



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

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

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

**TEMA: “ESTUDIO DEL CÍRCULO NUTRICIONAL MINERAL:
SUELO, PLANTA, ANIMAL, EN LA PARROQUIA GUANUJO”**

**AUTORES:
AMANGANDI SINCHIPA, OSWALDO
RUIZ PASPUEL, CARLOS FABIO**

**DIRECTOR:
ING. DÍAZ MONROY, BYRON LEONCIO. PhD.**

SANGOLQUI

2019

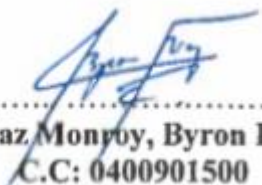


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA
CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, *“ESTUDIO DEL CÍRCULO NUTRICIONAL MINERAL: SUELO, PLANTA, ANIMAL, EN LA PARROQUIA GUANUJO”*, fue realizado por los señores *Amangandi Sinchipa, Oswaldo y Ruiz Paspuel, Carlos Fabio* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 06 de febrero del 2019


.....
Ing. Díaz Monroy, Byron Leoncio
C.C: 0400901500



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

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Amangandi Sinchipa, Oswaldo*, con cédula de ciudadanía n°: 0201511136, y *Ruiz Paspuel, Carlos Fabio*, con cédula de ciudadanía n°: 0401080395, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Estudio Del Círculo Nutricional Mineral: Suelo, Planta, Animal, En La Parroquia Guanujo”* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 06 de febrero del 2019

Amangandi Sinchipa, Oswaldo
C.C: 0201511136

Ruiz Paspuel, Carlos Fabio
C.C: 0401080395



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

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, **Amangandi Sinchipa, Oswaldo**, con cédula de ciudadanía n°: 0201511136, y **Ruiz Paspuel, Carlos Fabio**, con cédula de ciudadanía n°: 0401080395, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Estudio Del Círculo Nutricional Mineral: Suelo, Planta, Animal, En La Parroquia Guanujo”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 06 de febrero del 2019

Amangandi Sinchipa, Oswaldo
C.C: 0201511136

Ruiz Paspuel, Carlos Fabio
C.C: 0401080395

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposa Carmita Cubi madre de mis hij@s, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar cualquier circunstancia. A mi Padres y Herman@s que les llevo dentro de mi corazón y por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Y a mis hij@s Keyny y Tamya que son el amor y la razón de mi vida, les dedico con sencillez y profundo cariño.

Amangandi Sinchipa, Oswaldo

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi esposa María Eufemia Segura, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hijas Carla María y María José quienes son el tesoro más valioso y el motor que me impulsa a ser cada día mejor. Y a mis hermanos: Tania, Andrés y Carmen Elena por su apoyo en momentos de necesidad.

Ruiz Paspuel, Carlos Fabio

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincera gratitud a Dios y luego un profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Escuela de Posgrado de la ESPE, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar esta Maestría.

De igual manera mis agradecimientos, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Mario Ortiz, Coordinador durante todo este proceso de esta Maestría, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió que se haga realidad este objetivo.

Amangandi Sinchipa, Oswaldo

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi esposa y su familia quienes me brindaron todo su apoyo incondicional para este propósito. Asimismo, agradezco infinitamente a mis maestros quienes compartieron sus conocimientos y fueron los tutores para afianzar el profesionalismo que hoy día se necesita para un mejor desempeño en el campo agropecuario. Y finalmente también dar las gracias a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en donde se impartieron las enseñanzas.

Ruiz Paspuel, Carlos Fabio

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPITULO II.....	4
REVISION DE LA LITERATURA	4
2.1. Ganadería Lechera en Ecuador	4
2.2. Suelos Alto Andinos (Componente Edáfico).....	7
2.2.1. Características de los Andisoles	9
2.2.2. Propiedades Químicas del Suelo	12
2.2.2.1. Materia Orgánica	12
2.2.2.2. Reacción del Suelo pH.....	12
2.2.2.3. Capacidad Catiónica de Cambio.....	14
2.2.2.4. Fertilidad.....	15
2.2.3. Macronutrientes	16
2.2.3.1. Nitrógeno.....	16
2.2.3.2. Fósforo.....	16
2.2.3.3. Potasio.....	17
2.2.3.4. Calcio	18
2.2.3.5. Magnesio.....	18

2.2.3.6.	Azufre	20
2.2.4.	Micronutrientes	20
2.2.4.1.	Hierro	20
2.2.4.2.	Manganeso	21
2.2.4.3.	Cobre	21
2.2.4.4.	Zinc	22
2.2.4.5.	Boro	23
2.2.4.6.	Molibdeno.....	23
2.2.4.7.	Cobalto	23
2.2.4.8.	Selenio.....	24
2.2.4.9.	Cloro	25
2.3.	Pastos.....	25
2.3.1.	Tipo de Pastos	27
2.3.1.1.	Gramíneas	27
2.3.1.1.1.	Pasto Azul.....	28
2.3.1.1.2.	Cebadilla Criolla.....	28
2.3.1.1.3.	Ray grass	28
2.3.1.1.4.	Gramma.....	29
2.3.1.1.5.	Holco.....	29
2.3.1.2.	Leguminosas.....	29
2.3.1.2.1.	Trébol Blanco.....	31
2.3.1.3.	Otras Forrajeras.....	31
2.3.1.3.1.	Llantén.....	31
2.3.2.	Mezclas Forrajeras.....	32
2.3.3.	Funciones de los nutrientes en las plantas forrajeras	33
2.3.3.1.	Nitrógeno.....	33
2.3.3.2.	Fósforo.....	33
2.3.3.3.	Potasio.....	34
2.3.3.4.	Azufre	35
2.3.3.5.	Calcio	35
2.3.3.6.	Magnesio.....	36
2.3.3.7.	Hierro	36
2.3.3.8.	Manganeso	37
2.3.3.9.	Zinc	37

2.3.3.10. Cobre	38
2.3.3.11. Cloro	39
2.3.4. Composición mineral de la mezcla forrajera	39
2.3.5. Vacas.....	40
2.3.6. Características de las Vacas Mestizas.....	40
2.3.7. Parámetros Zootécnicos.....	41
2.3.7.1. Carga Animal (UA/ha)	41
2.3.7.2. Capacidad de carga (UA/ha)	42
2.3.7.3. Carga animal instantánea.....	42
2.3.7.4. Producción de leche (litros/vaca/día).....	42
2.3.7.5. Producción de leche por unidad de superficie (litros/ha)	42
2.3.8. Composición Mineral de Sangre de Bovinos.....	43
2.3.9. Los Minerales en el organismo animal	45
2.3.9.1. Calcio (Ca).....	45
2.3.9.2. Fósforo (P).....	46
2.3.9.3. Magnesio (Mg)	47
2.3.9.4. Sodio (Na).....	47
2.3.9.5. Cloro (Cl).....	48
2.3.9.6. Potasio (K).....	49
2.3.9.7. Hierro (Fe).....	50
2.3.10. Perfil Mineral del Ganado Lechero (Estudios Similares)	51
CAPITULO III	55
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.1. Localización geográfica y duración de la investigación.....	55
3.2. Condiciones agro meteorológicas.....	55
3.3. Materiales y equipos	55
3.3.1. Materiales.....	56
3.3.2. Equipos.....	56
3.3.3. Instalaciones.....	56
3.4. Métodos	57
3.4.1. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 1	57
3.4.2. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 2	57
3.4.3. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 3	58

3.4.4. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 4.....	58
3.4.5. Análisis estadístico.....	58
CAPITULO IV	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1. Análisis de suelos para los principales minerales en la parroquia Guanujo	59
4.1.1. Contenido de nitrógeno.....	59
4.1.2. Contenido de calcio	59
4.1.3. Contenido de fósforo	60
4.1.4. Contenido de potasio.....	60
4.1.5. Contenido de magnesio	61
4.1.6. Contenido de hierro.....	61
4.1.7. Contenido de manganeso	62
4.1.8. Contenido de cobre.....	62
4.1.9. Contenido de zinc	63
4.1.10. Contenido de materia orgánica	63
4.1.11. pH.....	64
4.2. Composición de mezclas forrajeras y producción de forraje verde en la parroquia Guanujo..	64
4.2.1. Composición de mezclas forrajeras	64
4.2.2. Producción de forraje verde	65
4.3. Valor nutricional primario y contenido mineral de mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo	66
4.3.1. Valoración nutricional	66
4.3.1.1. Humedad y materia seca.....	66
4.3.1.2. Proteína	66
4.3.1.3. Grasa.....	66
4.3.1.4. Fibra	67
4.3.1.5. Extracto no nitrogenado	68
4.3.1.6. Ceniza	68
4.3.2. Contenido de minerales.....	68
4.3.2.1. Contenido de calcio	68
4.3.2.2. Contenido de fósforo	69
4.3.2.3. Contenido de potasio	70
4.3.2.4. Contenido de magnesio	70
4.3.2.5. Contenido de hierro.....	71

4.3.2.6. Contenido de manganeso	71
4.3.2.7. Contenido de cobre.....	72
4.3.2.8. Contenido de zinc	72
4.4. Evaluación del perfil mineral en suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo.....	73
4.4.1. Contenido de nitrógeno.....	73
4.4.2. Contenido de calcio	74
4.4.3. Contenido de fósforo	75
4.4.4. Contenido de potasio	76
4.4.5. Contenido de magnesio	76
4.4.6. Contenido de hierro.....	76
4.4.7. Contenido de cloro.....	77
4.4.8. Contenido de sodio	77
4.5. Análisis de correlación del círculo nutricional mineral, suelo- planta-animal en la parroquia Guanujo.....	78
4.5.1. Calcio	78
4.5.2. Fósforo.....	79
4.5.3. Potasio	80
4.5.4. Magnesio	83
4.5.5. Hierro	83
4.6. Alternativas de manejo para el mejoramiento del círculo nutricional mineral: suelo, planta, animal mediante estrategias nutricionales económicamente viables.....	85
4.6.1. Alternativas de manejo de suelos	86
4.6.2. Alternativas de fertilización de forrajes	88
4.6.3. Alternativas de manejo nutricional en bovinos lecheros	89
CAPITULO V.....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1. Conclusiones	91
5.2. Recomendaciones	92
BIBLIOGRAFIA	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de rangos de pH del suelo</i>	13
Tabla 2 <i>Elementos minerales esenciales nutricionalmente importantes y su concentración aproximada en el animal</i>	44
Tabla 3 <i>Concentraciones minerales y cambios bioquímicos (enzimas, proteínas y otros metabolitos) del metabolismo mineral en tejidos, fluidos y otro tipo de muestras elegidas de manera específica de los animales</i>	53
Tabla 4 <i>Condiciones meteorológicas de la parroquia Guanujo</i>	55
Tabla 5 <i>Contenido de los principales minerales en el suelo de cultivo de la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de bolívar</i>	60
Tabla 6 <i>Composición botánica de los cultivos forrajeros muestreados en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar</i>	65
Tabla 7 <i>Producción forrajera en los cultivos muestreados en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar</i>	65
Tabla 8 <i>Valor nutricional primario y contenido mineral de mezclas forrajeras cultivadas en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar</i>	67
Tabla 9 <i>Perfil mineral en suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo cantón Guaranda, provincia de Bolívar</i>	74
Tabla 10 <i>Correlación del círculo nutricional del calcio (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo</i>	78

Tabla 11 <i>Correlación del círculo nutricional del fósforo (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo</i>	80
Tabla 12 <i>Correlación del círculo nutricional del potasio (suelo, planta, animal), en la parroquia Guanujo</i>	80
Tabla 13 <i>Correlación del círculo nutricional del magnesio (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo</i>	83
Tabla 14 <i>Correlación del círculo nutricional del hierro (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo</i>	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dispersión grafica de la correlación de Calcio contenido en el Suelo	79
Figura 2	Dispersión grafica de la correlación del Potasio contenido en el Suelo	81
Figura 3	Dispersión grafica de la correlación del Magnesio contenido en el Suelo y Forraje. ...	82
Figura 4	Dispersión grafica de la correlación del Magnesio contenido en el suelo y suero sanguíneo de vacas.....	82
Figura 5	Dispersión grafica de la correlación del Hierro contenido en el suelo y suero	85

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Comunidad Quinua Corral, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, cuyo objetivo fue: estudiar el círculo nutricional mineral: suelo, planta, animal, para ello fue necesario coleccionar y analizar muestras de suelo y forraje de 12 unidades pecuarias y muestras de suero sanguíneo de 26 vacas lecheras en la primera etapa de lactancia. En suelo, forraje y suero sanguíneo se determinaron concentraciones de: calcio, fósforo, potasio, magnesio y hierro. En suelo y planta se determinó además concentraciones de manganeso, cobre y zinc. Se analizó el valor primario del forraje como son: materia seca, proteína bruta, grasa, fibra bruta, extracto no nitrogenado y cenizas. En suelo se determinó además la materia orgánica y el pH. Para obtener los resultados se aplicó estadística descriptiva y análisis de correlación en donde los niveles de N, Ca y Fe en el suelo se presentan altos; mientras que los niveles de P, K y Mg se muestran bajos. El análisis del forraje refleja niveles bajos de proteína y fibra; mientras que la concentración mineral está por debajo del nivel requerido a excepción del Fe. Los resultados de la concentración mineral en suero sanguíneo indican niveles relativamente bajos con respecto a los niveles requeridos. Existe una correlación directa para Ca, P y K, entre suelo y planta; mientras que la correlación entre planta y animal no es lineal; sin embargo, muestra una ligera tendencia positiva. Para Mg y Fe, muestra una correlación lineal entre planta y animal.

PALABRAS CLAVES:

- **CICLO MINERAL**
- **PERFIL NUTRICIONAL**
- **NUTRICIÓN MINERAL**

ABSTRACT

This research was carried out in the Quinoa Corral Community, Guaranda Canton, Province of Bolívar, whose objective was to study the mineral nutritional circle: soil, plant, animal, for this it was necessary to collect and analyze samples of soil and forage of 12 livestock units and samples of blood serum from 26 dairy cows in the first stage of lactation. In soil, forage and blood serum concentrations of: calcium, phosphorus, potassium, magnesium and iron were determined. In soil and plant, concentrations of manganese, copper and zinc were also determined. The primary value of the forage was analyzed, such as: dry matter, crude protein, fat, crude fiber, non-nitrogenous extract and ash. In soil, organic matter and pH were also determined. To obtain the results, descriptive statistics and correlation analysis were applied where the levels of N, Ca and Fe in the soil are high; while the levels of P, K and Mg are low. Forage analysis reflects low levels of protein and fiber; while the mineral concentration is below the required level with the exception of Fe. The results of the mineral concentration in blood serum indicate relatively low levels with respect to the required levels. There is a direct correlation for Ca, P and K, between soil and plant; while the correlation between plant and animal is not linear; however, it shows a slight positive trend. For Mg and Fe, it shows a linear correlation between plant and animal.

KEY WORDS:

- **MINERAL CYCLE**
- **NUTRITIONAL PROFILE**
- **MINING NUTRITION**

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Introducción

La producción de ganado lechero hace avizorar grandes cambios en los sistemas de producción cada vez más intensivos, lo cual implica que para ser eficientes y competitivos ante la globalización, se necesita contar con fuentes de información que permitan conocer el estado nutricional de sus animales y los diferentes componentes que influyen en este proceso como es la relación suelo - planta - animal en tal virtud resulta de vital importancia levantar una fuente de información sólida y confiable que permita de manera técnica poder determinar el estado nutricional de los animales en sus diferentes etapas.

Dentro de los aspectos fundamentales de la producción lechera se encuentran las enfermedades metabólicas como consecuencia de la exigencia metabólica presente en vacas con alto potencial genético exacerbándose muchas veces por los problemas nutricionales no balanceados completamente. Ante estas circunstancias resulta importante cuidar la salud, nutrición y manejo de las vacas lecheras y una de las formas de conocer el estado nutricional es conociendo los perfiles minerales siendo esta una herramienta que permite el diagnóstico preciso y oportuno de las enfermedades provocadas por desequilibrios entre la ingesta y su metabolismo radicando ahí la importancia de los perfiles metabólicos de tipo mineral.

Al ser los minerales nutrientes necesarios para mantener la vida, la carencia de alguno de ellos debe ser cubierta mediante la provisión de alimentos que lo contenga de manera suficiente y en estado disponible de forma directa o mediante suplementos, es ahí cuando surge la necesidad de

realizar la investigación que permita la determinación mediante análisis de laboratorio a través de perfiles metabólicos de minerales para conocer sus concentraciones sanguíneas, mismas que serán instrumentos de ayuda para facilitar la toma de decisiones en el manejo nutricional y pueda el productor alcanzar niveles de eficiencia en la producción.

Según Guamán (2011) manifiesta que un elemento clave dentro de los sistemas de producción con rumiantes es la nutrición, ya que el potencial productivo de un animal sólo puede expresarse en la medida que sus necesidades de mantenimiento estén cubiertas y quede un excedente disponible para ser transformado; por lo tanto, la base de estos sistemas de alimentación, son las pasturas naturales o mejoradas.

Se hace necesario que se implementen acciones referentes para mejorar la productividad de los sistemas de alimentación, con el fin de incrementar la producción de leche y con ella la calidad composicional, procurando hacerlo de forma acelerada, pero al mismo tiempo de forma sostenible, es decir manteniendo un equilibrio entre los recursos aprovechables participantes del proceso. (Eraso, 2014)

Castañeda (2012.) En su estudio informa que el diagnóstico mineral puede estar conformado, por tantos componentes se consideren aportadores de minerales al ganado. Sin embargo, su realización exige alto costo monetario y logístico, por lo que deben seleccionarse y analizarse el número mínimo de muestras, que sean representativas e indicativas del estado nutricional del ganado y su relación con factores directamente involucrados en la nutrición mineral.

El suelo suministra la base sólida para que los vegetales puedan fijarse a él, además provee a las plantas el agua y minerales necesarios para elaborar sus alimentos.

Una condición importante para que se produzca el crecimiento de una planta, es que el suelo posea cantidades suficientes de sustancias nutritivas. Éstas se obtienen a partir de la descomposición del humus, por lo cual la presencia de bacterias y hongos, es imprescindible para llevarla a cabo. (Bugarin, 2012)

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estudiar el círculo nutricional mineral: suelo, planta, animal, en la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el análisis de suelos para los principales minerales (N, P, K, Ca, Mg y Fe).
- Determinar el valor nutricional primario de mezclas forrajeras existentes en la zona.
- Determinar el perfil mineral (Ca, P, Mg, Na, K, Cl y Fe) en suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo.
- Plantear alternativas de manejo para el mejoramiento del círculo nutricional mineral: Suelo, planta, animal.

CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

2.1. Ganadería Lechera en Ecuador

Se estima que del 80 al 90 por ciento de la producción lechera de los países en desarrollo se produce en sistemas agrícolas en pequeña escala. Estas actividades se basan en un nivel bajo de insumos, por lo que la producción por animal lechero es bastante reducida. La producción lechera en sistemas de pastoreo se basa en la tierra, y la leche a menudo es el producto más importante para la subsistencia. (FAO, 2018)

Realmente el Ecuador inicia una gran producción lechera a partir de los años 1950. Si bien en las décadas anteriores se importó gran cantidad de ganado como pies de cría, y se fundaron instituciones y estaciones experimentales y, además, muchas haciendas mejoraron su manejo y tecnología, es en los años cincuenta, cuando el ganado especializado y sus crías entran en producción, y la ganadería comienza a apoyarse en los servicios profesionales de veterinarios e ingenieros agrónomos y técnicos de especialidades. Se comienza a seleccionar el ganado reproductor, y muchas haciendas que alcanzan producciones adecuadas se vuelven vendedoras de machos y hembra, nacidos en Ecuador para pies de cría. La venta de animales se convierte en otro estímulo para el ganadero, por lo que se inician programas en las Asociaciones de Razas, que rigen y controlan el pedigrí y la producción del ganado. (Studio, 2015)

El sector bovino lechero adquiere gran importancia estratégica en Ecuador, con una producción diaria de 5.8 millones de litros y ocupando al 8 % de la población activa. La producción lechera se

concentra principalmente en tres zonas geográficas: 1) La Sierra (77 %), con clima templado y modelo intensivo especializado, 2) La Costa (15 %) y 3) Amazonía (8 %), ambas con clima cálido y un modelo productivo de ganadería vacuna de doble propósito. (Requelme & Bonifaz, 2012)

En cuanto a la existencia de cabezas de ganado, a nivel nacional, en el periodo 2017 se registró 4.190.611 cabezas de ganado vacuno. Para 2017 la tasa anual de variación del ganado vacuno registró un incremento de 1,53 % con relación a 2016 a nivel nacional, se observa que la región Sierra cuenta con mayor cantidad de ganado con un 48,87 % del total nacional, seguida por la Costa con 42,32 % y el Oriente con 8,77 %. La región Sierra tuvo un crecimiento de 0,29 %, de igual manera la Costa y el Oriente presentaron incrementos de 2,04 % y 0,79 % respectivamente. En cuanto a la producción de leche, la región Sierra es la que más aporta con un 64,31 %, seguido de la Costa con el 29,99 % y el Oriente con el 5,67 %. En relación al promedio de litros de leche por vaca producidos, la región que se destaca es la Sierra con 7,11 litros/vaca. La región Oriental ocupa el segundo lugar con 4,29 litros/vaca y por último la región Costa con 3,93 litros/vaca. (INEC, 2017)

La disponibilidad de leche cruda en el país es alrededor de 3,5 a 4,5 millones de litros por día, siendo para consumo humano e industrial aproximadamente 75% de la producción. El 90% de las principales industrias procesadoras de lácteos se encuentran ubicadas en la Sierra y se dedican, principalmente, a la producción de leche pasteurizada, quesos y crema de leche, ocupando un plano secundario los otros derivados lácteos. (Contero, 2008)

Zambrano (2017), en su estudio sobre la producción de leche reporta que el sector lácteo en el Ecuador no es ajeno a las características de una estructura atomizada en la producción de leche. Durante los últimos años presenta un importante crecimiento, debido principalmente a la mejora de condiciones económicas y el consecuente cambio en los hábitos de consumo, donde los productos lácteos forman parte de la dieta de los consumidores.

La provincia de Bolívar destina su uso de suelo a pastizales y una gran parte de ellos son cultivados. El 88% de propiedades de esta provincia tienen menos de 20 hectáreas y de ellas el 42% son de uso agropecuario. El tamaño promedio de finca es de 4,7 ha/UPA. Sus grandes áreas de pastizales permiten una gran cobertura ganadera, aunque los promedios productivos de Bolívar, en esta área, son todavía bastante bajos. En todo caso, Bolívar provee un promedio de 270.000 litros de leche cruda al día, que representa el 5% de la producción nacional diaria. Actualmente muchas ganaderías de Bolívar, se dedican a producir quesos, que son conocidos en todo el Ecuador. Mucha de la leche cruda que se produce en Bolívar, ha encontrado mercado en la Costa ecuatoriana. Pero podemos decir que la quesería comunitaria, es la más importante iniciativa de esta provincia (Studio, 2015)

La comunidad Quinoa Corral se encuentra ubicada en el sector Llungay de la Dolorosa, ubicada a una altura comprendida entre 2900 y 3200 msnm, en una zona netamente ganadera con una población de aproximadamente 500 familias de las cuales el 75% de su población se dedica a la ganadería y el 25% a la agricultura; el 70% de mujeres se dedica a la actividad ganadera; el 30% de la población se dedican a otras actividades como la construcción y otras ocupaciones; La población animal es de aproximadamente 5000 animales (2500 vacas en producción, 1000 entre

gestantes y vacías y 1500 entre vaconas, toretes y terneros), en su mayoría son animales introducidos desde las provincias de Chimborazo y Tungurahua en un 40% y el 60% son animales nativos o criollos, los procesos de mejora genética se viene dando en tan solo un 5% a través de compra de animales de alta genética o por inseminación artificial.

Las variedades de pastos que se dispone en el sector son una mezcla forrajera: pasto azul (*Dactylis glomerata*), ray grass perenne (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), avena (*Avena sativa*) y vicia (*Vicia sativa*), utilizados en un sistema de pastoreo; la producción de leche, el 90% es para la elaboración de quesos y el 10% es para auto consumo, reciben asesoramiento técnico un 15% los productores por lo que existe una gran variabilidad en el desempeño animal en los aspectos productivos, reproductivos y sanitarios, siendo el nutricional el que mayor impacto tiene, puesto que no se cuenta con una base de información para determinar la presencia de deficiencias y metabólicas.

2.2. Suelos Alto Andinos (Componente Edáfico)

El suelo es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, que ocupa un espacio y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas en un ambiente natural. (USDA, 2014)

El suelo es el sustrato sobre el que crecen las plantas forrajeras, por lo que la concentración de los minerales en sus tejidos depende de la fertilidad, pH del suelo, de la disponibilidad de los minerales en la solución del suelo y de la forma química en la que se encuentre el mineral en la parte física y solución del suelo (Foth & Elis, 1997). Por lo tanto, al asociar la concentración de un

mineral en la planta forrajera con la concentración de este mismo en el suelo; se puede averiguar, si la desnutrición mineral del animal, es resultado de un bajo contenido con respecto al requerimiento del ganado pero suficiente para el crecimiento del forraje, o a la baja disponibilidad mineral del suelo. (Castañeda, 2012.)

Al considerar la concentración de un mineral en los forrajes, debe reconocerse la diferencia entre su capacidad para absorber los minerales del suelo y la habilidad para satisfacer sus necesidades, que en la mayoría de los casos no se igualan (Whitehead, 2000). Las plantas acumulan minerales durante el periodo de crecimiento activo, por lo que su contenido mineral puede no estar necesariamente relacionado con el contenido del mismo en el suelo. (Vázquez, Pérez, & Meléndez, 2011)

Según Calvache (2015) los Andisoles se desarrollan a partir de cenizas volcánicas y evidencian poca a moderada evolución; presentan un apreciable contenido de alófana (arcillas amorfas); baja densidad aparente ($< 0,85$ g/cc); y, alta fijación de fósforo. Se ubican en las zonas altas y húmedas de la serranía ecuatoriana “páramos”; así como, dentro del callejón interandino y hacia la costa y el oriente debido a flujos de material volcánico. En las zonas altas se encuentran cubiertos por vegetación de páramo. Hacia el callejón interandino y la costa son muy utilizados para realizar actividades agrícolas ya que presentan buenas condiciones de fertilidad.

El concepto central de Andisoles es el de los suelos dominados por minerales de orden de rango bajo. Incluyen suelos débilmente degradados con mucho vidrio volcánico, así como suelos más fuertemente degradados. Por lo tanto, el contenido de vidrio volcánico es una de las características utilizadas para definir las propiedades del suelo andino. Los materiales con propiedades ándicas

comprenden un 60 por ciento o más del espesor entre la superficie del suelo mineral o la parte superior de una capa orgánica con propiedades ándicas del suelo y una profundidad de 60 cm o una capa limitante de la raíz si es menos profunda. (USDA, 2018)

2.2.1. Características de los Andisoles

Espinosa (2008) manifiesta que una de las características más importantes de los Andisoles es su capacidad para inmovilizar (fijar) fósforo (P) en la superficie de los minerales amorfos. Esta es quizá la principal limitante de los Andisoles. Sin embargo, la capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de arcilla presente, condición que a su vez parece está determinada por la altura a la cual se encuentran los depósitos de ceniza que formaron el suelo.

Las características y propiedades de los suelos derivados de materiales volcánicos (cenizas y basaltos) se acentúan con el tiempo bajo condiciones hidromórficas tropicales a partir de cierta estabilidad de la capa en alteración bajo condiciones de humedad relativa de media a alta y con vegetación poco lignificada fácilmente biodegradable, cuyos compuestos húmicos frescos son estabilizados por el material alofánico. Es de relevar la fuerte actividad biológica que hay en estos suelos representada en la meso y macro fauna en microorganismos como hongos y bacterias. Los hongos y la diversidad de la macro y meso fauna puede ser más importante y abundante en los climas templados con acidez media. Los microorganismos como las bacterias pueden predominar en la montaña fría con acidez baja y con vegetación mayormente lignificada y de hecho acidificante. (IDEAM, 2014)

Los Andisoles tienen una alta capacidad tampón (resistencia al cambio de pH) y una moderada CIC y estos factores hacen que la determinación de los requerimientos de cal en estos suelos sea

más complicada. La intensidad de la capacidad tampón varía de un sitio al otro de acuerdo a los factores que controlan la meteorización de la ceniza como la altitud, precipitación, temperatura y edad del material. (Espinosa, 2008)

Como características químicas especiales se reportan una alta capacidad de cambio dependiente del pH. Por el contrario, la saturación de bases tiende a ser baja. También se caracteriza por una alta capacidad buffer y alta retención de fosfatos, en razón de tener abundantes contenidos de aluminio y hierro activos. (IDEAM, 2014)

La alta capacidad tampón de los Andisoles se debe a que las arcillas resultantes de la meteorización de las cenizas volcánicas (alófana, imogolita y complejos humus-Al) tienen una superficie muy reactiva. En este caso los OH producidos por hidrólisis del ion CO_3 crean carga en la superficie de las arcillas por deprotonización (pérdida de H) y consecuentemente no se incrementan el pH de la solución del suelo, pero se incrementan la CIC (carga variable). Esta resistencia al cambio de pH de los suelos de carga variable obligaría a utilizar cantidades muy altas de cal para llegar a pH 7.0. Obviamente esto no es necesario y solamente conviene el elevar el pH hasta valores un poco más arriba de lo necesario para precipitar el Al (5.3-5.5). (Espinosa, 2008)

La dinámica bioquímica da lugar a complejos órgano - minerales resistentes a la mineralización biológica, pero de una manera que no afecta la liberación del nitrógeno necesario para el sustento vegetal. Las propiedades físicas están determinadas por un horizonte A o muy importante sobre el cual subyace un horizonte A de espesor apreciable. La densidad aparente es baja y la capacidad de retención es alta. Se resaltan las propiedades tixotrópicas en el horizonte anterior. (IDEAM, 2014)

Burbano y Silva 2010, manifiestan que los andisoles por sus características son suelos poco evolucionados, de colores oscuros humíferos de baja densidad aparente y alto contenido de alófanos, tiene alta capacidad de retención de fosfatos y son de textura media. (Zambrano G. , 2013)

La capacidad de intercambio catiónico suele contener valores excepcionales que fluctúan entre 50 a 100 meq/100 g. de suelo, constituida por cargas dependientes del pH el cual generalmente es ácido. Los compuestos húmicos y alofónicas son responsables de este tipo de capacidad de intercambio ya que las arcillas tienen un papel menor en las cargas permanentes. La alófana o bien silicato de alúmina amorfo, es responsable de las cargas variables y predominan sobre las cargas permanentes. (Espinosa, 2008)

Navarro, B. y Navarro, G. (2003) reportan que las principales características físicas y químicas del suelo que determinan el contenido mineral son:

1. Material parental del que procede.
2. Entradas de nutrientes por la atmósfera, por fertilización, por abonado, por deyecciones, por material arrastrado.
3. Reciclamiento de todos estos nutrientes.
4. En tanto, que la biodisponibilidad de los elementos para las plantas está en función de:
5. Forma química del mineral.
6. Capacidad de intercambio catiónico.
7. pH
8. Contenido de materia orgánica en el suelo
9. Potencial redox del suelo.

2.2.2. Propiedades Químicas del Suelo

La naturaleza química del suelo controla el suplemento y disponibilidad de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. La actividad química del suelo depende de la cantidad y naturaleza de las arcillas presentes y del contenido de materia orgánica. Estos parámetros dependen a su vez de las condiciones climáticas y de la edad del suelo. (Bernal, 2003)

A continuación, se discuten las principales propiedades químicas del suelo.

2.2.2.1. Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo (MO) del suelo no se puede caracterizar fácilmente, sin embargo, se conoce que está constituida de un amplio rango de compuestos cuya naturaleza específica está determinada por el tipo de residuos animales y vegetales incorporados que se descomponen en un ciclo continuo. En términos exactos, la MO del suelo es el humus acumulado en el suelo a través del tiempo, producto de la descomposición de los residuos vegetales y animales. (Bernal, J. 2003). El alto contenido de MO que se encuentra en las partes altas de la región andina se debe a las bajas temperaturas, precipitaciones bien distribuidas que permiten producción de biomasa todo el año y una menor actividad microbiana por efecto de la temperatura y en consecuencia menor descomposición de los residuos. (Bernal, 2003)

2.2.2.2. Reacción del Suelo pH

La reacción o pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo. En realidad, el pH determina el contenido de iones hidrógeno (H^+) y se define como el logaritmo del recíproco de la concentración de iones H^+ en el suelo. Un valor de pH 7.0 es neutro, valores más bajos indican acidez y valores más altos alcalinidad. En suelos agrícolas el pH se encuentra en un rango que va de 3.5 a 9.5, sin embargo, los cambios extremos de pH afectan el crecimiento de las plantas a través

de su efecto en la disponibilidad de nutrientes y en la actividad de los microorganismos del suelo. (Bernal, 2003)

La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad. (Poma, 2017)

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A), clasifica los rangos de pH del suelo de la siguiente manera:

Tabla 1

Clasificación de rangos de pH del suelo

Denominación	Rango de Ph
Ultra Acido	<3.5
Extremadamente Acido	3.5 - 4.4
Muy Fuertemente Acido	4.5 - 5.0
Fuertemente Acido	5.1 - 5.5
Moderadamente Acido	5.6 - 6.0
Ligeramente Acido	6.1 - 6.5
Neutro	6.6 - 7.3
Ligeramente Alcalino	7.4 - 7.8
Moderadamente Alcalino	7.9 - 8.4
Fuertemente Alcalino	8.5 - 9.0
Muy Fuertemente Alcalino	9.0

Fuente: (USDA, 2014)

La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H^+) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La

concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14. Tres son las condiciones posibles del pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad. (Poma, 2017)

Los suelos que se encuentran a mayor altitud, poseen valores de pH menores a 5 en tanto que los demás, pasan de esta cifra. En la gran mayoría de perfiles se observa un aumento de pH con la profundidad. El pH generalmente es menor en el primer horizonte que en los horizontes sub superficiales, lo que permite suponer que gran parte la origina la materia orgánica y el complejo arcillo-húmico. La acidez intercambiable se refiere a la acidez del suelo, atribuida principalmente al aluminio y también al hidrógeno, En el área del Macizo esta acidez aumenta a medida que se gana altitud. La acidez intercambiable es mayor en el horizonte superior que en el horizonte inferior, lo que sugiere cierta dependencia con la materia orgánica, al observar los datos obtenidos se puede aseverar que en gran medida los suelos que poseen mayor contenido de carbón orgánico, presentan las mayores saturaciones de aluminio. Se observa también cierta dependencia con el material alofánico, el cual posee una carga iónica alta dependiente del pH. En efecto los suelos con mayor porcentaje de material no cristalino (alófanos) especialmente en la montaña alta, presentan los mayores valores de saturación de aluminio. (IDEAM, 2014)

2.2.2.3. Capacidad Catiónica de Cambio

Las capacidades en la mayoría de los casos no superan los valores de 50 meq/100g, encontrándose los valores más altos en los suelos de mayor altitud, que son los suelos con

características ándicas más acentuadas. Los suelos a menores alturas poseen valores más bajos de CICA, debido principalmente a la ausencia de cenizas volcánicas y a la presencia de alófana y el menor porcentaje de materia orgánica comparado con los suelos de la Montaña Alta, datos que concuerdan con el análisis estadístico realizado, el cual señala una alta correlación (0.85 de coeficiente de correlación), entre los contenidos de carbón orgánico y la capacidad catiónica de cambio, al igual que entre la altura y los contenidos de carbón orgánico. La capacidad catiónica en general disminuye con la profundidad en estos suelos, donde se presentan menores valores de carbono, no obstante, en pocos perfiles analizados se observan valores más altos, esto debido principalmente a que se encuentran horizontes enterrados (paleosuelos) donde los valores de carbón orgánico son más altos. Es importante resaltar el hecho que en los suelos de la Montaña Alta se encuentran altas capacidades de cambio, con muy bajas saturaciones de bases y pH ácidos. (IDEAM, 2014)

Es deseable que un suelo posea una CIC alta, con el propósito de que exista una gran capacidad de suministro y reserva de calcio, magnesio y potasio. En este sentido, cuando se encuentran valores menores a 10meq/100g de suelo, se considera baja capacidad de intercambio catiónico; mientras que valores entre 10-20meq/100g, se considera una CIC media y cifras mayores que 20meq/100g una CIC alta. (Zambrano G. , 2013)

2.2.2.4. Fertilidad

La fertilidad se define como la capacidad del suelo para suministrar nutrientes en cantidades adecuadas para el crecimiento normal de las plantas. La fertilidad resulta de una combinación de propiedades físicas, químicas y biológicas favorables, bajo condiciones climáticas apropiadas. (Bernal, 2003)

2.2.3. Macronutrientes

Los macro minerales requeridos por las plantas en mayores cantidades son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. La escasez de estos elementos en el suelo, su baja disponibilidad biológica y facilidad de asimilación, o su desequilibrio con el resto de los elementos nutritivos repercutirá directamente sobre la tasa de crecimiento de las plantas. (Armienta, 1995)

2.2.3.1. Nitrógeno

Aunque la cantidad de N en la materia orgánica del suelo es grande (a menudo más de 1.000 libras / A), la cantidad liberada y disponible para la absorción de la planta es relativamente pequeña. A menudo, que la liberación no es sincronizan con la demanda de la planta. N muy poco se encuentra en rocas y minerales. Orgánicos importantes comunicados N lentamente, la velocidad es controlada por la actividad microbiana del suelo (influenciada por la temperatura, humedad, pH y textura). En general, unos 20 a 30 lb N/A se liberan anualmente para cada 1 por ciento de materia orgánica contenida en el superior 6 a 7 pulgadas de suelo. Uno de los productos de descomposición orgánica (mineralización) es amonio, que puede ser sostenido por el suelo, tomado por las plantas de cultivo o convertido a nitrato. El nitrato es usado por las plantas, lixiviado fuera de la zona radicular o convertida para gaseoso N y perdido hacia la atmósfera. (IPNI, 2018)

2.2.3.2. Fósforo

Raíces de la planta sólo pueden adquirir P del suelo cuando se disuelve en agua del suelo. Puesto que sólo muy bajas concentraciones de P están presentes en el agua del suelo, P debe ser reemplazado continuamente del suelo minerales y materia orgánica para sustituir el P absorbido por las plantas. Las raíces de la planta absorben generalmente P como iones orto fosfato inorgánico (HPO_4^{2-} - o H_2PO_4^-). Fósforo presente en la materia orgánica del suelo no está disponible para la

absorción de la planta hasta que los microbios del suelo convierten los compuestos orgánicos de simple fosfato inorgánico. Muchos factores del suelo afectan la disponibilidad de P para las plantas, incluyendo el tipo y cantidad de minerales de la arcilla, la concentración de P, factores que afectan la actividad de la raíz (como la aireación y compactación), contenido de humedad, temperatura, suministro adecuado de otra planta esencial nutrientes y las propiedades de la raíz del cultivo. Además, el pH del suelo (ácido o alcalino) influye enormemente la disponibilidad de P para las plantas. (IPNI, 2018)

2.2.3.3. Potasio

Las plantas sólo pueden acceder a K cuando se disuelve en la solución del suelo. Colaboradores K potencialmente disponibles en planta son:

- K redistribuido desde otras áreas, incluyendo: agua de riego, precipitación, comercial fertilizante, estiércol, bio sólidos y deposición de sedimentos;
- Meteorización de minerales primarios que contienen K como micas y algunos feldespatos;
- K de los separadores de la illita de minerales de silicato capa, vermiculita y esmectita; y desorción
- K de superficies y bordes capa de minerales de silicato, denominado "cambiable K."
- K intercambiable se mide por pruebas del suelo y es fácilmente disponible para las plantas.

Capa de minerales de silicato que liberación K también puede "arreglar" K, o bonos K en posiciones intercalares, eliminando de la solución del suelo. Fijación y liberación de K por estos minerales es dinámico durante todo el año. (IPNI, 2018)

2.2.3.4. Calcio

La cantidad total de Ca en suelos normalmente oscila entre 0.7 y 1.5% en suelos no calcáreos, templados. Altamente erosionados suelos tropicales tienen un menor contenido de Ca, que van desde 0.1 a 0.3%, mientras que suelos calcáreos pueden contener tanto como 25% Ca. Aunque puede haber decenas de miles de libras de Ca total A en la zona radicular, es común tener menos de 100 lb de Ca soluble en realidad en cualquier momento.

La solubilidad del Ca depende de varios factores del suelo, incluyendo:

- PH del suelo: suelos con pH mayor normalmente contienen Ca más disponible en los sitios de intercambio catiónico
- Capacidad de intercambio catiónico (CEC) – Ca disponible depende de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la saturación de Ca en el intercambio catiónico de suelo sitios.
- Presencia de otros cationes de I – Ca se adsorbe preferentemente en sitios de intercambio catiónico. Su solubilidad y disponibilidad de la planta están influenciados por otros cationes en el suelo.

El calcio tiene una importante influencia en las propiedades del suelo, especialmente como evita la dispersión de la arcilla. Un suministro abundante de Ca puede ayudar a reducir el encostramiento de suelo y compactación, llevando a la percolación del agua y reduce el escurrimiento. (IPNI, 2018)

2.2.3.5. Magnesio

Las plantas sólo pueden acceder a Mg en la solución del suelo. Las contribuciones a este Mg son:

- Redistribución de otras áreas, incluyendo: agua de riego, fertilizante comercial, estiércol, bio sólidos y deposición de sedimentos.
- Meteorización de minerales primarios y secundarios que contienen magnesio como ciertos tipos de anfíboles, biotita, cloritos, dolomita, granates, olivino, magnesita, flogopita, algunos piroxenos, serpentinas, talco y turmalina.
- Lanzamiento de los separadores de la clorita de minerales de silicato capa smectites y vermiculita.
- Liberación (desorción) de las superficies y aristas capa de minerales de silicato, denominado "Mg intercambiable."

Intercambiable y Mg en la solución del suelo son las formas de Mg medidas por pruebas del suelo y se consideran fácilmente disponibles para las plantas. Minerales que contienen magnesio son más solubles en suelos ácidos (por debajo de pH 7). En suelos arenosos con bajo número de sitios de intercambio (capacidad baja del intercambio catiónico), Mg disuelto puede mover debajo de la zona de la raíz porque no son bastante bordes y superficies capa de minerales de silicato para retener en los niveles superiores del suelo. Por lo tanto, los niveles de Mg intercambiable en los suelos ácidos, arenosos pueden ser insuficientes para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta. Cuando las raíces toman el agua, más agua de más lejos se mueve a las raíces para reemplazarlo que se toma. Magnesio que se disuelve en la solución del suelo se mueve con esta agua. Este proceso, denominado flujo de masa, es responsable de mantener la planta provista de Mg disuelto. (IPNI, 2018)

2.2.3.6. Azufre

La mayoría de S en el suelo se encuentra generalmente en materia orgánica y residuos de cosecha. Está presente en una variedad de compuestos orgánicos que no están disponibles para la absorción de la planta hasta que son convertidos a sulfato soluble. La velocidad en que suelo microorganismos convierte estos compuestos orgánicos de S depende de la temperatura, humedad y otros factores ambientales.

Sólo una pequeña fracción del total que s en el suelo se encuentra como sulfato. Sulfato es generalmente soluble y fácilmente se mueve con el agua del suelo a las raíces, o se puede mover debajo de la zona de la raíz en áreas de alta precipitación o riego excesivo. (IPNI, 2018)

2.2.4. Micronutrientes

Los micro minerales o minerales traza requeridos por las plantas son: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro son utilizados en cantidades muy pequeñas, aunque fundamentalmente son tan importantes como los macro minerales. (Armienta, 1995)

2.2.4.1. Hierro

El hierro es abundante en muchas rocas y minerales y como desarrollan de suelos puede ser enriquecimiento o agotamiento de la Fe. Agotamiento comúnmente lleva a la deficiencia y enriquecimiento puede causar toxicidad en condiciones únicas. La principal fuente de Fe en suelos para el uso de las plantas proviene de minerales de óxido secundario que son absorbidos o precipitados en las partículas minerales del suelo y materia orgánica. Aunque la Fe es muy abundante, la disponibilidad para la absorción de la planta es bastante baja. (IPNI, 2018)

2.2.4.2. Manganeso

La corteza terrestre es aproximadamente 0.11% Mn total en suelos generalmente se extiende de cerca de 20 a 3.000 ppm (0.002 a 0.30%), pero sólo una fracción de este total es planta disponible. La forma más común de manganeso en solución del suelo es Mn^{2+} , que a menudo es acompañado por compuestos orgánicos.

La concentración de Mn^{2+} en la solución del suelo es altamente dependiente, con niveles de disminución por cerca de 100 x con cada unidad de aumento del pH de pH. Por lo tanto, planta de que MN disponible aumentos como disminuciones de pH del suelo, por lo que las deficiencias son más probables en suelos alcalinos. En el otro extremo, si el pH del suelo es demasiado bajo (< 5) Mn puede ser tóxico a los cultivos sensibles.

Deficiencias del cultivo de Mn ocurren más a menudo en suelos (alcalina) pH alto y en suelos que son simplemente naturalmente bajos en Mn. deficiencias también pueden ser problemático en suelos de alto de materia orgánica como turbas y mucks que favorecen la formación de quelatos de Mn disponibles. Debe señalarse también que altos niveles de cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn) pueden reducir la absorción de Mn^{2+} . El extra yente más común utilizado en análisis de suelo para el Mn es el agente quelante DTPA. El nivel crítico para DTPA había extraído Mn generalmente se establece en 1 ppm, pero esto varía en función de investigación de calibración local. (IPNI, 2018)

2.2.4.3. Cobre

Total, Cu en los suelos varía comúnmente entre 1 y 40 ppm, pero la concentración de Cu disuelta en la solución del suelo es mucho menor. La disponibilidad de Cu en los suelos para la absorción de la planta se ve afectada por las siguientes características:

- Materia orgánica: Cobre está más bien ligado a materia orgánica que cualquier otro micronutriente. Deficiencias de Cu de planta a menudo ocurren en cultivos que crecen en turbas, mucks, y suelos con más del 8% de orgánico de materia. Concentraciones críticas de prueba del suelo Cu (Cu extraíble DTPA) son mucho más altas en estos suelos que en suelos minerales.
- Textura plantas: que crecen en suelos de textura arenosa son más probables ser deficiente que crece en las margas y arcillas. Suelos con textura de arcilla generalmente sostener más Cu en forma intercambiable, disponible para los cultivos. Otros componentes del suelo, tales como óxidos y carbonatos, pueden reducir la disponibilidad de Cu.
- Suelo pH: cobre solubilidad disminuciones como aumentos de pH a 7 o superior. PH más alto aumenta la fuerza que Cu se lleva a cabo por suelo arcillas y materia orgánica, así haciéndolo menos disponible para los cultivos.
- Equilibrio de nutrientes: Altas concentraciones de zinc (Zn), fósforo (P), aluminio (Al) y hierro (Fe) en los suelos pueden Presione Cu absorción por raíces y agravan la deficiencia de Cu. Riesgos de la carencia de Cu también aumentan con mayores tasas de aplicación de nitrógeno (N). (IPNI, 2018)

2.2.4.4. Zinc

La cantidad total de Zn en los suelos es de alrededor de 50 ppm, que van desde 10 a 300 ppm dependiendo de la composición geoquímica y meteorización del material parental. Cinc, como los nutrientes de las plantas, debe ser disuelto en agua antes de que pueda ser tomada por las raíces. Concentraciones de Zn de solución de suelo son muy bajas, que van desde 2 a 70 ppb. Zinc en la

solución del suelo como bivalente catión Zn^{2+} y su disponibilidad para la absorción depende de varios factores, incluyendo las siguientes: pH del suelo-Zn se hace menos soluble a medida que el pH del suelo aumenta debido a la mayor capacidad de adsorción por minerales de la arcilla, aluminio (Al) y óxidos de hierro (Fe) y carbonatos de calcio.

La disponibilidad de zinc puede también reducirse bajo condiciones de pH bajo, particularmente en suelos de textura gruesa, altamente erosionados. Materia orgánica del suelo – rápidamente descomponible materia orgánica como estiércol para aumentar Zn disponible formando complejos orgánicos solubles de Zn. Otros materiales orgánicos encontrados en la turba. (IPNI, 2018)

2.2.4.5. Boro

Rango de suelos agrícolas de 1 a 467 mg/kg en la concentración de B total. Las formas disponibles, $B(OH)_3$ y $B(OH)_4^-$, son generalmente móviles en la solución del suelo, pero pueden ser adsorbidas a los componentes comunes del suelo, como hidróxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al), partículas de arcilla y materia orgánica. (IPNI, 2018)

2.2.4.6. Molibdeno

Mo planta disponible es en forma de anión MoO_4^{2-} ; o de molibdato. Se libera de minerales sólidos a través de procesos de envejecimiento normal y luego se somete a diversas reacciones en el suelo. Una vez que se haya disuelto, MoO_4^{2-} -aniones están sujetas a procesos de adsorción en arcillas, óxidos de metal de hierro (Fe), aluminio (Al) y manganeso (Mn) y compuestos orgánicos, carbonatos. (IPNI, 2018)

2.2.4.7. Cobalto

Cobalto se encuentra en abundancia media en la corteza terrestre y en concentraciones bajas en la mayoría de los suelos, dependiendo del material de padre. Suelos desarrollaron de minerales

como olivino y piroxeno tienen Co amplio que puede ser adquirido por las plantas y los animales en pastoreo. Cobalto está presente en gran parte como Co^{2+} y participa en reacciones de intercambio catiónico del suelo. Los suelos bajos en Co son suelos generalmente degradados, textura gruesa, donde el Co ha sido transportado en el perfil del suelo. Suelos de textura más fina y los suelos que contienen altos niveles de materia orgánica tienden a tener mayores concentraciones de Co. (IPNI, 2018)

2.2.4.8. Selenio

El selenio se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas en el suelo. Sin embargo, las plantas utilizan solamente Se del suelo en forma inorgánica. Materia orgánica del suelo es una importante reserva de Selenio que estará disponible para la absorción de la planta con el tiempo. Las formas inorgánicas de Se incluyen: selenato (Se^{6+}): este formulario (SeO_4^{2-}) es más fácilmente tomado por las plantas. Es muy soluble y se comporta muy similar a sulfato (SO_4^{2-}). Selenito es más probable ser encontrado en wellaerated, suelos de pH neutro. Selenato de trasladadas directamente desde las raíces a las hojas y almacena en los cloroplastos de la célula antes de ser convertido a compuestos orgánicos como selenometionina.

Una abundancia de SO_4^{2-} en el suelo inhibe la re captación de SO_4^{2-} puesto que ambos compiten por la absorción en los mismos sitios de transporte de las raíces. Selenita (Se^{4+}): Este formulario (SeO_3^{2-}) se encuentra más normalmente en suelos aireados con ácido a pH neutro. Es mucho más reactiva con varios minerales del suelo que el selenato, haciéndolo menos soluble en la solución del suelo selenita. Cuando las plantas toman de selenita, gran parte de ella se convierte en compuestos orgánicos (como selenometionina) antes de ser translocado en la xilema. Selenio elemental (SeO): metálico, insolubles y no disponibles para la absorción de la planta. Seleniuro

(Se^{2-}): Este formulario se encuentra principalmente en suelos inundables. Pueden estar presentes en combinación con una variedad de minerales y compuestos orgánicos. En su mayor parte está disponible para la absorción de la planta. (IPNI, 2018)

2.2.4.9. Cloro

Casi todos los Cl en suelos existen en solución del suelo. Cloruro, como el nitrato (NO_3^-), es móvil en suelos y se mueve libremente con el agua del suelo. Así, bajo ciertas condiciones se puede ser fácilmente lixiviado desde la zona root. Existen varias fuentes potenciales de Cl-en el cultivo de los sistemas de producción, incluyendo precipitación, aerosoles marinos, emisiones volcánicas, agua de riego y fertilizantes. Algún agua de riego contiene grandes cantidades de Cl^- , a menudo suficiente para cumplir o exceder los cultivos las necesidades. Deposición atmosférica puede ser particularmente alta en las zonas costeras. Pero regiones más en el interior, como las grandes llanuras de los Estados Unidos, tienen mucha menor deposición atmosférica de Cl^- que hace la probabilidad de respuesta al Cl-fertilizante superior. Donde hay una historia de Cl^- aplicación de fertilizantes que contienen (como muriato de potasa; también conocido como fregona, cloruro de potasio, KCl) no es probable que Cl - a ser limitantes para los cultivos. (IPNI, 2018)

2.3. Pastos

Pasto es toda planta o hierba que sirve de alimento a los animales, misma que puede ser consumida directamente en el campo, caracterizándose por su gran capacidad de rebrote, Ej. Micay, Brachiarias, Gramalote, etc. (Rosero, 2011)

El ganado en climas tropicales se cría en condiciones de pastoreo, donde el forraje es la principal fuente de nutrimentos. Por lo tanto, los forrajes que el ganado pastorea deben ser analizados en el

laboratorio para diagnosticar el perfil nutricional de su alimentación. En aquellos casos que el pastoreo sea complementado con concentrados, granos y sales minerales; deben ser incluidos estos alimentos en el diagnóstico, con la finalidad de tener evidencias claras de qué tan bien nutrido está el ganado en un momento determinado. (Castañeda, 2012.)

En general las praderas son la fuente más económica de nutrientes para el ganado. Además, las gramíneas poseen una extraordinaria capacidad para cubrir rápidamente los suelos desnudos para protegerlos contra la erosión, retener la humedad y restaurar la fertilidad a través del reciclamiento de nutrientes desde los horizontes inferiores del suelo a los superiores. Solamente los bosques son más eficientes que las praderas para preservar y recuperar los suelos. Por su parte las leguminosas son fuente importante de proteínas y minerales para los animales y la fuente más económica de N para la producción de otras especies. Las gramíneas y leguminosas son plantas colonizadoras, que aparecen muy temprano en la sucesión vegetal, cuando un suelo ha sido degradado severamente por prácticas de manejo inadecuado como quemas o exceso de mecanización. Las variaciones entre la composición botánica de los diferentes tipos de praderas dependen principalmente de las condiciones climáticas como humedad y temperatura y de las condiciones edáficas como fertilidad, pH, textura y estructura del suelo. (Bernal, 2003)

El sector pecuario que se desarrolla en los pastizales del Ecuador es una base muy importante del desarrollo social y económico, satisface las demandas de la población en alimentos tan esenciales como la carne y leche, y es fuente esencial de generación de mano de obra e ingreso. (León, 2008)

2.3.1. Tipo de Pastos

2.3.1.1. Gramíneas

Son los forrajes más importantes y numerosos utilizados en la alimentación del ganado. Son plantas monocotiledóneas. Constituyen la familia botánica con áreas geográfica más extensa en el mundo, desde las áreas polares hasta los trópicos; desde el nivel del mar hasta las grandes alturas. Se desarrollan desde los suelos más pobres, hasta los más ricos, y tanto en terrenos secos como en inundados. Están agrupadas en unos 600 géneros y más de 6.000 especies en todo el mundo. Pueden ser anuales o perennes. Pueden ser rastreras o medir sobre los 2 metros de altura. (Rosero, 2011)

Las gramíneas son la principal fuente de alimento (hierva) en campos de pastoreo. Se usan diferentes especies de gramíneas en las mezclas, dependiendo de las condiciones climáticas y de los requerimientos de producción. Las principales gramíneas usadas son los Rye Grasses también conocidas como ballicas, el Dactylis, la Festuca, el Bromus y el Phalaris. (Bernal, 2005)

Las raíces nacen de los primeros nudos y se denominan fibrosas o fasciculadas. El tallo está dividido en nudos y entrenudos. Los nudos son siempre engrosados y representan la base de la vaina foliar. En la axila de la hoja existe una yema que puede dar origen a un nuevo macollo o brote.

Las hojas normalmente constan de la vaina, órgano alargado en forma de cartucho, que nace en los nudos y abraza el tallo, la lígula, lámina membranosa blanca; las aurículas, que son apéndices que abrazan el tallo y están localizados a los lados de la lígula y, la lámina propiamente dicha que es angosta, alargada y paralelinervada.

La superficie de la hoja puede ser plana, enrollada, o plegada sobre su nervadura principal.

Las flores generalmente son bisexuales, diminutas, pueden estar solas, de dos o varias juntas formando espiguillas; no tienen colores vivos, ni fragancia, ni miel para atraer insectos. (León, 2008)

2.3.1.1.1. Pasto Azul

Origina matas aisladas de 60-120 cm. de altura, de color verde azulado. Sistema radicular profundo, no posee estolones ni rizomas. Hojas plegadas; limbos planos, con sección en forma de V, anchos, largos y puntiagudo. La inflorescencia es una panoja laxa. Las semillas presentan una quilla acentuada que termina en una arista fuerte y curva con pequeños dientes. Juego cromosómico 28. (León, 2008)

2.3.1.1.2. Cebadilla Criolla

Crece formando matas. Las plantas alcanzan alturas de 50 a 100 cm., la longitud de las hojas varía entre 20 a 30 cm. y 0,5 cm. de ancho, de un color verde claro. Panículas ramificadas y desnudas en la base, con 2-5 espiguillas cada una. Juego cromosómico 42. (León, 2008)

2.3.1.1.3. Ray grass

Forma manojos con abundante follaje y alcanza alturas de 30-60 cm. Hojas cortas, lampiñas y rígidas, plegadas en la yema. Espigas delgadas y relativamente rígidas. La semilla carece de barbas. Las raíces presentan rizomas largos, superficiales, que dan origen a nuevas plantas. Todas las especies del género *Lolium* son diploides $2n = 14$ (7 pares de cromosomas). Mediante técnicas apropiadas y el uso de la colchicina se ha podido duplicar el número normal de cromosomas y convertirlos en tetraploides $4n = 28$ (14 pares de cromosomas), lográndose producir una serie de materiales nuevos con características superiores a los ray grasses normales. Los ray grasses tetraploides o tetragrasses dan una producción de forraje extremadamente alta, con una palatabilidad y aceptabilidad excelente, tienen elevado valor nutritivo y digestivo, mejor cubrimiento del suelo, sistema radical más profundo,

rápido establecimiento y, buena adaptación a las condiciones del Ecuador y fácil manejo. Debido a su alta productividad son pastos exigentes en fertilización y humedad. Producen muy bien en áreas con buena distribución de la precipitación o bajo condiciones de riego; en áreas sin riego y con veranos prolongados se reduce considerablemente la duración de las praderas. (León, 2008)

2.3.1.1.4. Grama

Poa pratensis es una hierba rizomatosa considerada como cultivo en algunos sistemas, pero como una maleza en otros. Es muy apreciado pues se utiliza como la hierba que forma el césped, sin embargo, se considera una maleza en los ecosistemas como los pastizales naturales, donde compite con las especies nativas, reduciendo la biodiversidad, alterando el ciclo del nitrógeno, y en general, las funciones del ecosistema. (ISSG, 2000)

2.3.1.1.5. Holco

Forma matas poco densas y que alcanzan hasta 100 cm. de altura. Se caracteriza por la velloidad que recubre todos los órganos vegetativos, los cuales toman una coloración verde-grisácea. La inflorescencia es una panoja más o menos floja y lleva numerosas espiguillas de 4 mm de largo, comprimidas lateralmente y caducas a la madurez de los frutos. El poder germinativo de la semilla es bueno y esto ayuda a la propagación natural. (León, 2008)

2.3.1.2. Leguminosas

Ocupan el segundo lugar como especies forrajeras detrás de las gramíneas, constituidas por: Hierbas, Enredaderas, Arbustos, Árboles. Presentes en todo el globo terrestre a excepción de las zonas glaciales; las encontramos en todas las regiones con diversos climas y condiciones ecológicas, desde el nivel del mar hasta alturas que superan los 3.000 metros. Existen alrededor de

550 géneros y 15.000 especies, de los cuales se encuentran en América unos 110 géneros y unas 4.000 especies. Las raíces son pivotantes muy ramificadas, con clásicos tumores o nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico. (Rosero, 2011)

La raíz es principal, pivotante o axonomorfa muy ramificada, esta raíz se lignifica considerablemente penetrando en varias especies, a varios metros de profundidad en el suelo esto les permite extraer nutrientes y agua de capas inferiores, luego estos elementos a través del reciclamiento son depositados en la superficie del suelo. Característica casi general en las raíces de las leguminosas, son los pequeños tumores o nódulos en los que se alojan las bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico. Los tallos de las leguminosas varían mucho de una especie a otra, en su desarrollo, su orientación, duración y grado de lignificación. Las hojas de las leguminosas son siempre compuestas de varios folíolos, en las papilionáceas muchas veces son trifoliadas; tienen generalmente pecíolo y estípulas. Las estípulas son pequeñas apéndices que en número de dos nacen en la base de la hoja, ejerciendo funciones de protección de las yemas durante el crecimiento. El pecíolo es la parte de la hoja que une la lámina al nudo del tallo, está generalmente muy desarrollado en las leguminosas. En la hoja encontramos también el raquis, parte del eje mediano de la hoja, que sostiene a los folíolos. Los folíolos, son casi siempre anchos y netamente bifaciales, con las nervaduras ramificadas, de diferentes formas y tamaños. Inflorescencia, las flores se agrupan en varias formas, pero generalmente responden casi siempre al tipo de racimo o indefinido como en la alfalfa y capítulo o cabezuela como en los tréboles. (León, 2008)

2.3.1.2.1. Trébol Blanco

Planta rastrera, estolonífera. Las hojas formadas por tres folíolos sentados tienen forma y tamaño variable: pueden ser elípticos, anchos y ovales o casi acorazonados. Presenta una mancha blanca en forma de "V" en el haz del limbo; se anota, que si la mancha es castaña se debe a deficiencias del suelo; en algunos casos la mancha puede faltar. La inflorescencia en cabezuela tiene un pedúnculo relativamente largo, con flores de color blanco o levemente rosadas. Las vainas provenientes de cada flor contienen de 1 a 7 semillas. Simientes muy pequeñas de forma de corazón y de color amarillo brillante, que se vuelven café oscuras con la edad.

El trébol blanco de acuerdo al tamaño de las hojas se le puede agrupar en tres tipos: de hojas pequeñas, se incluyen en este grupo a los tipos salvajes, que son postrados, de estolones largos, hojas y flores pequeñas, ciclo corto y bajo rendimiento, muy persistente; de hojas de tamaño mediano, poseen caracteres intermedios entre los dos grupos extremos y se utilizan para pastizales de mediana o corta vida; y de hojas grandes, en este tipo está el "ladino". (León, 2008)

2.3.1.3. Otras Forrajeras

Para la alimentación animal en la sierra, hay muchas y diversas especies forrajeras como:

2.3.1.3.1. Llantén

Esta hierba desde siempre fue considerada una "maleza noble", especie usada tradicionalmente en la medicina, hoy la agricultura moderna ha revaluado su importancia. Hierba rica en hojas, hojas largas, planta arrosetada las hojas crecen desde una corona central, tipo erecto, denso sistema radicular. (León, 2008)

2.3.2. Mezclas Forrajeras

Benítez (1980), indica que la mezcla entre gramíneas y leguminosas es conocida desde hace mucho tiempo y se han utilizado ampliamente tanto en la zona templada como en el trópico ecuatoriano. Las mezclas pueden ser complejas, cuando cuentan con varias especies o simples, como las de una gramínea y una leguminosa. Además, hay mezclas con especies anuales para corte o pastoreo, y mezclas con especies perennes para pastoreo. (Pucha, 2014)

Carámbula (2002) señala que una mezcla es una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas en las que al menos uno de los componentes es perenne. (Palacio, 2015)

Para que un potrero tenga una mejor producción en calidad y cantidad, es necesario que esté conformado por mezclas de especies gramíneas y leguminosas. Asociando gramíneas y leguminosas se puede lograr la autosuficiencia alimentaria en las fincas ganaderas. En términos generales en la sierra se acostumbra establecer mezclas complejas (varias gramíneas y varias leguminosas) sin embargo si se quiere mantener el equilibrio entre las especies es preferible usar mezclas simples con funciones determinadas. En la costa y oriente en cambio, se hacen mezclas simples (una gramínea y una o dos leguminosas). La composición de una mezcla a emplearse depende de muchos factores. En primer lugar, las especies componentes deben adaptarse a las condiciones climáticas locales, luego se debe tomar en cuenta el nivel de fertilidad del suelo y su topografía, la limpieza de las malezas del terreno, la rapidez de crecimiento de las especies integrantes, sus necesidades de luz y sombra, el uso del potrero, durabilidad del mismo, manejo parecido, riesgo de provocar enfermedades. (León, 2008)

2.3.3. Funciones de los nutrientes en las plantas forrajeras

2.3.3.1. Nitrógeno

El N forma parte de las proteínas, clorofila, alcaloides y enzimas responsables de regular el crecimiento y formación del material vegetal. La planta absorbe N del suelo en forma de nitrato (NO_3^-) o en forma de amonio (NH_4^+). Este elemento es muy móvil dentro de la planta. La concentración de N en la materia seca varía entre 1 y 5%. En pastos se considera alto un contenido mayor al 4% y bajo cuando es inferior al 2.9%. La proteína del forraje es la principal fuente de N para los animales, que al igual que las plantas lo requieren en cantidades relativamente altas. Cuando las cantidades de N en el forraje no son suficientes para llenar los requerimientos del animal, se debe suministrar proteína preformada en los concentrados o como N no proteico cuando se suministra urea. (Bernal, 2003)

2.3.3.2. Fósforo

Este nutrimento forma parte de las nucleoproteínas, lipoides y fosfolípidos. Además, desempeña un importante papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación), en el almacenamiento y transferencia de energía (NAD, NADP y ATP) y en la división y crecimiento celular. El P se acumula en partes de la planta en crecimiento y en las semillas. La carencia de este elemento favorece la acumulación de azúcares en los órganos vegetativos, lo cual a su vez favorece la síntesis de antocianinas lo que a su vez determina la pigmentación púrpura de las hojas de las plantas deficientes en P. Es determinante para el desarrollo de las raíces y de los tejidos meristemáticos, por lo cual es importante durante el desarrollo vegetativo de los pastos. El P es absorbido del suelo en las formas iónicas H_2PO_4^- y HPO_4^- . El rango de concentración de P en la materia seca de las plantas varía entre el 0.1 y el 0.5%. Se considera que un forraje es deficiente cuando el contenido es inferior al 0.21% y alto cuando es superior al 0.44%. El forraje es una fuente muy importante de P para los animales,

aunque frecuentemente este nutrimento es suplementado con sales mineralizadas ricas en este elemento. (Bernal, 2003)

2.3.3.3. Potasio

El K juega un papel vital en la fotosíntesis y en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en las plantas, pero no está involucrado directamente en la estructura de las células. Es muy importante para mantener la presión osmótica y para neutralizar cargas eléctricas dentro de la célula. Su alta movilidad permite que se traslade rápidamente de célula a célula, de tejido viejo a tejido nuevo en desarrollo, o a órganos de almacenamiento. El K es muy móvil dentro de la planta y absorbido del suelo como catión K^+ . El K es el nutrimento que los forrajes, especialmente las leguminosas, toman en mayor cantidad del suelo, pudiendo incluso llegar a acumular cantidades superiores a las del N, que en ocasiones pueden llegar a ser nocivas para los animales. Esta característica hace que los fertilizantes específicos para pastos y leguminosas forrajeras tengan a menudo una composición diferente a las indicadas para otros tipos de cultivos como banano, café y papa que presentan altos requerimientos de este elemento. El rango de concentración de K en la materia seca de las plantas varía entre el 0.2 y el 5.0%. Para la mayoría de los forrajes, se considera que una planta es deficiente cuando el contenido es inferior al 1.96% y alto cuando es superior al 3.08%. Los alimentos de origen vegetal, tanto forrajes como semillas, son la única fuente de K para los animales, pero el contenido de éste en las plantas casi siempre es suficiente para llenar los requerimientos de los animales e incluso en algunos casos puede resultar excesivo. Esto último debido a los antagonismos del K con otros nutrimentos como Mg, Ca y Na. (Bernal, 2003)

2.3.3.4. Azufre

La función más importante del S en las plantas es su participación en la estructura de las proteínas, al servir de enlace de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina. Las plantas que presentan mayores contenidos de N requieren mayor cantidad de S para la formación de proteínas. Su función también está ligada con vitaminas como biotina, tiamina y la coenzima A. Existe una relación directa con el K ya que las plantas que tienen más S presentan mayor contenido de K en el tejido. El S es inmóvil dentro de la planta y absorbido del suelo como anión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$). Se considera que las plantas son deficientes cuando el contenido de S es menor del 0.25% de la materia seca y alto cuando la concentración es mayor del 0.54%. Los animales requieren S en cantidades altas, no solo para su propio metabolismo, sino también para el metabolismo de las bacterias del rumen. Por esta razón, frecuentemente se adiciona en buenas cantidades en las sales mineralizadas. (Bernal, 2003)

2.3.3.5. Calcio

El Ca se acumula principalmente en las hojas formando parte de la lámina media de la pared celular como pectato de Ca. Es necesario para el desarrollo de los meristemos apicales y su ausencia no permite la división mitótica. Es cofactor de algunas enzimas y estimula el desarrollo de raíces y hojas. El Ca es un elemento muy poco móvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como Ion Ca^{++} y es antagónico con el K, Mg y Na. En gramíneas, el contenido normal en la materia seca oscila entre 0.3 y 1.0%, y en leguminosas entre 0.60 y 2.5%. Se considera que un forraje es deficiente en Ca cuando presenta una concentración menor al 0.24% y que el contenido es alto cuando es superior al 0.77%. Es frecuente el suplementar Ca adicional a los animales, debido a los

altos requerimientos de algunas especies y en ciertos estados fisiológicos como la lactancia. (Bernal, 2003)

2.3.3.6. Magnesio

El Mg es el núcleo de la molécula de clorofila y en su ausencia este pigmento no se forma afectando directamente el proceso de la fotosíntesis. Además, el Mg interviene en la formación de los azúcares, activa las enzimas que catalizan reacciones en los procesos de respiración, activa el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e interviene en el transporte de los fosfatos. Es un elemento móvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como catión Mg^{++} y es antagónico con el K, Ca y Na.

En pastos, se considera que las plantas son deficientes cuando el contenido de Mg es menor del 0.26% de la materia seca y alto cuando la concentración es mayor de 0.42%. Es un elemento esencial para los animales y el forraje es la mejor fuente de suministro. Existen muchos compuestos inorgánicos que llevan Mg y que en ocasiones se suministran directamente al animal, como óxidos o sulfatos, sin embargo, su asimilación es muy baja. (Bernal, 2003)

2.3.3.7. Hierro

El Fe es un catalizador indispensable en la síntesis de la clorofila aun cuando no forma parte de ella. Está involucrado en la respiración, puesto que es constituyente de los pigmentos respiratorios conocidos como citocromos (porfirinas). Las formas iónicas fisiológicas reciben y entregan electrones en la transferencia de energía. Es un cofactor de varias reacciones enzimáticas.

El Fe es inmóvil dentro de la planta y se absorbe del suelo en la forma de Fe^{++} y Fe^{+++} . Concentraciones altas de Cu, Mn, Zn o Ni pueden inducir una deficiencia de este elemento. En forrajes, las concentraciones en la materia seca superiores a 360 ppm se consideran altas, mientras

que se consideran bajas cuando son inferiores a 70 ppm. El estado de oxidación del Fe en el tejido foliar es importante. Algunas plantas sufren deficiencia cuando realmente tienen una cantidad suficiente de Fe, pero este se encuentra en forma no disponible. El Fe fisiológicamente activo es Fe^{++} , pero puede ser absorbido en forma de Fe^{+++} . El animal requiere cantidades intermedias de Fe, pero debido a la abundancia de este elemento en los suelos tropicales son raras las deficiencias del elemento en el pasto o en el animal. (Bernal, 2003)

2.3.3.8. Manganese

El Mn, al igual que el Fe, interviene en la síntesis de la clorofila. Está involucrado en diversos sistemas de oxidación - reducción dentro de la planta, es esencial en los procesos de la respiración y en el metabolismo del N y los azúcares. El Mn es inmóvil dentro de la planta y se absorbe del suelo como Mn^{++} y Mn^{+++} . Es antagónico con el Fe. En el forraje, se considera bajo un contenido de Mn en la materia seca inferior a 48 ppm y alto cuando se encuentra en cantidades superiores a 290 ppm. Los animales requieren cantidades relativamente bajas de este elemento, por lo tanto, un forraje bien nutrido puede suministrar todo el Mn necesario para una producción normal de los animales. (Bernal, 2003)

2.3.3.9. Zinc

El Zn cumple un papel importante en los procesos de crecimiento y afecta la elongación de la planta. Además, es necesario para la síntesis de auxinas y de triptófano, interviene en varios sistemas enzimáticos y aumenta la eficiencia de utilización del P. Las plantas deficientes en Zn reducen la absorción de agua.

El Zn es inmóvil dentro de la planta y se absorbe como Zn^{++} . En pastos, se considera bajo un contenido de Zn en la materia seca inferior a 26 ppm, mientras que se considera alto cuando este

es superior a 70 ppm. En alfalfa el nivel de deficiencia se encuentra cerca de 15 ppm y el rango de suficiencia entre 21 y 70 ppm.

Los animales requieren Zn en cantidades que frecuentemente no se encuentran en las plantas, por lo tanto, es necesario suplementarlo en forma externa en las sales mineralizadas y alimentos balanceados. (Bernal, 2003)

2.3.3.10. Cobre

El papel de Cu en la planta es complejo. Las altas concentraciones presentes en las raíces, indican que participa en su metabolismo. Las plantas deficientes en Cu presentan cantidades anormalmente altas de proteínas y aminoácidos. La rata de fotosíntesis de las plantas deficientes en Cu es más lenta, indicando que este elemento interviene en reacciones de óxido - reducción. El Cu activa muchos sistemas enzimáticos y forma parte de la molécula de algunas de estas enzimas. Este elemento es inmóvil dentro de la planta y es absorbido del suelo como ion Cu^{++} . El Cu es antagónico con Fe, Zn y Mn. Se considera que el forraje es deficiente en Cu cuando las concentraciones en la materia seca son inferiores a 10 ppm y alto cuando esta cantidad es superior a 31 ppm. Las leguminosas lo requieren en cantidades mayores que las gramíneas. Es un elemento que se puede acumular tanto en el suelo como en la planta y puede producir toxicidad en forma relativamente fácil. El forraje es la principal fuente de Cu para los animales, que lo requieren en cantidades similares a las plantas. Cuando la dieta es baja en Cu, los animales pueden presentar anemia. El crecimiento y el engorde de los animales se retardan y se puede afectar negativamente la función reproductiva. Con frecuencia se suplementa en las sales mineralizadas. (Bernal, 2003)

2.3.3.11. Cloro

Este elemento actúa conjuntamente con algunas enzimas del fotosistema II en la partición de la molécula de agua durante la fotosíntesis y, además, está interrelacionado con elementos como el P, N y S. En los últimos años se ha documentado los efectos del Cl en la supresión de diferentes enfermedades de tipo fungoso. El Cl es un nutrimento móvil dentro de la planta y se absorbe como Ion Cl⁻.

Prácticamente no es necesario aplicarlo a las plantas, debido a que en muchos sitios las lluvias son una fuente continua de Cl y a que forma parte de compuestos ampliamente utilizados como fertilizantes, como el KCl, que es la principal fuente de K para los cultivos. En cantidades excesivas puede ser tóxico o afectar la calidad de algunos cultivos. Los animales lo toman con el agua, forraje, sales mineralizadas y alimentos balanceados, por lo tanto, no es necesario recurrir a fuentes adicionales del elemento para suplementar al animal. (Bernal, 2003)

2.3.4. Composición mineral de la mezcla forrajera

Las cenizas o minerales son un complejo de materiales inorgánicos que fueron absorbidos del suelo por la planta, y después asimilados en el proceso de fotosíntesis. El contenido en la planta nos da una idea clara de cómo deben fertilizarse los pastos y por otra parte de cuál es el aporte al metabolismo del animal que consume el forraje.

La mayoría de los forrajes contienen de un 5 a 10% de cenizas (minerales). La cantidad no es tan importante como los componentes. En gramíneas, los elementos minerales disminuyen a medida que la planta madura mientras que, en las leguminosas la composición mineral depende menos del estado de madurez y es más uniforme a través del ciclo vegetativo. (León, 2008)

2.3.5. Vacas

En los sistemas de producción de leche es conveniente, escoger a los animales más eficientes, separando del negocio a aquellos que no responden a las expectativas de producción. La selección de los mejores ejemplares y la eliminación de los menos productivos es una de las normas más eficaces para el fin deseado. Al seleccionar una vaca lechera, la principal meta de los ganaderos debe ser la obtención de animales capaces de producir una buena cantidad de leche con contenidos elevados de sólidos totales, por un considerable período de tiempo, a base de pasturas y que sea rentable. (Solórzano, 2018)

2.3.6. Características de las Vacas Mestizas

El ganado mestizo puede estar formado por dos o más razas, mientras más razas existan en el cruzamiento, el vigor híbrido retenido será mayor. (Solórzano, 2018)

Si bien el ganado importado traía características lecheras y potencial productivo, el nuestro criollo, aportaba su adaptación de más de 400 años a la altura, al sol ecuatorial y a las variaciones diarias de temperatura de nuestra serranía.

Las vacas que tienen este cruce, son las que mejor se ambientan a la condición especial de los Andes ecuatoriales – sobre 2.400 msnm-. Obviamente no siempre eran inmediatos los resultados. Nuestro ganado criollo, en muchos lados, se lo llamaba “runa”- palabra quichua que significa “propio de la tierra” -. Este ganado que tenía ancestros del Boss Taurus europeo, paulatinamente se va mezclando con el ganado especializado en leche, que se encontraba arribando al país. (CIL, 2015)

No cabe duda que las vacas mestizas traen la habilidad de sus ancestros para vivir en nuestros medios. Este antiguo valor genético es tomado en cuenta en la AHFE y les dan importancia a estas vacas. (CIL, 2015)

2.3.7. Parámetros Zootécnicos

Los parámetros zootécnicos miden el desempeño técnico logrado por la unidad de producción, en un momento determinado o a lo largo de un período de tiempo escogido para su evaluación, muestran el rendimiento físico total obtenido o el rendimiento por unidad de recurso utilizado que en este caso la hectárea. Ejemplo: litros/ha/año.

El uso de los parámetros productivos y reproductivos en la práctica diaria de las ganaderías es una herramienta de gran ayuda, ya que es el instrumento fundamental en la toma de decisiones para realizar un control más adecuado y/o hacer los correctivos necesarios para mejorar la producción de la finca.

La finalidad es orientar al ganadero para mantener la rentabilidad de la unidad de producción; además, ayudan a valorar el éxito de los programas de manejo reproductivo que se lleve a cabo en las ganaderías. (Solórzano, 2018)

2.3.7.1. Carga Animal (UA/ha)

Es el número de animales que se pueden mantener pastoreando en un área determinada y por un tiempo definido. Este parámetro sirve para conocer la cantidad de animales que se pueden alimentar en la finca en cualquier época del año sin deteriorar las pasturas. Se expresa en Unidad Animal (UA) por unidad de superficie (ha). (Solórzano, 2018)

2.3.7.2. Capacidad de carga (UA/ha)

Es la cantidad de forraje producido por un potrero capaz de soportar y alimentar una cantidad de Unidad Animal (UA), por un tiempo definido. Este parámetro sirve para estimar la disponibilidad de forraje que existe en cada potrero para alimentar adecuadamente cierta cantidad de animales. (Solórzano, 2018)

2.3.7.3. Carga animal instantánea

Es el número de Unidad Animal (UA) que un potrero puede soportar o mantener en pastoreo durante un período de tiempo corto. Este parámetro sirve para balancear la demanda nutricional de los animales con la oferta forrajera ofrecida, dado que todos los requerimientos como la densidad de los animales en un área determinada pueden expresarse en unidades equivalentes “vacas”. Se calcula dividiendo el número de UA que pastorean un potrero para la superficie que tiene el potrero. (Álvarez, 2001)

2.3.7.4. Producción de leche (litros/vaca/día)

Es la cantidad de leche que produce cada animal por día. Este parámetro sirve para evaluar la producción de cada animal para posteriormente hacer selección o descarte. También ayuda a distribuir mejor la ración de alimento entre las vacas de mejor producción. Se obtiene dividiendo la producción total diaria de leche del hato para el número de animales en producción. (Solórzano, 2018)

2.3.7.5. Producción de leche por unidad de superficie (litros/ha)

Establece una relación entre el volumen total de leche producida y el área del sistema de producción. Integra todo el manejo del sistema suelo-pasto-animal en uno solo. Este parámetro

analiza si la ganadería está siendo bien utilizada desde el punto de vista productivo, pudiendo calcular con que eficiencia se transforma los recursos en leche.

Se calcula dividiendo la producción total diaria de leche para el número de hectáreas utilizadas para las vacas en producción. (Solórzano, 2018)

2.3.8. Composición Mineral de Sangre de Bovinos

Engelhardt y Breves (2005) señalan que los minerales están en una proporción del 2 % al 5 % del peso total del animal como compuestos inorgánicos, y tienen funciones esenciales tanto en la estructura de tejidos y biomoléculas, como en el propio metabolismo animal. (Luna, 2011)

Los micro elementos circulantes en la sangre constituyen un elemento de suma importancia en cualquier finca destinada a la producción de leche y/o carne, pues ejercen acciones importantes en el metabolismo y nutrición del organismo. Por lo tanto, mantienen la salud, estimulan el crecimiento y promueven el apetito y su rendimiento en la producción y reproducción. (Álvarez, 2001)

La importancia de los minerales reside en que más del 50% de las enzimas con estructura conocida requieren de algún mineral específico para su funcionamiento, en el cual los elementos trazan son esenciales para la salud, crecimiento, producción y reproducción, así como estos son esenciales para el funcionamiento de componentes en el sistema inmune. (Álvarez, 2001)

Aunque la mayoría de los elementos minerales se encuentran naturalmente en los tejidos animales, se piensa que la mayoría están presentes, simplemente porque son forman parte de los alimentos de los animales y no porque pueden tener una función esencial en el metabolismo del animal. El término “elemento mineral esencial” está restringido a un elemento mineral que se ha comprobado que tienen un papel metabólico en el cuerpo. Un elemento puede ser clasificado como

esencial para lo cual se considera necesario demostrar que dietas purificadas que carecen de dicho elemento causan síntomas de la deficiencia en animales y que esos síntomas pueden ser erradicados o prevenidos agregando el elemento en restringido a la dieta experimental. (McDonald, y otros, 2010)

La clasificación de los minerales esenciales en elementos mayores y elementos traza depende de su concentración en el animal o la cantidad necesaria en la dieta. Normalmente elementos traza están presentes en el cuerpo del animal en una concentración no mayor de 50 mg/kg y se necesitan menos de 100 mg/kg dieta. Los elementos minerales esenciales que son de particular importancia nutricional junto con su concentración aproximada en el cuerpo animal se muestran en la tabla 2. (McDonald, y otros, 2010)

Tabla 2

Elementos minerales esenciales nutricionalmente importantes y su concentración aproximada en el animal

Major elements	g/Kg	Trace Elements	mg/kg
Calcium	15	Iron	20 – 80
Phosphorus	10	Zinc	10 - 50
Potassium	2	Copper	1 – 5
Sodium	1.6	Molybdenum	1 – 4
Chlorine	1.1	Selenium	1 – 2
Sulphur	1.5	Iodine	0.3 – 0.6
Magnesium	0.4	Manganese	0.2 – 0.5
		Cobalt	0.02 – 0.1

Fuente: (NRC, 2001)

Los minerales se llevan a cabo de diversas maneras en el cuerpo, que puede considerarse como compartimentos. Hay una reserva central o compartimiento de intercambio, que es plasma de sangre, y uno o más compartimentos que intercambiar el mineral con el compartimiento central en varios tipos, por ejemplo, compartimentos de fácil o difícil de movilizar. Procesos metabólicos

ocurren a través de la reserva central (plasma), que recibe minerales de otros compartimentos del tracto digestivo y la difícil movilización de compartimiento. (McDonald, y otros, 2010)

2.3.9. Los Minerales en el organismo animal

Los minerales están en una proporción del 2 % al 5 % del peso total del animal como compuestos inorgánicos, y tienen funciones esenciales tanto en la estructura de tejidos y biomoléculas, como en el propio metabolismo animal. (Engelhardt & Breves, 2005)

Los macro elementos calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio

(Na), cloro (Cl), y azufre (S), se encuentran en una concentración superior a 50 mg por kg de peso vivo en los mamíferos. Estos siete elementos son imprescindibles para mantener las funciones vitales y por lo tanto deben ser aportados continuamente por la dieta. En el organismo, la mayor proporción de los elementos polivalentes: calcio, fósforo y magnesio, se encuentran en los huesos y en los dientes. (Luna, 2011)

Se consideran oligoelementos, algunos componentes esenciales de la dieta y de los animales que aparecen en concentraciones menores o iguales a 100 mg· kg⁻¹ de la materia seca y en general por debajo a 20 ppm en los tejidos. (Luna, 2011)

2.3.9.1. Calcio (Ca)

Luna (2011) manifiesta que el cuerpo de los animales contiene entre 9 a 13 g· kg⁻¹ de peso vivo de calcio (Ca). La mayor parte del calcio del organismo, un 99%, aparece en la matriz de los huesos y de los dientes formando parte del compuesto hidroxiapatita. El 1% restante, es muy importante e interviene en la contracción muscular, sensibilización nerviosa y coagulación de la sangre. En el plasma, el calcio total se presenta de dos formas: una, libre ionizada y la otra, orgánica asociada a moléculas tales como proteínas, principalmente albúmina (cerca de 45 %) o ácido

orgánico (cerca del 10 %). Estas dos formas están en equilibrio y su distribución final depende del pH, de la concentración de albúmina o de la relación ácido-base. Cuando existe acidosis, la tendencia es de aumentar la forma ionizada. El calcio es un macro mineral que está íntimamente relacionado con el metabolismo animal.

Entre las funciones principales el Ca, se puede decir que proporciona estabilidad y garantiza la mineralización del esqueleto; transmite el impulso nervioso y los estímulos y participa como cofactor en la coagulación sanguínea. (Bačić, Karadjole, Mačešić, & Karadjole, 2007)

Una carencia leve puede disminuir la producción de leche. Una deficiencia grave puede ocasionar cambios óseos similares a los originados en la deficiencia de fósforo y también hipocalcemia, que puede llevar a la muerte. Los niveles reducidos de calcio en sangre provocan tetania y convulsiones en los rumiantes. (Overton, 2004)

2.3.9.2. Fósforo (P)

El contenido de fósforo (P), en los animales es de 4 a 7 g · kg⁻¹ del peso vivo. La mayor parte del P se incorpora al hueso denso en forma de cristales de hidroxapatita con escasa disponibilidad. Se cree que parte de P, junto con el Ca y otros minerales, se adhieren a la superficie del hueso y puede ser liberado rápidamente. Los tejidos blandos son también una reserva de fósforo. Muchos factores influyen sobre los niveles de P inorgánico en plasma: los niveles dietéticos de Ca, P, Mg, vitamina D, la edad, la época de parto, la estación del año, la lactación y la gestación. Pueden influir las variaciones horarias o diurnas. (Luna, 2011)

Las funciones del P son, entre otras: proporcionar estabilidad y garantizar la mineralización del esqueleto, almacenar y transmitir la información genética en forma de ácidos nucleicos, transportar

energía (ATP/ADP) y almacenarla en forma de fosfato de creatina, formar parte de las membranas en forma de fosfolípidos y participar en los sistemas tampón. (Engelhardt & Breves, 2005)

La deficiencia de fósforo no tiene efectos inmediatos. A largo plazo, causa retardo en el crecimiento, osteoporosis progresiva, infertilidad y disminución en la producción de leche. La gravedad de la parécía en el parto está relacionada con la magnitud del descenso tanto de Ca como de P inorgánico en el plasma. (Overton, 2004)

2.3.9.3. Magnesio (Mg)

El contenido mineral de magnesio, en los animales es de 0,3 – 0,4 g · kg⁻¹ de peso vivo (Engelhardt, W, & Breves, G., 2005). Los niveles en sangre de Mg raramente superan el umbral de 2,5 a 3,3 mg · dL⁻¹, lo que refleja la capacidad de reabsorción en la rama ascendente del riñón. (Luna, 2011)

Las funciones del magnesio son: transmitir estímulos e impulsos nerviosos; actuar como cofactor de más de 300 enzimas; participa en la composición química de los huesos y en la actividad neuromuscular. (Engelhardt & Breves, 2005)

Los síntomas de deficiencia de Mg incluyen contracciones musculares y temblor, vértigo, ataxia, nistagmos, debilitación muscular y debilidad, excitabilidad, calcificación de los tejidos blandos, hiperemia, convulsiones, taquicardia, apatía, latidos ventriculares prematuros y taquicardia ventricular y fibrilación, coma y muerte. (Bavera, 2006)

2.3.9.4. Sodio (Na)

La transferencia de Na y agua tiene lugar a través de la pared del rumen desde el interior del rumen como respuesta a la presión osmótica del líquido ruminal. El contenido de sodio es de 1,0 a 1,5 g · kg⁻¹ del peso vivo en los animales. (Luna, 2011)

Las sales de sodio de los alimentos o de los suplementos minerales se solubilizan y absorben en el intestino delgado por transporte activo, a través de la bomba Na-K- ATPasa. A nivel del colon la absorción es electro génica. La entrada del sodio en la célula de la mucosa intestinal puede ocurrir a través de un mecanismo de transporte para el Na, o puede difundirse simplemente a través de canales hidrofílicos altamente selectivos. Se excreta principalmente a través de la orina como sal por acción de la aldosterona y en menor proporción a través de las heces y el sudor. (González, 2000)

Las funciones del Na son: mantener la presión osmótica del líquido extracelular y el equilibrio hídrico; participar del transporte a través de las membranas (bomba de iones); neutralizar aniones de tampón segregados (por ejemplo, carbonatos y fosfatos); participar en la conducción nerviosa, en el transporte activo de nutrientes y en la contracción muscular (Engelhardt & Breves, 2005). La deficiencia de sodio, puede aparecer en vacas lactantes, que consumen pastos muy desarrollados que fueron abonados con potasio y nitrógeno. La deficiencia de sodio se puede presentar si se mantienen niveles muy bajos, durante algún tiempo y no se les suministra un suplemento de sal. A medida que progresa la deficiencia se produce pérdida de peso, temblores incoordinación, arritmias cardíacas y muerte. (Jim, 2005)

2.3.9.5. Cloro (Cl)

El contenido de cloro (Cl), en los animales es de 0,8 a 1,2 g · kg⁻¹ de peso vivo. El Cl puede ser absorbido a través de la pared del rumen contra un gradiente de concentración de aproximadamente unas 10 veces. La mayor parte de la absorción del cloro tiene lugar en tramos digestivos posteriores al rumen. (Kincaid, 1993)

El organismo animal posee mecanismos homeostáticos muy eficaces que le permiten adaptarse muy bien a consumos reducidos de Na y Cl de la dieta. Dichos mecanismos pueden ser efectivos durante amplio período de tiempo, excepto cuando se eliminan cantidades relativamente grandes de sodio y cloro con la leche o sudor, o se incorporan a los fluidos o tejidos orgánicos cuando el crecimiento es rápido. Cuando la dieta es reducida en su contenido, disminuyen las pérdidas de cloro con las heces y orina como parte del mecanismo homeostático. (Engelhardt & Breves, 2005)

Las funciones del Cl son; mantener la presión osmótica del líquido extracelular; controlar el equilibrio hídrico; formar parte del ácido clorhídrico en la mucosa gástrica y activar la pepsina en el estómago. El cloro también interviene en la regulación del balance ácido-base y en el intercambio de electrolitos. (Engelhardt & Breves, 2005)

Las consecuencias de la deficiencia de Cl incluyen hiponatremia, hipocloremia, hipocalcemia, alcalosis y aumento de renina en el plasma. Otros síntomas incluyen menor crecimiento, descenso de la producción de leche, reducción en el consumo animal (de pienso), y deshidratación. El cloro tiene una función específica con la angiotensina, dado a que este mineral activa la enzima que convierte la angiotensina I en angiotensina II, ésta última es vasoconstrictora y es inactivada por la angiotensinasa dependiente de cloro. Por consiguiente, este macro elemento puede intervenir en el aumento de la presión sanguínea. (Kincaid, 1993)

2.3.9.6. Potasio (K)

El contenido de potasio (K), presente en los animales es de 1,5 a 2,0 g · kg⁻¹ de peso vivo. El 99 % del potasio de los forrajes aparece en la fracción soluble de las células. El intestino delgado es el principal órgano de absorción. La mayor parte del K endógeno se pierde con la orina y la excreción es promovida por la aldosterona. (Luna, 2011)

El K junto con el Na y el Cl son responsables de mantener la presión osmótica (intracelular), regular el equilibrio ácido base y de controlar el equilibrio hídrico en el organismo (Perez, A. 2007)

El potasio es intercambiado por el hidrógeno o reabsorbido en el interior del túbulo renal. Las funciones del potasio son: transportar a través de las membranas por intermedio de bomba de iones, intervenir en la contracción muscular y transmitir el impulso nervioso. (Engelhardt & Breves, 2005)

2.3.9.7. Hierro (Fe)

El contenido de hierro en el organismo animal es de 80 mg · kg⁻¹ de peso vivo. El principal lugar de absorción es el intestino delgado sobre todo a nivel del duodeno por unión a receptores específicos en la cara ciliar de la célula de la mucosa que lo transporta al interior del citoplasma, allí el Fe puede ser incorporado a la ferritina o transportarse al torrente sanguíneo. En la superficie serosa de la célula se une a la transferrina del plasma y las ceruloplasminas por oxidación, fija el Fe a la proteína transportadora. (Luna, 2011)

El Fe se encuentra presente en todas las células del organismo e interviene en muchas reacciones bioquímicas como componente de enzimas (catalasa, triptófano 5 monoxigenasa, fenil alanina 4-monoxigenasa y aconitasa). Es el transportador de oxígeno (hemoglobina, mioglobina) y de electrones. (Contreras, 1996)

La deficiencia de Fe en ovinos o bovinos que consumen pastos es improbable a menos que exista una pérdida crónica de sangre originada por parásitos o enfermedades. La infestación del ganado vacuno por *Tripanosoma congolense* es caracterizada por un descenso de hemoglobina y hematocrito con hipoferremia, posteriormente hiperferremia seguida de una crisis hemolítica. (Minatel, 2004)

2.3.10. Perfil Mineral del Ganado Lechero (Estudios Similares)

Cevallos (2002), manifiesta que el perfil metabólico es un examen empleado en el diagnóstico de las enfermedades de producción, permite la evaluación en el animal de las determinaciones de los metabolitos sanguíneos, relacionados con el estado de funcionalidad de las vías de transformación. Los perfiles metabólicos permiten identificar las rutas metabólicas del animal, obteniendo información sobre las características del alimento consumido ya que estas vías pueden tener desequilibrios en el ingreso, transformación y salida de los componentes de la ración consumida por el animal. (Eraso, 2014)

Otra finalidad del diagnóstico mineral es establecer la relación entre el perfil mineral del ganado y los perfiles minerales del forraje, agua, suelo y complementos. Por lo que la suma de los aportes minerales de los sustratos, que estén por debajo del requerimiento mínimo, o por arriba del nivel máximo tolerable para el ganado, será un indicio que sugerirá la existencia de un problema nutricional. Sin embargo, la confiabilidad de estos resultados dependerá tanto de las buenas prácticas de laboratorio, como por el adecuado protocolo de obtención de las muestras, supeditado a obtener muestras que representen verdaderamente el consumo del ganado (selectividad), además de considerar el consumo de los sustratos (cantidad) y la disponibilidad de los minerales que contienen. (McDowell, 2005)

De los distintos componentes del diagnóstico mineral, sin duda las concentraciones minerales y cambios bioquímicos (enzimas, proteínas y otros metabolitos) del metabolismo mineral en tejidos, fluidos y otro tipo de muestras elegidas de manera específica de los animales (Cuadros), son los mejores indicadores del estado mineral, y dejan en evidencia si los aportes de la dieta satisfacen o no, o sobrepasan los requerimientos del ganado (Álvarez, 2001); (McDowell, 2005). Además, son

el eslabón que da sustento a la información recabada durante la anamnesis, la exploración física de los animales y su comportamiento en campo y/o corrales. (Castañeda, 2012.)

Un aspecto importante del perfil mineral y la presencia de elementos trazas de la sangre de bovinos, es su participación en los procesos de industrialización de la carne y derivados, así como su interacción con el consumidor en los aspectos tróficos y sanitarios. Su concentración en sangre contribuye/determina importantes procesos bio-fisicoquímicos y se relaciona con dichos aspectos. (Alviso, 2012)

El contenido de minerales no fue diferente ($p>0.05$) entre época del año para Cu, Zn y Mn en suelo; y Ca y Na en el agua. Las concentraciones de minerales analizados en forraje entre épocas de año fueron diferentes ($p<0.05$). Se encontraron diferencias entre épocas ($p<0.05$) para el contenido de FDN y PC.

Tabla 3

Concentraciones minerales y cambios bioquímicos (enzimas, proteínas y otros metabolitos) del metabolismo mineral en tejidos, fluidos y otro tipo de muestras elegidas de manera específica de los animales

Elemento	Muestra	^Z Nivel Critico
Calcio	Hueso (Sin Grasa)	24,50%
	Hueso (Ceniza)	37,60%
	Plasma	8 mg/100 ml
Magnesio	Suero	1,8 mg/100 ml
	Orina	10 mg/100 ml
	Líquido Cefalorraquídeo	1,6 mg/100 ml
	Hueso (Sin Grasa)	11,50%
	Hueso (Ceniza)	17,60%
	Hueso (Volumen)	120 mg/100 ml
	Plasma	4,5 mg/100 ml
Potasio	Suero	9,8 mg/100 ml
Sodio	Suero	299 mg/100 ml
	Saliva	100 a 200 mg/100 ml
	Heces	1000 ppm
Cobalto	Hígado (Como Co)	0,05 a 0,07 ppm
	Hígado (Como Vitamina B12)	0,11 a 0,22 ppm
Cobre	Hígado	25 a 75 ppm
	Suero	0,65 ppm
Yodo	Suero (Como I)	< 0,1 ppm
	Suero (Como Tiroxina)	20 a 30 ng/ml
Hierro	Hemoglobina	10 g/100ml
	Transferrina	13 a 15 % de saturación
	Suero	13 ppm
Manganeso	Hígado	6 ppm
Selenio	Suero	0,03 ppm
	Hígado	0,25 ppm
	Pelo O Lana	0,25 ppm
Zinc	Suero	0,6 a 0,8 ppm
	Hígado	25 a 40 ppm

Fuentes: Alviso, R. 2012

Nota: ^Z Nivel mediante el cual, se presentan signos de deficiencia y hay probabilidad de respuesta positiva a la suplementación.

Los animales jóvenes tuvieron mayor ($p < 0.05$) carga parasitaria que adultos. Las concentraciones séricas mostraron diferencias ($p < 0.05$) entre épocas del año en las concentraciones de Na, K, Cu y Fe. Así mismo entre tipo de animal se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en P, Mg y

K. La interacción tipo de animal por época en Ca, Na, K, Cu y Fe. Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre potreros, meses y época del año en los parámetros de las praderas asociados a la producción de forraje.

En el ganado existen desbalances minerales, con excesos de P, Mg y Na en el suero sanguíneo, deficiencias de Cu y Zn, y en algunos casos de potasio y hierro. Las épocas de nortes y seca son los periodos críticos para el crecimiento, en lluvias el contenido de proteína es limitante en los forrajes. (Arteaga, 2014)

La concentración del calcio, fósforo y magnesio sérico se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica; el hematocrito según la técnica de Wintrobe y el sodio, potasio y cloro, a través de un analizador de gases y electrolitos. Los resultados fueron analizados a través de un diseño factorial $2 \times 3 \times 4$, siendo los factores considerados época, edad y zona. Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre épocas en la concentración de hematocrito y cloro.

Las concentraciones séricas de sodio, potasio y fósforo no difirieron ($P > 0.05$) entre épocas. No se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las concentraciones de hematocrito y potasio por zona. El sodio mostró correlación con potasio y cloro; además, el cloro se correlacionó con calcio, fósforo, potasio y magnesio; y el calcio con magnesio ($P < 0.05$). Los valores promedios para hematocrito y macro minerales del presente estudio están de acuerdo con valores normales para bovinos reportados en la literatura. (Betancur, 2012)

Los minerales son nutrientes esenciales que representan un 5% del peso vivo en el bovino. Las carencias y desequilibrios de minerales en la nutrición animal afectan la producción, reproducción y la salud. (Luna, 2011)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización geográfica y duración de la investigación

El presente trabajo experimental se realizó en el sector Llungay La Dolorosa, perteneciente a la Comunidad Quinoa Corral, Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar.

La parroquia Guanujo limita: al Norte con la parroquia Salinas, al Este con la Cordillera Occidental de Los Andes, al Oeste con las parroquias Julio E. Moreno y Echeandía.

La presente investigación tuvo una duración de 120 días, distribuidos entre actividades de campo y laboratorio, procesamiento de información, análisis e interpretación de resultados y redacción documental.

3.2. Condiciones agro meteorológicas

La parroquia Guanujo, perteneciente al cantón Guaranda, provincia de Bolívar, presenta las características meteorológicas detalladas en la tabla 4.

Tabla 4

Condiciones meteorológicas de la parroquia Guanujo

Parámetros	Valor
Temperatura (°c)	12
Humedad relativa (%)	81
Precipitación anual (mm)	750
Altitud (msnm)	2923

Fuente: Estación Meteorológica Guaranda (2018).

3.3. Materiales y equipos

Las muestras se recolectaron y se evaluaron en el laboratorio de acuerdo al protocolo de análisis de suelos, bromatología y espectrometría de absorción atómica, como se describe a continuación:

3.3.1. Materiales

- Suelo de cultivo de forrajes
- Barreno
- Pala
- Rótulos de identificación
- Material vegetativo establecido
- Cuadrante
- Hoces
- Fundas de muestreo
- Vacas en producción
- Tubos vacutainer
- Termo de conservación

3.3.2. Equipos

- Balanza electrónica
- Cámara fotográfica
- Equipo de computación

3.3.3. Instalaciones

- Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal FCP-ESPOCH
- Sistemas de producción.

3.4. Métodos

Para cumplir con los objetivos establecidos en esta investigación respecto al estudio del círculo nutricional mineral; Suelo, Planta, Vaca, se recogió información por medio de instrumentos metodológicos de campo, de laboratorio y estadísticos, detallados a continuación.

3.4.1. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 1

Para la realización del análisis de suelos para los principales minerales (N, P, K, Ca, Mg y Fe), se colectaron muestras de suelo según el protocolo descrito por Aguilar (1984), colectando mediante muestreo estratificado de cuatro a cinco muestras compuestas, tomadas entre 15 a 20 cm de profundidad a una distancia de 10 a 15 cm de las plantas forrajeras colectadas. Las muestras se depositaron en bolsas de plástico identificadas. En el laboratorio las muestras se secaron en una estufa con aire forzado a una temperatura de 65 °C durante 48 horas. Las muestras secas se molieron usando mortero y pistilo, y se coló con una malla cribada de 1 mm. Se formó una muestra problema al mezclar las muestras colectadas en campo, considerando homogeneidad en su colecta.

Se analizaron el pH mediante el método Electrométrico. La materia orgánica (MO) y el nitrógeno (N), por el método volumétrico. El fósforo mediante colorimetría. El potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe) fueron analizados mediante espectrofotometría de absorción atómica.

3.4.2. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 2

Con el fin de determinar la producción y valor nutricional primario y la disponibilidad de pasturas existentes en la zona; la cantidad de forraje se estimó mediante la técnica de Haydock y Shaw, 1975; se obtuvieron las partes de la planta que el animal consumía durante el pastoreo.

El número de muestras de forraje fue igual para cada unidad de producción; estas muestras fueron procesadas según las recomendaciones de Fick et al, 1979; para su análisis de minerales.

En el forraje se determinó P por colorimetría; Ca, Mg, Na, K, Cu, Zn, Mn y Fe por espectrofotometría de absorción atómica. La Humedad, las cenizas y la fibra se analizaron mediante el método Gravimétrico, la proteína mediante el método de Kjeldahl y la grasa mediante Soxhlet.

3.4.3. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 3

Para Determinar el perfil mineral (Ca, P, Mg, Na, K, Cl y Fe) en suero de vacas en producción, se colectaron muestras de sangre de vacas de la primera etapa de lactancia de una edad de entre 3 a 5 años.

Las muestras de sangre se obtuvieron con tubos y agujas vacutainer por punción directa de la vena coccígea, luego fue centrifugada a 3000 rpm y conservada a 4°C hasta su análisis mediante espectrometría de absorción atómica en el laboratorio.

3.4.4. Procedimiento experimental para cumplimiento del objetivo específico 4

Se plantearon varias alternativas al manejo racial y técnico de suelos, pastos y vacas en producción en base a los resultados obtenidos.

3.4.5. Análisis estadístico

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Estadística descriptiva
- Análisis de correlación del Ca, P, K, Mg y Fe en suelo, pastos y suero sanguíneo de vacas en producción.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de suelos para los principales minerales en la parroquia Guanujo

4.1.1. Contenido de nitrógeno

El contenido de nitrógeno en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, registró una media de $0,84 \pm 0,02$ %, alcanzando un valor máximo de 1,10 % y un mínimo de 0,65 %, mientras que el coeficiente de variación alcanzo un valor de 2,38 % con un rango de 0,45 y una varianza de 0,01. Esto también lo afirma Balarezo, L. (2017), en su investigación sobre el contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador, donde determinó un contenido máximo de nitrógeno de 60% e indica que el tipo de suelo es alto en Nitrógeno que indican una elevada absorción de N_2 por los pastos y permite explicar en parte los cambios en el pH. (Balarezo, 2017)

4.1.2. Contenido de calcio

El contenido de calcio en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, determinó una media de $5,80 \pm 0,46$ ppm, alcanzando un valor máximo de 12,56 ppm y un mínimo de 0,79 ppm, mientras que el coeficiente de variación alcanzo un valor de 7,93 % con un rango de 11,45 ppm y una varianza de 7,54. Esto también lo afirma Bertsch (2000), en su investigación sobre el Utilidad de los estudios de Absorción de nutrimentos en el afinamiento de las recomendaciones de fertilización, en el Calcio se encontró en forma excesiva en foliares y además se encuentra en altas cantidades en el suelo, tal como lo reporta el análisis de fertilidad por lo que se recomienda el uso de fertilizantes orgánicos en la zona. (Bertsch, 2000)

Tabla 5

Contenido de los principales minerales en el suelo de cultivo de la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar

Características	N	Parámetro						
		Media	EE	Varianza	Rango	Máximo	Mínimo	CV %
Nitrógeno (N), %	36	0,84	0,02	0,01	0,45	1,10	0,65	2,38
Calcio (Ca), ppm	36	5,80	0,46	7,54	11,77	12,56	0,79	7,93
Fosforo (P), mg/kg	36	5,34	0,25	2,27	5,68	8,69	3,01	4,68
Potasio (K), ppm	36	0,14	0,01	0,00	0,25	0,28	0,03	7,14
Magnesio (Mg), ppm	36	1,14	0,07	0,16	1,69	2,09	0,40	6,14
Hierro (Fe), mg/kg	36	51,72	1,30	60,65	33,61	66,36	32,75	2,51
Manganeso (Mn), mg/kg	36	29,13	1,84	121,65	48,33	58,42	10,09	6,32
Cobre (Cu), mg/kg	36	8,40	0,16	0,96	3,89	9,83	5,94	1,90
Zinc (Zn), mg/kg	36	7,21	0,34	4,11	9,11	13,07	3,96	4,72
Materia Orgánica, %	36	16,75	0,33	3,87	8,77	21,84	13,07	1,97
pH	36	5,77	0,03	0,04	0,77	6,18	5,41	0,52

Nota: EE: Error estándar. CV: Coeficiente de variación

4.1.3. Contenido de fósforo

El contenido de fósforo en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, presentó una media de $5,34 \pm 0,25$ mg/Kg, alcanzando un valor máximo de 8,69 mg/Kg y un mínimo de 3,01 mg/Kg, mientras que el coeficiente de variación registró un valor de 4,68 % con un rango de 5,68 mg/Kg una varianza de 2,27.

Esto también lo afirma Barrios, M. (2013), en su investigación sobre el efecto de una suplementación mineral sobre fósforo sérico, parámetros productivos y reproductivos en vacunos doble propósito de fincas deficientes en fósforo edáfico, donde determinó un contenido mínimo de fósforo de 0,91 e indica que el tipo de suelo es bajo en fósforo, observándose una relación directa entre el contenido de este mineral en el suelo y en los animales. (Barrios, 2013)

4.1.4. Contenido de potasio

El contenido de potasio en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, alcanzó una media de $0,14 \pm 0,01$ ppm, determinándose un valor máximo de 0,28 ppm y un mínimo de 0,03 ppm, mientras

que el coeficiente de variación registró un valor 7,14 % con un rango de 0,25 ppm una varianza de 0.00. Esto también lo afirma IPNI (2018), en su investigación sobre formas y estados de potasio en el suelo - ipni.net, que el nivel mínimo absoluto de K es de alrededor de 0.10 ppm pero puede variar de 0.07 a 0.20 ppm dependiendo de la clase de suelos y plantas.

4.1.5. Contenido de magnesio

El contenido de magnesio en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, registró una media de 1,14+0,07 ppm, determinándose un valor máximo de 2,09 ppm y un mínimo de 0,40 ppm, mientras que el coeficiente de variación alcanzó un valor 6,14 % con un rango de 1,69 ppm una varianza de 0.16.

Esto también lo afirma Cabrera E (2009), en su investigación sobre Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo, México; el bajo nivel de Mg encontrado en los forrajes y suelo llama la atención, ya que la insuficiencia de este mineral propicia la hipomagnesemia en ganado en pastoreo. (Eduardo & Cabrera, 2009)

4.1.6. Contenido de hierro

El contenido de hierro en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, mostró una media de 51,72+1,30 mg/Kg, presentándose un valor máximo de 66,36 mg/Kg y un mínimo de 32,75 mg/Kg, en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un valor 2,51 % con un rango de 33,61 mg/Kg una varianza de 60,65.

Esto también lo afirma Reinoso A. (2014), en su investigación sobre la evaluación de quelatos de hierro en el fertirriego del cultivo establecido de rosas (*Rosa sp.*) variedad freedom, en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, donde determinó un contenido alto de hierro, debiéndose principalmente a que el hierro no es utilizado por la planta, y esto puede ocasionar bloqueos de

otros nutrientes como el zinc, cobre y manganeso, afectando el desarrollo normal del cultivo. (Reinoso, 2014)

4.1.7. Contenido de manganeso

En cuanto al contenido de manganeso en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, registró una media de 29,13+1,84 mg/Kg, determinándose un valor máximo de 58,42 mg/Kg y un mínimo de 10,09 mg/Kg, en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un valor 6,32 % con un rango de 48,33 mg/Kg una varianza de 121,65.

Esto también lo afirma Roca, N. (2007), en su investigación sobre disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del no argentino; Mientras que mínimos de manganeso son algunas veces encontradas en suelos con niveles de Mn altos de 20 mg/kg. (Roca & Mabel, 2007)

4.1.8. Contenido de cobre

El contenido de cobre en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, presentó una media de 8,40±0,16 mg/Kg, alcanzándose un valor máximo de 9,83 mg/Kg y un mínimo de 5,94 mg/Kg, en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un valor 1,90 % con un rango de 3,89 mg/Kg una varianza de 0,96.

Los niveles de el Efecto de una suplementación mineral sobre fósforo sérico, parámetros productivos y reproductivos en vacunos doble propósito de fincas deficientes en fósforo edáfico, donde determinó un contenido mínimo de fósforo de 0,91 e indica que el tipo de suelo es bajo en fósforo, observándose una relación directa entre el contenido de este mineral en el suelo y en los animales.

Esto también lo afirma Graña, M. (1991), en su investigación sobre formas de cobre, níquel y zinc en horizontes superficiales de suelos, se concluye que la concentración media de cobre en la

corteza terrestre se encuentra en un rango de variación comprendido entre los 24-55 mg/kg, y que la cantidad media de Cu total en los suelos oscila entre 20-30 mg/kg, obtuvieron concentraciones de Cu total entre 16 y 93 mg/kg para muestras superficiales de suelo. (Graña, Barral, & Guitián, 1991)

4.1.9. Contenido de zinc

En cuanto al contenido de zinc en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, presentó una media de 7,21+0,34 mg/Kg, presentándose un valor máximo de 13,07 mg/Kg y un mínimo de 3,96 mg/Kg, en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un valor 4,72 % con un rango de 9,11 mg/Kg una varianza 4,11.

Esto también lo afirma Schachtschabel et al. (1992), En su investigación sobre formas de cobre, níquel y zinc en horizontes superficiales de suelos, Estos autores manifiestan que en el suelo, el intervalo de Zn es de 10-80 mg/kg dependiendo, lógicamente, del tipo de suelo ya que matizan que en los suelos arenosos el Zn total se encuentra frecuentemente entre 10-32 mg/kg, mientras que en Chernozem el rango de Zn fluctúa entre 20-80 mg/kg. (Schachtschabel, Blume, Brummer, & Hartge, 1992)

4.1.10. Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, determinó una media de 16,75+0,33 %, registrándose un valor máximo 21,84 % y un mínimo de 13,07 % en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un valor 1,97 % con un rango de 8,77 una varianza 3,87%.

Esto también lo afirma Zagal E, (2005), en su investigación sobre Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado, los valores más altos y significativos

obtenidos en los sistemas que incluyeron praderas de 5 años, concuerda con lo informado por Haynes (1999a, b), quien reportó que la acumulación de materia orgánica en sistemas de cultivo anual convertidos a pradera durante 5 años, es debida a mayores entradas de biomasa radical y aérea desde los pastos, y a la descomposición más lenta de materia orgánica por la ausencia de labores anuales de cultivo. (Zagal & Cordova, 2005)

4.1.11. pH

El contenido de pH en el suelo de cultivo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, mostró una media de $5,77 \pm 0,03$, registrándose un valor máximo 6,18 y un mínimo 5,41 en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un 0,52 % con un rango de 0,77 una varianza de 0,04. De acuerdo con los valores de pH del suelo obtenidos en los muestreos de campo, se apreció que en promedio el pH en el área de estudio es de 5.4, con coeficiente de variación de 0.134. Los valores más bajo y más alto fueron 4.1 y 7.1, respectivamente. Estos resultados coinciden de manera aproximada con los reportados por la Fundación Produce Jalisco en 2000 (FPJ, 2000), en los que, en promedio, se obtuvo un valor de 5.3 para 25 muestreos dentro del área de estudio, con valor mínimo de 4.4 y un valor máximo de 6.9.

4.2. Composición de mezclas forrajeras y producción de forraje verde en la parroquia

Guanujo.

4.2.1. Composición de mezclas forrajeras

Al evaluar la composición botánica de los cultivos forrajeros muestreados de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, se determinó que el 22,08 % de la mezcla forrajera de los pastizales estuvo compuesto por *Bromus inermis*, el 2,50 % por *Poa pratensis*, el 16,25 % de *Holcus lanatus*.

Mientras que el 38,75 % de la mezcla forrajera tuvo presencia de *Dactylis glomerata*, finalmente el 13,75 y 6,67 % de la mezcla forrajera estuvo representado por *Lolium perenne* y *Trifolium repens*.

Tabla 6

Composición botánica de los cultivos forrajeros muestreados en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar

Composición Botánica	Proporción (%)
<i>Bromus inermis</i>	22,08
<i>Poa pratensis</i>	2,50
<i>Holcus lanatus</i>	16,25
<i>Dactylis glomerata</i>	38,75
<i>Lolium perenne</i>	13,75
<i>Trifolium repens</i>	6,67
Total	100,00

4.2.2. Producción de forraje verde

La producción de forraje verde en las praderas de pastoreo de la Parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, presentó una media de $24,57 \pm 1,87$ t/Ha/Año, presentándose un valor máximo de 37,80 t/Ha/Año y un mínimo de 18,00 t/Ha/Año, el rango alcanzó un valor de 19,80 t/Ha/Año y una varianza 41,85, en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un valor 7,61 %.

Tabla 7

Producción forrajera en los cultivos muestreados en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar

Parámetro	Producción t/ha/año
Media	24,57
Error estándar	1,87
Varianza de la muestra	41,85
Rango	19,80
Mínimo	18,00
Máximo	37,80
CV %	7,61

4.3. Valor nutricional primario y contenido mineral de mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo

4.3.1. Valoración nutricional

4.3.1.1. Humedad y materia seca

La humedad en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda alcanzó una media de $75,71 \pm 0,92\%$, registrándose un valor máximo $88,68\%$ y un mínimo $64,23\%$ en tanto que el coeficiente de variación reportó un $1,21\%$ con un rango de $24,45\%$ una varianza de $30,25\%$. La materia seca en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda reportó una media de $24,29 \pm 0,92\%$, determinándose un valor máximo $35,77\%$ y un mínimo $11,32\%$ en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un $3,77\%$ con un rango de $24,45\%$ una varianza de $30,25\%$.

4.3.1.2. Proteína

La proteína contenida en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, presentó una media de $11,91 \pm 0,68\%$, registrándose un valor máximo $20,88\%$ y un mínimo $3,67\%$ mientras que el coeficiente de variación mostró un $5,75\%$ con un rango de $17,21\%$ una varianza de $16,89$. Los resultados obtenidos en este estudio señalan un nivel de proteína dentro de los parámetros normales en las mezclas forrajeras, tal como lo señalan (Bonifaz, N.& Gutierrez, F., 2013), quienes obtienen un valor de $11.6 \pm 2.2\%$ de PC en el invierno y $14.7 \pm 3.2\%$ de PC en verano.

4.3.1.3. Grasa

La grasa contenida en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda obtuvo una media de $1,67 \pm 0,07\%$, alcanzándose un valor máximo $2,48\%$ y un mínimo $0,70\%$ mientras que el coeficiente de variación reportó un $3,97\%$ con un rango de $1,78\%$ una varianza de $0,16$. Los

resultados obtenidos en este estudio señalan un nivel de extracto etéreo por debajo de lo obtenido en su investigación (Bonifaz, N.& Gutiérrez, F., 2013), con un valor promedio de 2.5+-0.3% de EE en el invierno y de 2.3+-0.4% de EE en verano.

Tabla 8

Valor nutricional primario y contenido mineral de mezclas forrajeras cultivadas en la parroquia Guanujo, cantón Guaranda, provincia de Bolívar

Características	N	Parámetro						
		Media	EE	Varianza	Rango	Máximo	Mínimo	CV %
Humedad, %	36	75,71	0,92	30,25	24,45	88,68	64,23	1,21
Materia seca, %	36	24,29	0,92	30,25	24,45	35,77	11,32	3,77
Proteína, %	36	11,91	0,68	16,89	17,21	20,88	3,67	5,75
Grasa, %	36	1,67	0,07	0,16	1,78	2,48	0,70	3,97
Fibra, %	36	16,36	0,67	16,06	15,68	24,38	8,70	4,08
Extracto no Nitrogenado, %	36	60,50	0,94	31,51	25,74	77,02	51,28	1,55
Cenizas, %	36	9,56	0,28	2,87	6,36	12,68	6,32	2,96
Calcio (Ca), %	36	0,32	0,02	0,01	0,54	0,69	0,15	6,23
Fosforo (P), %	36	0,18	0,01	0,00	0,15	0,26	0,11	3,57
Potasio (K), %	36	2,03	0,07	0,20	1,73	2,87	1,14	3,66
Magnesio (Mg), %	36	0,14	0,01	0,00	0,15	0,23	0,08	4,37
Hierro (Fe), mg/kg	36	80,03	6,93	1730,35	166,53	198,72	32,19	8,66
Manganeso (Mn), mg/kg	36	196,77	12,11	5276,69	263,16	336,55	73,39	6,15
Cobre (Cu), mg/kg	36	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00
Zinc (Zn), mg/kg	36	0,30	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,00

Nota: EE: Error estándar. CV: Coeficiente de variación

4.3.1.4. Fibra

Por su parte el contenido de fibra en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda reportó una media de 16,36±0,67%, obteniéndose un valor máximo 24,38% y un mínimo 8,70% en tanto que el coeficiente de variación presentó un 4,08% con un rango de 15,68 % una varianza de 16,06. Los resultados obtenidos en este estudio señalan un nivel de Fibra Bruta (FB) por debajo de lo obtenido en las mezclas forrajeras, tal como lo señalan (Bonifaz, N.& Gutierrez, F., 2013), con un valor de 20.3+-2.9% de FB en el invierno y de 21.1+-1.1% de FB en verano

4.3.1.5. Extracto no nitrogenado

El contenido de extracto no nitrogenado en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, obtuvo una media de $60,50 \pm 0,94\%$, registrándose un valor máximo $77,02\%$ y un mínimo $51,28\%$ mientras que el coeficiente de variación alcanzó un $1,55\%$ con un rango de $25,74\%$ una varianza de $31,51$. Los resultados obtenidos en este estudio señalan un nivel de ENN similar a los datos obtenidos por (Bonifaz & Gutierrez, 2013), en su investigación al encontrar valores de $55,0 \pm 4,9\%$ de ENN en invierno y de $49,8 \pm 3,1\%$ de ENN en época seca.

4.3.1.6. Ceniza

La ceniza contenida en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, reportó una media de $9,56 \pm 0,28\%$, determinándose un valor máximo $12,68\%$ y un mínimo $6,32\%$ en tanto que el coeficiente de variación presentó un $2,96\%$ con un rango de $6,36\%$ y una varianza de $2,87$.

Los valores obtenidos en este estudio señalan un nivel de cenizas dentro de los parámetros normales en las mezclas forrajeras, tal como lo señalan (Bonifaz & Gutierrez, 2013), al encontrar valores de $10,6 \pm 1,2\%$ de cenizas en época lluviosa y de $12,02 \pm 0,9\%$ de cenizas en época seca.

4.3.2. Contenido de minerales

4.3.2.1. Contenido de calcio

El contenido de calcio obtenido en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, registró una media de $0,32 \pm 0,02\%$, determinándose un valor máximo de $0,69\%$ y un mínimo de $0,15\%$ mientras que el coeficiente de variación presentó un $6,23\%$ con un rango de $0,54\%$ una varianza de $0,01$.

En gramíneas, el contenido normal de calcio en la materia seca oscila entre 0.3 y 1.0%, y en leguminosas entre 0.60 y 2.5%. Se considera que un forraje es deficiente en Ca cuando presenta una concentración menor al 0.24% y que el contenido es alto cuando es superior al 0.77% (Bernal J. E., 2003)

Los resultados para el contenido del calcio en el forraje son considerados como un nivel bajo tal como lo menciona (Morales, 2007) quienes manifiestan que la concentración de calcio en el forraje de las localidades de su investigación fue menor al requerimiento de una vaca en producción (0.51%) según (NRC, 2001)

Las concentraciones de los componentes químicos del pasto en el período poco lluvioso se detectaron en el 44.4% de las muestras con niveles bajos de calcio de $0,29 \pm 0,05\%$. (Balarezo, 2017)

4.3.2.2. Contenido de fósforo

El contenido de fósforo registrado en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda reportó una media de $0,18 \pm 0,01\%$, alcanzándose un valor máximo de 0,26% y un mínimo de 0,11% mientras que el coeficiente de variación presentó un 3,57% con un rango de 0,15 % una varianza de 0,00.

El rango de concentración de P en la materia seca de las plantas varía entre el 0.1 y el 0.5%. Se considera que un forraje es deficiente cuando el contenido es inferior al 0.21% y alto cuando es superior al 0.44%. (Bernal, 2003). Por lo tanto, el resultado de la concentración de P en el forraje nos indica que está por debajo del límite crítico; tal como lo manifiestan (Morales, 2007), debido a que las concentraciones de P en tres localidades de su estudio fueron menores al requerimiento (0.30%) según (NRC, 2001) Esto es debido a la interacción de la época seca en donde los niveles de P se reducen en el pasto de 0.26 a 0.18% por el lento crecimiento y aumento de la temperatura.

4.3.2.3. Contenido de potasio

El contenido de potasio obtenido en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda mostró una media de 2,03+0,07%, determinándose un valor máximo de 2,87% y un mínimo de 1,14% en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un 3,66% con un rango de 1,73% una varianza de 0,20.

Los resultados para el contenido de K en el forraje son considerados altos tal como lo obtenido en sus estudios (Balarezo, 2017), quienes manifiestan que los niveles de K en el pasto se encuentran por encima del límite crítico de deficiencia.

El rango de concentración de K en la materia seca de las plantas varía entre el 0.2 y el 5.0%. Para la mayoría de los forrajes, se considera que una planta es deficiente cuando el contenido es inferior al 1.96% y alto cuando es superior al 3.08%. (Bernal, 2003)

Esto es corroborado por (Morales, 2007) quienes señalan que, en todas las localidades de su estudio, el contenido de K en el forraje fue similar al requerido (0.9%) por vacas en producción (NRC, 2001) El ganado en pastoreo recibe suficiente K porque normalmente su contenido en el forraje es alto. (McDowell, 2005)

4.3.2.4. Contenido de magnesio

El contenido de magnesio registrado en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda reportó una media de 0,14+0,01%, presentándose un valor máximo de 0,23% y un mínimo de 0,08% en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un 4,37% con un rango de 0,15% una varianza de 0,0.

Con este resultado podemos señalar que los niveles de Mg están por debajo del límite crítico tal como lo manifiestan (Balarezo, 2017) al señalar que el Mg está deficiente en casi la totalidad de las

muestras 0.15 ± 0.01 , lo que puede estar motivado por el antagonismo que sobre el Mg tiene el K, que se encuentra elevado en el suelo del área en estudio.

En pastos, se considera que las plantas son deficientes cuando el contenido de Mg es menor del 0.26% de la materia seca y alto cuando la concentración es mayor de 0.42%. (Bernal, 2003)

4.3.2.5. Contenido de hierro

El contenido de hierro obtenido en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, mostró una media de $80,03 \pm 6,93$ mg/Kg determinándose un valor máximo de 198,72 mg/Kg y un mínimo de 32,19 mg/Kg en tanto que el coeficiente de variación presentó un 8,66 %, con un rango de 166,53 mg/Kg una varianza de 1730,35.

(Depablos, 2009) señala que los valores de Fe en el forraje fueron superiores al valor considerado limitante e inferiores a los reportados por (Balarezo, 2017) y (Morales, 2007), quién además manifiesta en su investigación que el contenido de Fe en el forraje fue alto en las cuatro localidades y en ambas épocas; el Fe en exceso reduce la absorción de Cu y Zn, inclusive es tóxico (NRC, 2001)

En forrajes, las concentraciones en la materia seca superiores a 360 ppm se consideran altas, mientras que se consideran bajas cuando son inferiores a 70 ppm. (Bernal, 2003)

4.3.2.6. Contenido de manganeso

El contenido de manganeso obtenido en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, alcanzó una media de $196,77 \pm 12,11$ mg/Kg registrándose un valor máximo de 336,55 mg/Kg y un mínimo de 73,39 mg/Kg en tanto que el coeficiente de variación presentó un 6,15 % con un rango de 263,16 mg/Kg una varianza de 5276,69.

Los resultados obtenidos para la concentración de Mn en el forraje se consideran altas tal como lo citado por (Bernal, 2003), quién manifiesta que, en el forraje, se considera bajo un contenido de Mn en la materia seca inferior a 48 ppm y alto cuando se encuentra en cantidades superiores a 290 ppm.

Esto lo corroboran los estudios realizados por (Balarezo, 2017) quiénes obtuvieron resultados con valores de $168,44 \pm 58,08$ en época lluviosa y de $187,11 \pm 25,99$, en época poco lluviosa.

4.3.2.7. Contenido de cobre

El contenido de cobre registrado en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, indicó una media de $0,50+0,0$ mg/Kg determinándose un valor máximo de 0,50 mg/Kg y un mínimo de 0,50 mg/Kg en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 % con un rango de 0,0 mg/Kg una varianza de 0,0.

Se considera que el forraje es deficiente en Cu cuando las concentraciones en la materia seca son inferiores a 10 ppm y alto cuando esta cantidad es superior a 31 ppm (Bernal, 2003); Por lo tanto, podemos manifestar que los valores de Cu en el forraje son considerados altos y superan ampliamente los resultados obtenidos por (Balarezo, 2017) y (Depablos, 2009)

4.3.2.8. Contenido de zinc

El contenido de zinc obtenido en las mezclas forrajeras de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, mostró una media de $0,30+0,0$ mg/Kg determinándose un valor máximo de 0,30 mg/Kg y un mínimo de 0,30 mg/Kg en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 % con un rango de 0,0 mg/Kg una varianza de 0,0.

Con los valores obtenidos de Zn en el forraje podemos manifestar que están ligeramente por encima de los límites críticos tal como lo señalado por (Bernal, 2003) y ligeramente por encima de

los datos obtenidos por (Balarezo, 2017) durante la época seca que fue de $22,11 \pm 2,80$. Así como también (Morales, 2007) obtiene en todas las localidades los forrajes tuvieron valores de Zn inferiores al requerimiento (40 ppm) según el (NRC, 2001).

4.4. Evaluación del perfil mineral en suero de vacas en producción de la parroquia

Guanujo

4.4.1. Contenido de nitrógeno

El contenido de nitrógeno obtenido en suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, reportó una media de $14,14 \pm 0,33$ mg/dl determinándose un valor máximo de 20,14 mg/Kg y un mínimo de 7,03 mg/dl, en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 % con un rango de 13,11 mg/dl una varianza de 8,58.

Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de los valores normales para las vacas lecheras tal como los datos obtenidos por (Quinteros, 2017) Dichos niveles tienden a estar relacionados con los contenidos de proteínas totales y son un indicador positivo que muestra la relación que existe con el metabolismo energético del animal. (Zambrano G. , 2013)

En vacas y novillos sanos, las concentraciones de nitrógeno ureico por debajo de 7 mg/dl indican deficiencias de proteína (nitrógeno) en la dieta con relación al consumo de energía digestible. En el ganado vacuno de rápido crecimiento o las vacas lecheras de alta producción, las concentraciones de nitrógeno ureico menores de 15 mg/ dl señalan una deficiencia relativa de proteína en la dieta. Las concentraciones de nitrógeno ureico mayores de 19 a 20 mg/dl, se han asociado con una reducción de las tasas de concepción y preñez en vacas lecheras. (Hammond, 1998)

4.4.2. Contenido de calcio

El contenido de calcio obtenido en suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, reportó una media de 8,12+0,12 mg/dl registrándose un valor máximo de 11,56 mg/Kg y un mínimo de 5,80 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 % con un rango de 5,76 mg/dl y una varianza de 1,21.

Tabla 9

Perfil mineral en suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo cantón Guaranda, provincia de Bolívar

Características	n	Parámetro						CV
		Media	EE	Varianza	Rango	Máximo	Mínimo	%
Nitrógeno ureico (N), mg/dl	78	14,14	0,33	8,58	13,11	20,14	7,03	2,34
Calcio (Ca), mg/dl	78	8,12	0,12	1,21	5,76	11,56	5,80	1,54
Fosforo (P), mg/dl	78	8,07	0,27	5,77	11,11	13,10	1,99	3,37
Potasio (K), mmol/l	78	5,26	0,08	0,56	3,46	6,88	3,42	1,61
Magnesio (Mg), mg/dl	78	2,69	0,05	0,17	1,64	3,52	1,88	1,72
Hierro (Fe), ug/dl	78	139,65	5,08	2013,58	251,39	224,91	26,48	3,64
Cloro (Cl), meq/l	78	101,69	0,34	8,95	13,66	108,33	94,67	0,33
Sodio (Na), mmol/l	78	134,38	0,77	45,65	36,52	156,26	119,74	0,57

Nota: EE: Error estándar. CV: Coeficiente de variación

Los valores promedio obtenidos se encuentran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras (NRC, 2001) tal como lo corroboran en sus investigaciones. (Quinteros, 2017)

Este promedio se encuentra dentro de lo normal según (Barros & Sinchi) quienes mencionan que los niveles deben oscilar entre 6.19 -7.53 mg/dl.

Estas variaciones podrían deberse a la calidad y tipo de pastos con los que son alimentados como menciona Carlos G. (2003) que el ganado en pastoreo depende principalmente de los forrajes para cubrir sus requerimientos nutricionales, La composición mineral del forraje depende entre otros de especie vegetal, estado fenológico de la planta; Maynard L. (1995) también nos dice que tanto los forrajes como los concentrados varían notablemente en su contenido de calcio. Algunas

combinaciones constituyen una fuente adecuada de estos minerales; otras, son deficientes por completo. Por consiguiente, para la nutrición apropiada de calcio es indispensable conocer la composición de los alimentos. Es decir que si existe una deficiencia de nutrientes en los forrajes también podría presentarse déficit en los animales alimentados con estos. (Palacio, 2015)

4.4.3. Contenido de fósforo

El contenido de fósforo obtenido en el suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, mostró una media de $8,07 \pm 0,27$ mg/dl determinándose un valor máximo de 13,10 mg/Kg y un mínimo de 1,99 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,01%, con un rango de 11,11 mg/dl una varianza de 5,77.

Los valores obtenidos se encuentran entre los valores referenciales para vacas lecheras de 5.58 – 6.5 mg/dl (NRC, 2001) estos datos están por encima de los obtenidos en vacas lactantes con valores de 5.30 ± 0.09 mg/dl en el estudio comparativo de los niveles de P durante el peri-parto en vacas lecheras. (Albornoz, 2017)

En contraste, No se presentaron predios con grupos de vacas con valores de fósforo inferiores a 3.41mg/dl. No obstante, fueron encontrados dos predios (2/3) localizados en zona baja y con producciones bajas de leche, con grupos de vacas con una fosfatemia promedio superior a 7.12 mg/dl, mientras que en el grupo de vacas de zona alta y alta producción, sólo se observó un predio (1/3) con grupos de vacas con valores de fósforo elevados. Además, se encontró en los mismos predios, tanto en zona baja (2/3) como en zona alta (1/3), grupos de vacas postparto con valores promedio elevados para la concentración de fósforo.

4.4.4. Contenido de potasio

El contenido de potasio obtenido en el suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda indicó una media de $5,26 \pm 0,08$ mg/dl registrándose un valor máximo de 6,88 mg/Kg y un mínimo de 3,42 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un 0,0 % con un rango de 3,46 mg/dl una varianza de 0,56. Los valores obtenidos se encuentran entre los valores referenciales para vacas lecheras (3.90-5.80 mmol/l). Los forrajes generalmente son una excelente fuente de K^+ , y esto último queda demostrado en los valores encontrados en este trabajo. (NRC, 2001)

4.4.5. Contenido de magnesio

El contenido de magnesio obtenido en el suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, registró una media de $2,69 \pm 0,05$ mg/dl determinándose un valor máximo de 3,52 mg/Kg y un mínimo de 1,88 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 %, con un rango de 1,64 mg/dl una varianza de 0,17.

Los resultados obtenidos para la concentración sérica de Mg se encuentran por encima de los valores referenciales para vacas lecheras (1.8-2.31 mg/dl) (NRC, 2001); esto difiere con los valores encontrados por (Luna, 2011), quién manifiesta que el valor más bajo de Mg durante la lactación, respecto a la transición, podría deberse a que la investigación se realizó durante el verano, época de calor, con la consiguiente pérdida del mineral por sudoración. (Buffarini, 2008)

4.4.6. Contenido de hierro

El contenido de hierro obtenido en el suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda alcanzó una media de $139,65 \pm 5,08$ mg/dl mostrándose un valor máximo de

224,91 mg/dl y un mínimo de 26,48 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 % con un rango de 251,39 mg/dl una varianza de 2013,58.

Los valores de Fe en suero permanecieron por debajo del rango de referencia dato que esta corroborado por (Luna, 2011) que fueron de 42 ug/dl; esto debido a la elevada demanda del mineral durante la secreción de leche. (Underwood, 1990)

4.4.7. Contenido de cloro

El contenido de cloro obtenido en el suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, mostró una media de 101,69+0,34 mg/dl determinándose un valor máximo de 108,33 mg/Kg y un mínimo de 94,67 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación presentó un 0,0 % con un rango de 13,66 mg/dl una varianza de 8,95.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras (97-111 mmol/l) (NRC, 2001) esto corroborado con los estudios realizados por (Quinteros J. B., 2017) quién señala que el Cl tiene un alto nivel en sangre antes del parto para luego caer al valor mínimo a partir del parto.

4.4.8. Contenido de sodio

El contenido de sodio obtenido en el suero de vacas en producción de la parroquia Guanujo, Cantón Guaranda, indicó una media de 134,38+0,77 mg/dl determinándose un valor máximo de 156,26 mg/Kg y un mínimo de 119,74 mg/dl en tanto que el coeficiente de variación alcanzó un 0,0 %, con un rango de 36,52 mg/dl una varianza de 45,65.

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores referenciales para vacas lecheras (132-142 mmol/l) (NRC, 2001); sin embargo, (Quinteros O. , 2017) determina en su investigación valores mayores a los encontrados.

Los resultados muestran que el sodio se encuentra dentro de los parámetros normales, esto debido al suplemento que reciben y que contiene sal blanca, ya que se conoce que los forrajes se caracterizan por ser deficientes en cloro y especialmente en sodio.

4.5. Análisis de correlación del círculo nutricional mineral, suelo- planta-animal en la parroquia Guanujo.

4.5.1. Calcio

El contenido de calcio en el círculo nutricional suelo, planta, vaca presentó diferentes niveles de correlación positiva destacando la correlación existente entre el suelo y la planta que fue de 0,324, lo que significa que el contenido de calcio determinado en el suelo y la planta tienen una relación lineal positiva.

Tabla 10

Correlación del círculo nutricional del calcio (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo

Matriz de Correlación de contenido de Ca				
		Suelo	Vaca	Planta
Suelo	Pearson	1,000	0,258	0,324
	Sig.		0,129	0,050 *
Vaca	Pearson		1,000	0,101
	Sig.			0,560
Planta	Pearson			1,000
	Sig.			

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

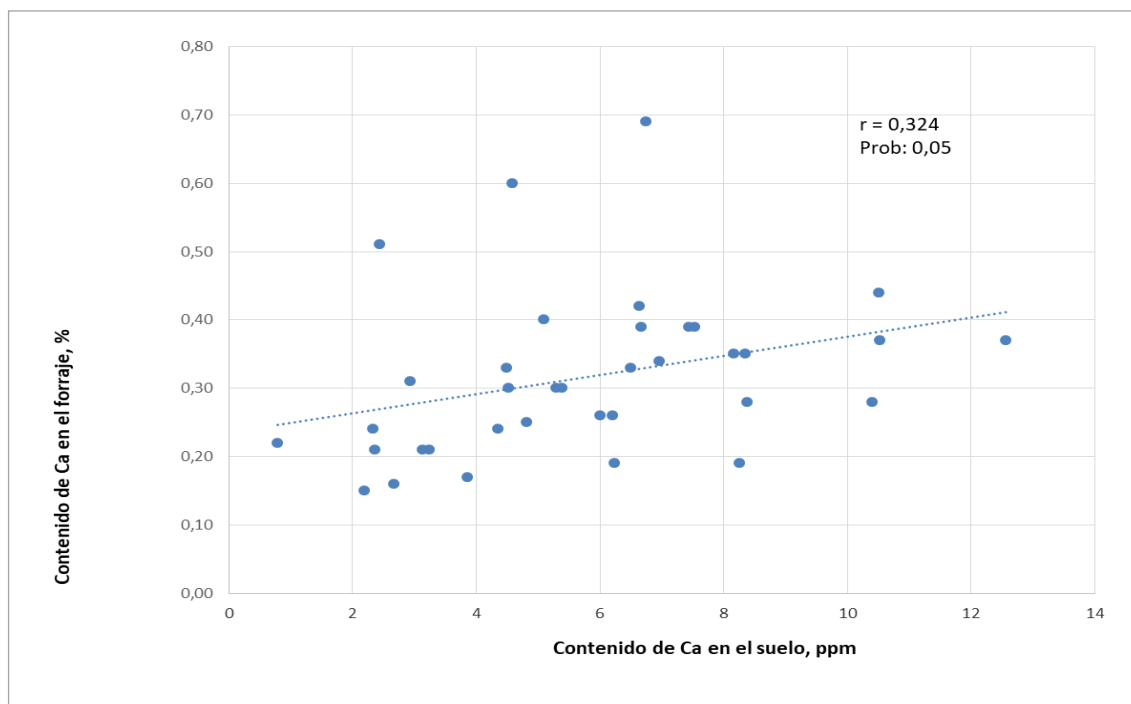


Figura 1. Dispersión grafica de la correlación de Calcio contenido en el Suelo y Forraje

4.5.2. Fósforo

El contenido de fósforo dentro del círculo nutricional suelo, planta, vaca presentó diferentes niveles de correlación positiva sin embargo a pesar de no resultar significativa, se aprecia cierta tendencia positiva de relación en el contenido de fósforo determinado en el suelo y la planta.

Tabla 11

Correlación del círculo nutricional del fósforo (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo

Matriz de Correlación de contenido de P				
		Suelo	Planta	Vaca
Suelo	Pearson	1,000	0,171	0,257
	Sig.		0,320	0,131
Planta	Pearson		1,000	0,203
	Sig.			0,236
Vaca	Pearson			1,000
	Sig.			

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

4.5.3. Potasio

El contenido de potasio en el círculo nutricional suelo, planta, vaca presentó diferentes niveles de correlación positiva destacando la correlación existente entre el suelo y la planta que fue de 0,719, lo que significa que el contenido de potasio determinado en el suelo y la planta tienen una relación lineal positiva muy significativa.

Tabla 12

Correlación del círculo nutricional del potasio (suelo, planta, animal), en la parroquia Guanujo

Matriz de Correlación de contenido de K				
		Suelo	Planta	Vaca
Suelo	Pearson	1,000	0,719 **	0,124
	Sig.		0,000	0,469
Planta	Pearson		1,000	0,276
	Sig.			0,103
Vaca	Pearson			1,000
	Sig.			

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

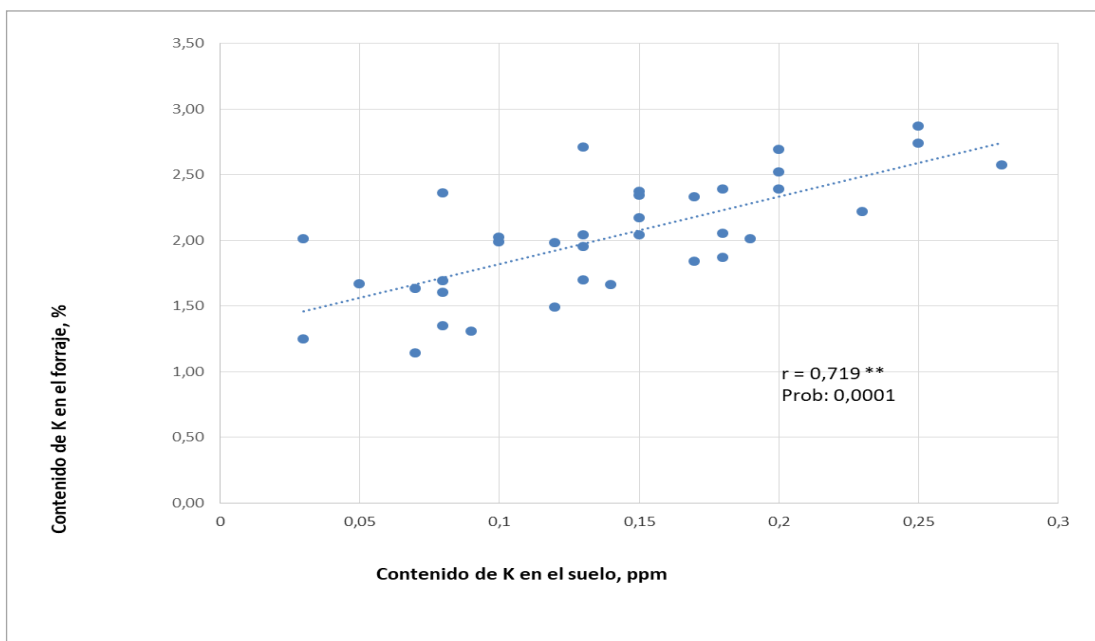


Figura 2. Dispersión grafica de la correlación del Potasio contenido en el Suelo y Forraje

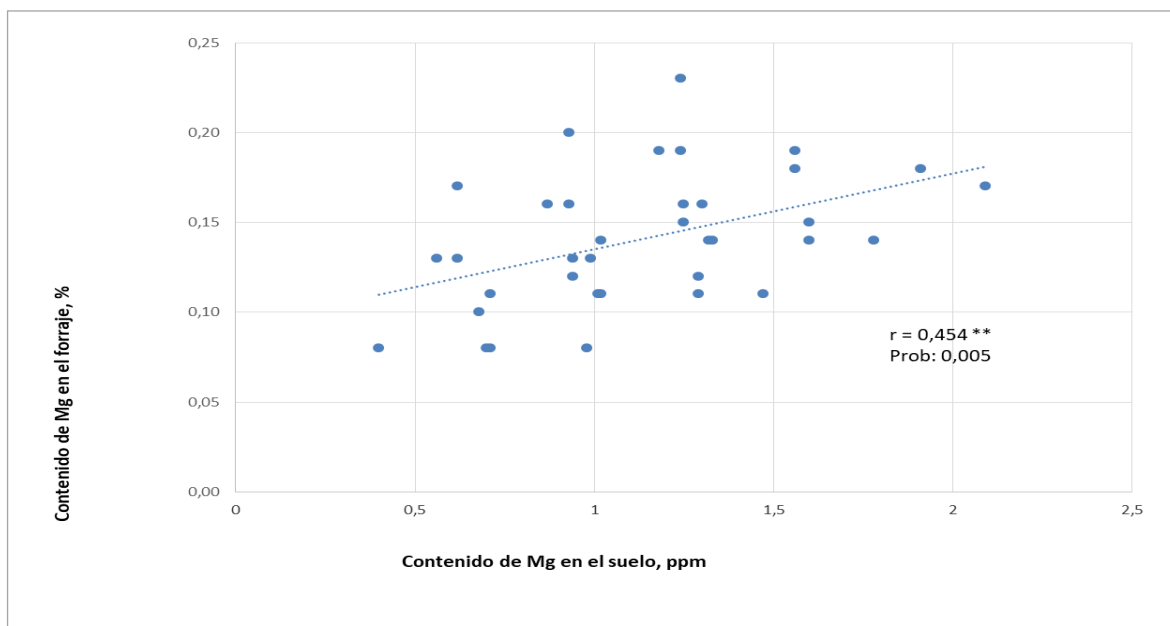


Figura 3. Dispersión grafica de la correlación del Magnesio contenido en el Suelo y Forraje.

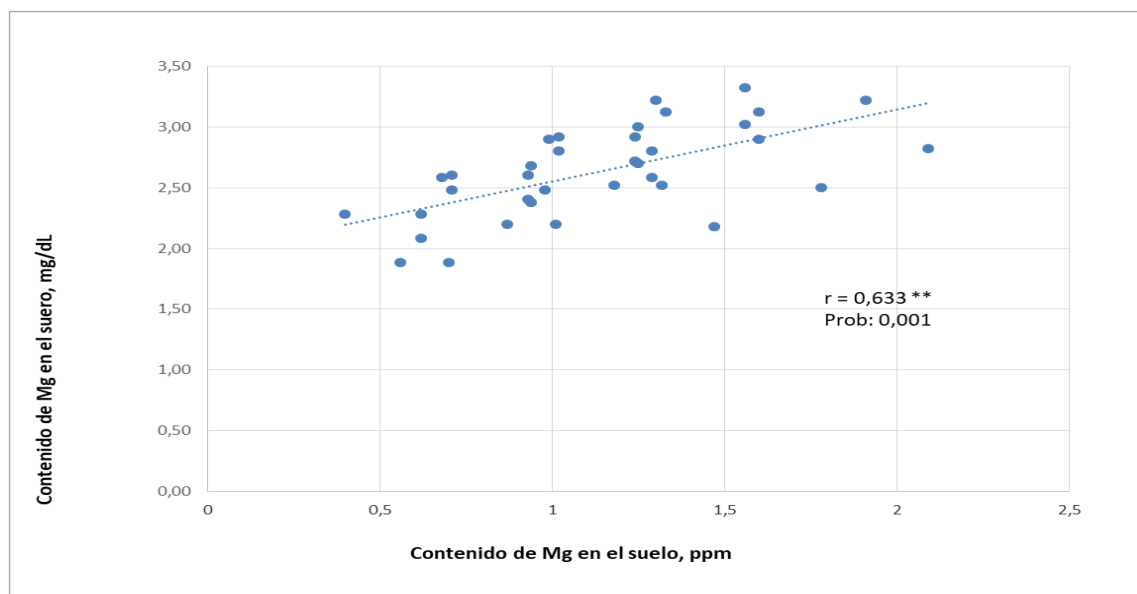


Figura 4. Dispersión grafica de la correlación del Magnesio contenido en el suelo y suero sanguíneo de vacas.

4.5.4. Magnesio

El contenido de magnesio en el círculo nutricional suelo, planta, vaca presentó diferentes niveles de correlación positiva destacando la correlación existente entre el suelo y la planta que fue de 0,454 y por otro lado la correlación suelo y vaca, lo que significa que el contenido de magnesio determinado en el suelo tiene una relación lineal positiva significativa con el contenido en la planta y suero sanguíneo de las vacas.

Tabla 13

Correlación del círculo nutricional del magnesio (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanaju

Matriz de Correlación de contenido de Mg				
		Suelo	Planta	Vaca
Suelo	Pearson	1,000	0,454 **	0,633 **
	Sig.		0,005	0,000
Planta	Pearson		1,000	0,391 *
	Sig.			0,018
Vaca	Pearson			1,000
	Sig.			

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

4.5.5. Hierro

El contenido de hierro en el círculo nutricional suelo, planta, vaca presentó diferentes niveles de correlación incidiendo la correlación existente entre el suelo y contenido del suero sanguíneo de las vacas alcanzando un valor de 0,608, lo que significa que el contenido de hierro determinado en el suelo y la planta tienen una relación lineal positiva altamente significativa.

Tabla 14*Correlación del círculo nutricional del hierro (suelo, planta, animal) en la parroquia Guanujo*

Matriz de Correlación de contenido de Fe				
		Suelo	Planta	Vaca
Suelo	Pearson	1,000	0,277	0,608
	Sig.		0,102	**
Planta	Pearson		1,000	-0,261
	Sig.			0,123
Vaca	Pearson			1,000
	Sig.			

Nota: **. Correlación significativa al nivel 0.01

*. Correlación significativa al nivel 0.05

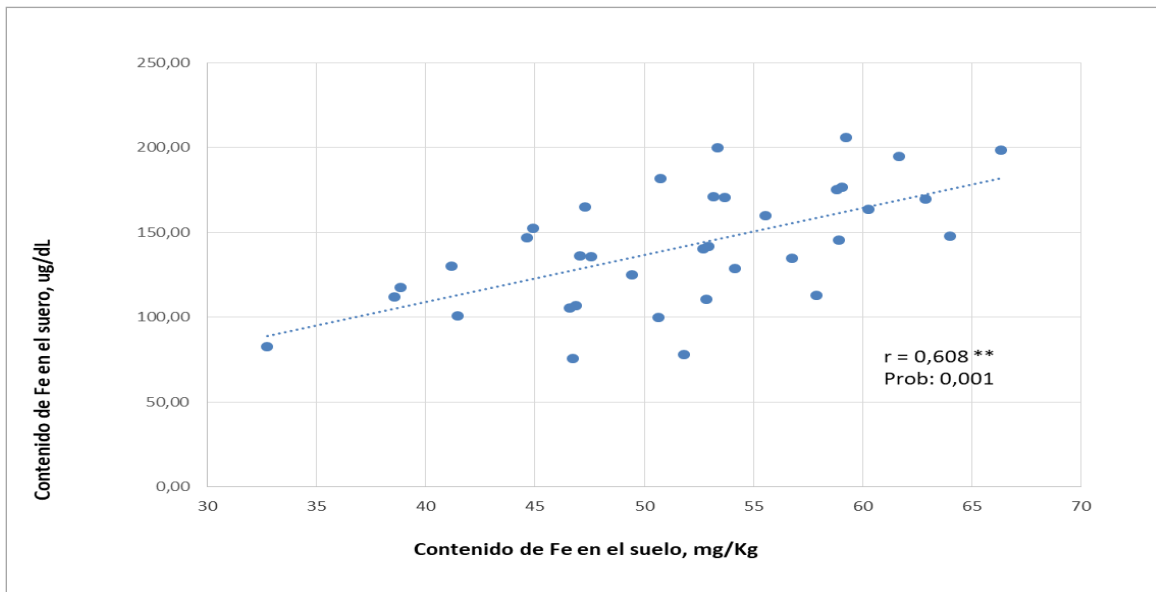


Figura 5. Dispersión grafica de la correlación del Hierro contenido en el suelo y suero sanguíneo de vacas

4.6. Alternativas de manejo para el mejoramiento del círculo nutricional mineral:

suelo, planta, animal mediante estrategias nutricionales económicamente viables.

Las características climáticas, nutricionales y económicas de las regiones andinas de Latinoamérica, restringen la eficiencia de la producción ganadera. En consecuencia, los sistemas de producción de leche que usan ganado mestizo, a partir de ganado criollo y de animales de ascendencia europea, han llegado a ser y permanecen como el principal componente de los sectores ganaderos en los países de América Latina. A pesar de la viabilidad económica sostenida de estos hatos y de su frecuente contribución a la producción regional de leche, pocos estudios han comparado las estrategias de manejo nutricional alternativo para estos sistemas.

Las evaluaciones del manejo nutricional para sistemas de producción lechera tienen el potencial de incrementar el ingreso económico de los productores del sector ganadero, lo cual podría resultar en un aumento del aporte nacional de leche. La mejora en el ingreso

económico podría traer también mayor productividad de los animales, de la tierra y de la mano de obra, y así fortalecer un uso más efectivo de los recursos alimenticios

En un estudio realizado en la Universidad de Cornell, se indica que el manejo nutricional interactúa con la intensidad del uso de la tierra y con la composición del hato; por lo tanto, la mejora en el manejo nutricional que implica un aumento en la concentración de energía en las dietas de vacas lactantes, permite mayores ingresos de leche por unidad de superficie. El mayor potencial provino de un aumento en la suplementación para vacas lecheras con melaza y urea más que con un concentrado comercial; esto hizo menos restrictivas las limitantes energéticas, obteniendo así un incremento en el margen neto del hato, bajo estrategias de manejo alterno en comparación con el manejo base. Si se reconoce que el alterar las prácticas de manejo nutricional podría incrementar la complejidad del manejo en los ranchos, las alternativas identificadas son consistentes con un uso sostenible de la tierra y son factibles de implementarse, al menos por una parte sustancial de los productores. (Nicholson, 1990)

4.6.1. Alternativas de manejo de suelos

- Mejorar los planes de fertilización comprende calcular e interpretar el equilibrio de nutrientes concreto para un predio determinado: analizar el contenido restante en el suelo de cada parcela considerando el tipo de suelo y los residuos mineralizados de cultivos; determinar las necesidades de nutrientes para los cultivos según el rendimiento deseado dadas las condiciones ambientales; analizar el contenido en nutrientes de los fertilizantes orgánicos, establecer la proporción de fertilizantes minerales para satisfacer las necesidades de los cultivos y considerar el lapso que precisan los cultivos entre la aplicación y la asimilación de los nutrientes. (Lukat, 2013)

- Aumento del contenido de materia orgánica de los suelos mediante La aplicación de fertilizantes orgánicos como estiércol o compostaje no solo aumenta el contenido de MO, sino que debe considerarse como un ingreso de nutrientes. La incorporación de plantas al suelo no solo aumenta la MO, sino que la mineralización de las plantas deja libres los compuestos de nitrógeno para que sean absorbidos por el cultivo; por lo tanto, hay que considerar la cantidad de nitrógeno en el suelo en el plan de fertilización. Los residuos de cultivos pueden ser paja de cereales o residuos de otros cultivos, o biomasa que surge de la tala y la poda de cultivos permanentes. (Lukat, 2013)
- Desarrollo de cultivos intercalados como cultivo en hileras; su ejecución requiere una buena comprensión de las demandas de los cultivos en el sistema en términos de espacio, luz y nutrientes. Los sistemas pueden variar entre monocultivo y cultivos mixtos. Franjas ribereñas de protección: la plantación puede hacerse en tres zonas: zona I (de un ancho de aproximadamente 10m) en la orilla del río, con árboles que resistan las inundaciones; zona II (de entre 3 y 5m de ancho), formada por arbustos autóctonos que almacenan nutrientes, y zona III (de entre 5 y 8 m de ancho), formada por pastos autóctonos, para capturar nutrientes y sustancias químicas. Cortavientos: los árboles ofrecen protección frente al viento hasta una distancia de aproximadamente 10 veces su altura, lo cual es beneficioso para la horticultura. Sistemas silvo-pastorales: requiere manejo del ganado para evitar que se dañen los árboles, el pastoreo excesivo y la compactación del suelo. (Lukat, 2013)
- Las prácticas de alimentación animal pueden disminuir la cantidad de nutrientes excretada por el ganado. Las opciones son a) ajustar los alimentos (y, por ende, los nutrientes) a las necesidades de los animales o b) aumentar la asimilación de nutrientes

por parte de los animales. Si se ajusta la cantidad de alimento, los agricultores tendrán que calcular las necesidades nutricionales de sus animales y tener información sobre la composición de nutrientes en el alimento. Para facilitar la alimentación diversificada, los animales tienen que agruparse por sexo y por edad o estado reproductivo. Esta medida reduce el desperdicio de alimentos e impide que los animales ingieran cantidades excesivas de alimentos. Si se aumenta la asimilación de los alimentos por parte de los animales, hay que aumentar la digestibilidad del alimento proporcionado, por ejemplo, procesándolo o agregando fitasa o aminoácidos. (Lukat, 2013)

4.6.2. Alternativas de fertilización de forrajes

- Para realizar la asociación de pastos se debe tener en cuenta el tipo de suelo de nuestro terreno (es arcilloso o arenoso), si el pasto instalado va a ser para corte o pastoreo, la disponibilidad de agua, tecnología a utilizar y la altitud (es en la punta o zona baja), debido a que existen especies de pastos para cada condición de suelo.
- Se recomienda para la siembra, altas densidades relativas de semillas, tratando de cubrir lo más rápido posible la mayor superficie y evitando los suelos desnudos donde fácilmente se desarrollarán las mezclas.
- El manejo de pastos significa realizar una serie de actividades con la finalidad de obtener buen rendimiento y duración de nuestros pastos, así mismo optimizar el uso.
- Al momento de la instalación de los pastos se debe realizar la realización del suelo aplicando fosfato diamónico, cloruro de potasio y guano descompuesto, posteriormente en los cortes fertilizar con nitrato de amonio alternando con guano descompuesto ya sea de ovino, cuy, vacuno, etc. La calidad de fertilizantes a usar depende de la fertilidad del suelo y los resultados del análisis del suelo. Así mismo debe realizarse la fertilización de

mantenimiento cada 6 a 8 meses aplicando fosfato diamónico, cloruro de potasio y nitrato de amonio, ya que el pasto al crecer extrae los nutrientes del suelo y cada corte del pasto va disminuyendo los nutrientes del suelo y por tanto es necesario reponerla mediante la fertilización.

- El pastoreo debe realizarse en forma controlada, es decir, evitar que los animales coman al ras del suelo, es recomendable dejar de 5 a 8 cm de altura desde el suelo ya que nos servirá de reserva para que la planta crezca y se desarrolle para los siguientes cortes.
- Para realizar el pastoreo en campos extensos, es recomendable dividirlos en pequeños potreros o canchas de pastoreo haciendo uso de cerca eléctrica para evitar el pisoteo que se pierde alrededor de 30 a 40 % de forraje.

4.6.3. Alternativas de manejo nutricional en bovinos lecheros

La sal mineral constituye un elemento de importancia en las fincas destinadas a la producción de leche pues ejerce acción importante en el metabolismo y nutrición del organismo. La poca atención a la suplementación de minerales en la ración conlleva a aumentar las posibilidades de enfermedades y problemas reproductivos.

Por lo tanto, se hace necesaria la formulación de una sal mineral para ser utilizada considerando los análisis de suero sanguíneo de los animales de la zona en estudio y de esta manera corregir las deficiencias de los minerales que se encuentran en niveles por debajo del rango moderado.

Es necesario considerar la conveniencia de utilizar mezclas minerales completas o pre mezclas. En el caso de pre mezclas, deben combinarse con un determinado porcentaje de sal común, en general se utiliza una relación 1:1 o 2:1), teniendo cuidado que el mezclado sea suficiente y homogéneo, también debe evitarse que la pre mezcla se precipite al fondo del

saladero y garantizar que todos los animales tengan la posibilidad de consumo y de llenar sus requerimientos de minerales.

Algunos investigadores recomiendan por cada 100 kilos de peso vivo (100Kg) de un bovino a pastoreo se le debe aportar aproximadamente 15 gramos de minerales (15 gr) por día. En caso de vacas de ordeño, aparte de los 15 gramos de mineral por cada 100 Kg, se le debe adicionar 5 g por cada litro de leche producido.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el análisis de suelos se determinó un contenido alto en N, Ca y Fe, mientras que para los minerales P, K y Mg los niveles encontrados en el suelo fueron catalogados bajos.
- El valor nutricional primario de la mezcla forrajera mostró bajo contenido de proteína y fibra, mientras que los minerales se hallan por debajo de los niveles requeridos, a excepción del Fe.
- El perfil mineral (Ca, P, Mg, Na, K, Cl y Fe) determinado en el suero de vacas en producción presentó niveles relativamente por debajo de los normales, por lo que debe ser necesaria la suplementación.
- Los niveles de Ca, P y Mg de la mezcla forrajera están por debajo o cercanos a los límites críticos debido a una insuficiente cantidad de estos minerales en el suelo y escasos programas de fertilización en la zona de estudio.
- A pesar de que las concentraciones de minerales halladas en el forraje denotan ser suficientes para su adecuado desarrollo, no cubren las necesidades del ganado bovino, ya que existen deficiencias de Ca, P y Mg; predisponiendo así la presencia de anomalías metabólicas.
- Los niveles de K, Fe y Mn del forraje se encontraron por encima de los valores mínimos críticos mostrando una correlación positiva con respecto a estos minerales en el suelo.
- Los estudios del nivel sérico nos permiten concluir que están en una correlación positiva de acuerdo al nivel de los mismos encontrados a nivel de suelo-planta y son el reflejo directo de lo encontrado en el análisis de suelos y foliar.

5.2. Recomendaciones

- Aplicar las diferentes alternativas de manejo del suelo que incluyen: labranza no agresiva que minimice las posibilidades de erosión, la fertilización y la racionalización del agua.
- Implementar sistemas de manejo de los pastizales, que incluyan: alta densidad de semilla durante la siembra, fertilización combinada con abonos químicos y provenientes de materia orgánica como guano descompuesto.
- Mejorar el manejo de los animales mediante la suplementación con sales minerales en forma permanente en dosis que promedien los 15 g por cada 100 kg del peso del animal por día y en el caso de las vacas lecheras adicionar 5 g más por cada litro de leche producido.
- Los resultados de esta investigación evidencian la necesidad de aplicar los procesos metodológicos y tecnológicos, en beneficio de una mayor población de productores de la zona.
- Realizar campañas de información y capacitación sobre la importancia de la nutrición mineral en vacas lactantes, sobre todo, en zonas donde existen deficiencias y desbalances nutricionales considerables.
- Es posible utilizar la información aquí obtenida para diseñar suplementos minerales tipo núcleos o bloques nutritivos destinados a aliviar las carencias de minerales; además, estos productos sean diseñados para ser empleados en toda la zona y deberán incluir en su formulación principalmente Ca, P y Mg.
- Por último, se recomienda realizar nuevas investigaciones en las diferentes épocas del año para establecer diferencias de demanda mineral de vacas lactantes en invierno y verano.

BIBLIOGRAFIA

- Albornoz, L. (2017). Estudio comparativo de los niveles de Calcio, Fosforo y Magnesio durante el periparto en vacas lecheras en diferentes sistemas de producción en Uruguay y España. *Veterinaria - Montevideo*, 4-12.
- Álvarez, J. (2001). Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. *Antioquia: Universidad de Antioquia*.
- Alviso, R. (2012). Elementos minerales seleccionados en sangre de bovinos del Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 211-222.
- Armenta, G. (1995). Perfil Mineral del Suelo, Forraje y Tejidos del Ganado en Agostaderos del Estado de Nuevo León. . *Nuevo León - México: UANL*.
- Arteaga, V. (2014). Estado nutricional del Ganado y Acumulación de Forraje en ujn na Unidad de Producción de Becerras. *Chapingo - México: UACH*.
- Bačić, G. K., Karadjole, T., Mačević, N., & Karadjole, M. (2007). Veterinarski Archiv. 567-577.
- Balarezo, L. (2017). Contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador. *Centro Agrícola*, 56-64.
- Barrios, M. (2013). Efecto de una suplementación mineral sobre fósforo sérico, parámetros productivos y reproductivos en vacunos doble propósito de fincas deficientes en fósforo edáfico. *Venezuela: CIAE Yaracuy*.
- Barros, G., & Sinchi, M. (s.f.). Determinación de las concentraciones de Ca, P, Mg, proteínas totales, urea y glucosa en suero sanguíneo de vacas lecheras holstein mestizas en producción aparentemente sanas, en el cantón Cuenca. 2012.
- Bavera, G. (2006). Suplementación mineral con nitrógeno no proteico del bovino. *Rio Cuarto. Argentina: Edición del Autor*.
- Bernal, J. (2003). Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. *Bogotá: IPNI*.
- Bernal, J. (2005). Manual de Manejo de Pastos Cultivados Para Zonas Altoandinas. *DGPA*.
- Bertsch, F. (2000). Utilidad de los estudios de Absorción de nutrimentos en el afinamiento de las recomendaciones de fertilización.
- Betancur, H. (12 de Agosto de 2012). *Revista electrónica de Veterinaria REDVET* . Obtenido de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080812/081203.pdf>
- Bonifaz, N., & Gutierrez, F. (2013). Correlación De Niveles De Urea En Leche Con Características Físicoquímicas Y Composición Nutricional De Dietas Bovinas En Ganaderías De La Provincia De Pichincha. *Revista De Ciencias De La Vida*, 33-42.
- Buffarini, M. (2008). Variaciones estacionales de minerales en sangre en dos rodeos de cria en pastoreo en General Villegas. 88-92.
- Bugarin, J. (2012). La interacción suelo, planta, animal en un sistema silvopastoril. . *Revista Computarizada de Producción Porcina.*, 88.
- Calvache, R. (13 de mayo de 2015). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/301701400_los_suelos_del_ecuado
- Castañeda, S. (2012.). Diagnóstico mineral de ganado bovino en condiciones de trópico húmedo. . *Tesis de maestría, universidad autónoma chapingo, chapingo, méxico.* , 61.
- CIL. (2015). La leche del Ecuador. *Historia de la lechería ecuatoriana*.

- Contero, R. (2008). La calidad de la leche: un desafío en el Ecuador. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vid*, 25-28.
- Contreras, P. (1996). Desbalances metabólicos nutricionales más frecuentes en rebaños de pequeños productores de leche. Valdivia-Chil: Archivos de Medicina Veterinaria.
- Depablos, L. (2009). Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 25-37.
- Eduardo, J., & Cabrera, E. (2009). Comparación de la concentración mineral en forrajes y suelos de zonas ganaderas del estado de Quintana Roo. México. *Veterinaria Mexico*.
- Engelhardt, W., & Breves, G. (2005). Minerales. In: *Fisiología veterinaria*. Zaragoza. España: Acribia S.A.
- Eraso, M. (2014). Influencia de la fertilidad del suelo sobre la calidad composicional de la leche y perfiles metabólicos en animales de lechería especializada en el trópico de nariño. *Universidad de nariño*.
- Espinosa, J. (2008). XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. En *International Plant Nutrition Institute*. (págs. 2-6). Quito.
- FAO. (01 de mayo de 2018). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de Food and Agriculture: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/production-systems>
- Foth, D., & Elis, B. (1997). *Soil Fertility*. Second Edition. *Lewis Publishers*.
- González, F. (2000). *Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes*. In: *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre. Brasil: : Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Graña, M., Barral, M., & Guitián, F. E.-4. (1991). Formas de cobre, níquel y zinc en horizontes superficiales de suelos. *Suelo y planta*, 467-482.
- Guaman, M. (2011). Comparación de inóculos microbianos en la determinación de la digestibilidad in vitro. *Universidad Nacional de Córdoba. Especialización en Alimentación de bovinos*.
- Hammond, A. (1998). Uso de niveles de nitrógeno uréico en sangre (BUN) y leche (MUN) como guía para la suplementación protéica y energética en bovinos. *Revista Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 44-48.
- IDEAM. (2014). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/macizo/pdf/Capitulo4.pdf>
- INEC. (3 de Abril de 2017). *Ecuador en Cifras*. Obtenido de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2017: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf
- IPNI. (2018). *International Plant Nutrition Institute*. [http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/5F7C43DE5DD504BC85257CD30055A8C4/\\$FILE/NutriFacts-NA-1.pdf](http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/5F7C43DE5DD504BC85257CD30055A8C4/$FILE/NutriFacts-NA-1.pdf).
- ISSG. (2000). *Global Invasive Species Database*. Obtenido de <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1419>
- Jim, K. (2005). *Nutrición de la vaca lechera*. In: *Sanidad del ganado vacuno*. España: Acribia.

- Kincaid, R. (1993). *Macrominerales para los rumiantes*. En: *El ruminante: fisiología digestiva y nutrición*. España: Acribia.
- León, R. (3 de Mayo de 2008). Pastos y Forrajes. Producción y Manejo. *Ediciones Científicas Agustín Alvarez. Cía. Ltda.* Obtenido de Ediciones Científicas Agustín Alvarez. Cía. Ltda.
- Lukat, E. (2013). Eficiencia de los recursos en la práctica. El cierre de los ciclos en minerales. *Milan: Studio graphique Deloitte.*
- Luna, L. (2011). Caracterización del Perfil Mineral de Bovinos Lecheros en Establecimientos del Departamento Las Colonias Región Centro de Santa Fé. *Santa Fé: UNL.*
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L., & Wilkinson, R. (2010). *Animal Nutrition*. *Edinburgh: Pearson.*
- McDowell, L. (2005). *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. *Gainsville, Florida: USA. Universidad de Florida.*
- Minatel, L. (2004). Niveles de cobre, hierro, zinc y selenio de bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Argentina de Producción Animal*, 225-235.
- Morales, E. (2007). Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Técnica Pecuaria en México*, 329-344.
- Navarro, B., & Navarro, G. (2003). El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. *Química Agrícola*, 487.
- NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Washington: 7th rev. ed.
- Overton, T. (2004). Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. *Journal dairy Science*, 105-119.
- Palacio, L. (2015). Implantación de Mezclas Forrajeras con Gramíneas Perennes con Riego y sin Riego Suplementario. *Uruguay: Universidad de la República.*
- Poma, J. (2017). Zonificación y uso adecuado de los suelos en la parroquia Veintimilla del Cantón Guaranda.
- Pucha, E. (2014). Efecto de cuatro láminas de riego y tres niveles de fertilización nitrogenada en la productividad de la mezcla forrajera del CADET. *Quito: UCE.*
- Quinteros, J. (2017). Macrominerales en Sangre en Cuatro Genotipos Bovinos en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 802-811.
- Quinteros, O. (2017). Indicadores Metabólicos Sanguíneos De Genotipos Lecheros En Pastoreo De La Provincia De Napo-Ecuador. *Revista De Ciencias De La Vida*, 119-130.
- Reinoso, A. (2014). Evaluación de quelatos de hierro en el fertirriego del cultivo establecido de rosas rosa sp.) variedad freedom en los cantones cayambe y pedro Moncayo.
- Requelme, N., & Bonifaz, N. (2012). Caracterización de Sistemas de Producción Lechera de Ecuador. *La Granja*, 67.
- Roca, N., & Mabel, J. (2007). Disponibilidad De Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc. Barcelona (España): Facultad De Agronomía, Universidad Nacional Del Centro De La Provincia De Buenos Aires, Cc 47, 7300 Azul (Argentina).
- Rosero, J. (20 de Diciembre de 2011). *Revista Tierra Adentro*. Obtenido de Revista Tierra Adentro: <http://revistatierraadentro.com/index.php/ganaderia/194-pastos-y-forraje>
- Schachtschabel, P., Blume, P., Brummer, G., & Hartge, H. (1992). *Lehrbuch der bodenkunde*. *Enke (Ed.)*, 491.
- Solórzano, J. (2018). Manejo de Ganado Bovino. *Manual Práctico*.
- Studio, C. (2015). *La leche del Ecuador - Historia de la lechería ecuatoriana*. Quito.

- Underwood, J. (199). Mineral nutrition of livestock. *Edinburgh (UK): CAB Internationa.*
nrsc142p2
- USDA. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos.
- USDA. (13 de junio de 2018). Obtenido de
https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/maps/?cid=_053592
- Vázquez, G., Pérez, P., & Meléndez, N. (2011). Fertilidad de Suelos para Praderas Tropicales. . *México: Facultad de Ciencias Agropecuarias.*
- Whitehead, C. (2000). Nutrient Elements in Grassland: Soil-Plant-Animal Relationships. *United Kingdom: CABI Publishing.*
- Zagal, E., & Cordova, C. (2005). Indicadores de Calidad de la Materia Orgánica del Suelo en un Andisol Cultivado. *Agricultura Técnica.* 12-13.
- Zambrano, D. (2017). . La producción de leche en Ecuador y Chimborazo: nuevas oportunidades e implicaciones ambientales. *Yura: Relaciones Internacionales,* 270-289.
- Zambrano, G. (2013). Evaluación de la relación Suelo-Planta-Animal a través de la producción y calidad composicional de la leche en Catambuco. *Universidad de Nariño.*