional- Universidad Central del Ecuador
- Esser , N., Hoffman, P., Coblentz, W., Orth, M., y Weigel, K. (2009). *The effect of beef heifer development systems and lifetime productivity*. Journal of Animal Science, 92, 1741-1749.
- Faure, R., y Pedroso, A. (2010). *Caracterización del contenido macro y micro elementos en el sistema suelo-planta-animal y su influencia en la reproducción bovina*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 44(3), 233-237.
- FEDNA. (2017). *Fuentes de magnesio*.  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/fuentes-de-magnesio](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-magnesio)
- FEDNA. (2018). *Fuentes de fósforo y calcio*.  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/fuentes-de-f%C3%B3sforo](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/fuentes-de-f%C3%B3sforo)
- Fernández, M. (2014). *Vacuno de leche: Necesidades de minerales y vitaminas*. Mundo Ganadero, 14-17.
- Fierro, L., y Sánchez, P. (2012). *Mejoramiento del manejo zootécnico en un hato lechero tradicional. Cuenca, Azuay, Ecuador*.
- Frasinelli, C. (2014). *Sitio Argentino de Producción Animal. Cría y Recría de Bovinos*:  
[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/177-TextoCriaRecria.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/177-TextoCriaRecria.pdf)

- García , F. (2019). *Dinámica de nutrientes en el sistema suelo - planta*. International Plant Nutrition.  
[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/8C93069B3977D5D68525797D0054DC75/\\$FILE/Paraguay%20Curso%20Sept%202008%20-%20Dinamica%20Nutrientes.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/8C93069B3977D5D68525797D0054DC75/$FILE/Paraguay%20Curso%20Sept%202008%20-%20Dinamica%20Nutrientes.pdf)
- García, I. (2016). *Interacciones entre nutrientes*. CANNA  
[http://www.canna.es/interacciones\\_entre\\_nutrientes](http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes)
- García, M. (2016). *Efecto de la levadura Saccharomyces cerevisiae en condición corporal, alzada, ganancia diaria de peso, parámetros hematológicos y metabólicos con terneros de remplazo criados al pastoreo en la Hacienda Nero*. Universidad de Cuenca. [Tesis de Veterinaria, Universidad de Cuenca].  
Repositorio Institucional - Universidad de Cuenca.
- Garmendia, J. (2012). *Los minerales en la reproducción bovina*. Sitio Argentino de Reproducción Animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/34-minerales\\_en\\_reproduccion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/34-minerales_en_reproduccion.pdf)
- Garro, J., y Rosales, M. (2010). *Relación entre el peso corporal y el perímetro torácico en ganado cebuino en crecimiento en Costa Rica*. Agronomía Costarricense, 113-123.
- Gómez, C., y Fernández, M. (2016). *Minerales para mejorar producción de leche y fertilidad en vacas lecheras*. [Tesis de Grado Técnico Agronómico. Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Insitucional - Universidad Nacional Agraria.
- Gómez, J., Del Campo, M., y González, M. (2019). *Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina*. Revista Colombiana de Ciencia Animal.

- Guastavino, E. (2015). *Detección de Celos en Bovinos*. ADIVETER  
[http://www.adiveter.com/ftp\\_public/A1607.pdf](http://www.adiveter.com/ftp_public/A1607.pdf)
- Gutiérrez, E. (2015). *Suplementación de mineral para vacas en pastoreo*. Sitio Argentino de Producción Animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/239-Suplementacion\\_en\\_pastoreo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/239-Suplementacion_en_pastoreo.pdf)
- Hall, J. (2019). *Appropriate Methods of Diagnosing Mineral Deficiencies in Cattle* Department of Animal, Dairy and Veterinary Sciences. <https://dairy-cattle.extension.org/appropriate-methods-of-diagnosing-mineral-deficiencies-in-cattle/>
- Hernández, J. (2004). *El fósforo en la vaca lechera*. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Herrera, P., Birbe, B., y Martínez, N. (1998). XI Cursillo sobre Bovinos de Carne. *Suplementación estratégica con bloques multinutricionales*, 129-159. [Tesis de maestría en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela]. Repositorio Institucional - Universidad Central de Venezuela.
- Hinojosa, M. (2020). *Crecimiento de las terneras*. Unión Ganadera Regional de Jalisco: [http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com\\_contento\\_pdf=1&id=464](http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_contento_pdf=1&id=464)
- INEC. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>
- Jaramillo , A. (2014). *Caracterización zoométrica de la raza Charolais en el cantón Morona* [Tesis de Grado, Verterinaria]. Repositorio digital Institucional - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Jones, C. (2013). *Effect of trace mineral source on reproduction and milk production in Holstein cows*. The professional Animal Scientist, 29, 289-297.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1080744615302357>
- Judson, G., y McFarlane, D. (2008). *Mineral disorders in grazing livestock and the usefulness of soil and plant analysis in the assesment of these disorders*. Australian Journal of Expertmental Agiculture, 707-723.
- Kumar, A. (2017). *Role of Minerals in Reproductive Health of Dairy Cattle: A Review*.  
[https://www.researchgate.net/profile/Ankit\\_Ahuja5/publication/320162198\\_Role\\_of\\_Minerals\\_in\\_Reproductive\\_Health\\_of\\_Dairy\\_Cattle\\_A\\_Review/links/5d11c832458515c11cf6101a/Role-of-Minerals-in-Reproductive-Health-of-Dairy-Cattle-A-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ankit_Ahuja5/publication/320162198_Role_of_Minerals_in_Reproductive_Health_of_Dairy_Cattle_A_Review/links/5d11c832458515c11cf6101a/Role-of-Minerals-in-Reproductive-Health-of-Dairy-Cattle-A-Review.pdf)
- Kumaresan, A., Pathak, K., y Ramesh, T. (2010). *Soil–plant–animal continuum in relation to macro and micromineral status of dairy cattle in subtropical hillagro ecosystem*. Tropical Animal Health and Production(42), 567- 577.
- Lanuza, F. (2017). *Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – Centro Regional de Investigación Remehue.
- Lotero, J. (2009). *Relación suelo-planta-animál*. Nariño, Colombia.
- Luna, M. (2011). *Caracterización del perfil mineral de bovinos lecheros en establecimientos del departamento las colonias región Centro Norte de Santa Fe*. [Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Veterinarias]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Lima.
- Luna, V. (2013). *Sales mineralizadas para alimento vacuno a partir de la sal de roca*. [Tesis de grado, Facultad de Ingenier[ia Agron[omica]. Repositorio digital - Universidad Mayor de San Andrés.

- McDowell, L., y Arthington, J. (2005). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Gainesville: Florida University .
- McDowell, L., Conrad, R., Hembry, G., Rojas, L., Valle, G., y Velazquez, J. (1993). *Minerales para Rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. Universidad de Florida.
- McLean, P., y Bissonnette, J. (2009). Semex Solutions. Genetics for Life. *Manual para la cría efectiva de novillas*.
- Méndez, R., y Quej, D. (2018). *Evaluación del efecto de dos sales minerales sobre la ganancia diaria de peso, altura de la cadera y nivel de cruz de terneras*. [Tesis de grado. Ingeniería Agrícola]. Repositorio digital - Escuela Agrícola Panamericana.
- Mendoza, A., y Acosta, Y. (2014). *Manejo de la Recría en los Tambos: Aportes de INIA*. PRODUCCION ANIMAL(37), 32-35.
- Morales, R., y Ramírez, J. (2014). *Optimización de las crianza de hembras de reemplazo de lechería*: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.  
[http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/01/Bolet%C3%ADn297\\_Optimizaci%C3%B3n-e-la-crianza-hembras-de-reemplazo-lecher%C3%ADa.pdf](http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2015/01/Bolet%C3%ADn297_Optimizaci%C3%B3n-e-la-crianza-hembras-de-reemplazo-lecher%C3%ADa.pdf)
- Morales, T., y Cavestany, D. (2015). Condición Corporal. *Revista INIA*, 22-24. *Condición Corporal: Uniformizando Criterios*.
- Moriel, P., y Arthington, J. (2013). *Effects of trace mineral-fortified, limit-fed preweaning supplements on performance of pre- and postweaned beef calves*. *Journal of Animal Science*, 91, 1371-1380.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle. Minerales*. Seventh Revised Edition.

- Neville, F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock*. MPG Books Group.
- Noguera, R., y Posada, S. (2016). *Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo*. [Tesis de grado. Facultad de Veterinaria]. Repositorio digital - Universidad de Antioquia.
- NUTRION. (2020). *Características químicas de fuentes*. Riobamba.
- Odeón, S., y Gamietea, A. (2008). *Deformaciones articulares en terneros causadas por deficiencia de fósforo*. *Revista Argentina de Producción Animal*, 28(1), 31-37.
- Organisme de Sélection Montbéliarde . (2018). *La table de pointage* .<https://www.doc-developpement-durable.org/file/Elevages/Bovin/races/table%20de%20pointage%20de%20la%20montbeliarde.pdf>
- Pacheco, F. (2016). *Caracterización morfométrica e índices zoométricos de los grupos*. [Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias]. Repositorio digital - Universidad Nacional de México.
- Paladines , O. (2010). Pastos y Forrajes., *Recursos Forrajeros para los Sistemas de Producción Pecuaria* (pág. 267). [Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Agronómica]. Repositorio digital - Universidad Central del Ecuador.
- Polero , G. (2011). *Efecto de la suplementación parenteral de cobre al inicio de un protocolo de IATF sobre la tasa de celos y preñez en vacas de recria*. Instituto de Reproducción Animal de Córdoba.
- Rodríguez, I., Crespo, G., y Torres, V. (2008). *Evaluación integral del complejo suelo-planta en una unidad lechera, con silvopastoreo*, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(4), 403-410.

- Rodríguez-Campos, L., y Ruiz-Sánchez, G. (2015). *Efecto de suplementos minerales sobre el desarrollo corporal y reproductivo de hembras bovinas*. *Nutrición Animal Tropical*, 57-87.
- Rosero, R., y Posada, S. (2016). *Consideraciones generales de la sal mineral*. En *Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo* (págs. 11-13).C
- Rossa, D., y Mattioli, G. (2017). *Suplementación mineral en bovinos: Consideraciones previas a las discusiones técnicas*. *Brangus*, 39(74), 130-134.
- Salazar, D. (2015). *Efecto de la suplementación proteíca, energética y vitamínica en la alimentación de vaconas medias y fierro en El Cader*,  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3032/1/T-UCE-0004-86.pdf>
- Salvador, A. (2002). *Midiendo el crecimiento para la crianza de novillas*. Facultad de Ciencias Vterinarias de la UCV: Publicaciones Profesionales.
- Sánchez, A. (2010). *Parámetros Reproductivos de Bovinos*. [Tesis de grado. Facultad de Medicina Veterinaria]. Repositorio digital - Universidad Veracruzana.:  
[https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2012/12/Sanchez-2010.\\_Parametros-reproductivos-bovinos.pdf](https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2012/12/Sanchez-2010._Parametros-reproductivos-bovinos.pdf)
- Sánchez, J. (2000). *Hipomagnesemia, un desbalance metabólico subestimado en la producción de ganado lechero en Costa Rica*. *Nutrición Animal Tropical*, 75 - 95.
- Solís, G. (2006). *Estimación del peso corporal de ganado cebuino y sus cruces por medición del perímetro torácico*. [Tesis de grado. Facultad de Veterinaria]. Repositorio digital - Universidad de Costa Rica. San José.
- Soto, M. (2006). *Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en la producción de ganado lechero en Costa Rica*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

- Underwood, E. J., y Suttle, N. F. (2010). *The Mineral Nutrition of Livestock* (Cuarta ed.): Guildford and King's Lynn.  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Produccion\\_Animal/Minerals\\_in\\_Animal\\_Nutrition.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Minerals_in_Animal_Nutrition.pdf)
- Ureña, F. (2018). *Producción Animal y Gestión de empresas*. Toma de muestras sistema Weende: <https://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=146>
- Vaca, D. (2011). *Efecto acumulativo de vinaza, aplicada durante tres años, en el rendimiento de una mezcla forrajera, y en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un andisol*. [Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria]. Repositorio digital - Escuela Politecnica Nacional.
- Vaquero, M. (2001). *Estudio de los minerales. Fuentes de macro y microminerales como correctores en la formulación de raciones*. Frisona Española, 88-94.
- Vargas, D., y Martínez, G. (2011). *Tamaño de vacas doble propósito y su relación con la producción de leche e intervalos entre partos*. [Tesis de grado. Facultad de Veterinaria]. Repositorio digital - Universidad Central de Venezuela.
- Vargas, J., y Sierra, A. (2018). *El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano*. Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Villena, E. (2002). *Técnico en Ganadería*. Madrid - España, Cultural.
- Zagal, E., y Sadzawka, A. (2007). *Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos*.
- Zanton, G., y Heinrichs, J. (2013). *Precision feeding dairy heifers: strategies and recommendations*. PennState.
- ZINPRO. (2015). Zinpro University. *Manual de entranamiento en Ganado Lechero para zonas tropicales*.