

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES MINERALES (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn,
Fe, Mn) EN LOS PASTOS MÁS COMUNES EN LA ESTACIÓN DE MAYOR Y
MENOR PLUVIOSIDAD DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

POR
TIFFANY MICHELL OSTÍA GONZÁLEZ
CED. 4-772-2038

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ
2019

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES MINERALES (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) EN LOS PASTOS MÁS COMUNES EN LA ESTACIÓN DE MAYOR Y MENOR PLUVIOSIDAD DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROBADO:

PROF. ING. ALEX SAMUDIO MSc.

DIRECTOR

PROF. ING. VICTOR SANCHEZ MSc.

ASESOR

PROF. ING. EFRAÍN STAFF MSc.

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2019

DEDICATORIA

A todo estudiante de las Ciencias Pecuarias y productor de este país, que toda la información escrita en este documento sea de ayuda. Esta información es para ti productor, gracias por tan valioso y noble trabajo, por contribuir al desarrollo de este país, gracias por no rendirse nunca, aun cuando no se ve un buen horizonte. Todo mi aprecio y admiración para ti productor panameño.

Muy especialmente a mi sobrino adorado Liam Osvaldo, a mi familia Avelina Castillo, Aura González, Orlando Ostía, Alejandra Ostía. A esa persona especial por todo su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Mi más grande agradecimiento a mi Señor Jesús todo Poderoso por permitirme culminar esta etapa tan enriquecedora. Gracias Señor por tus bendiciones sin Ti nada hubiera sido posible.

A mi familia, por haberme apoyado en todo este camino, abuela, mamá, papá, hermana y padrino.

Muy especialmente a una persona especial, gracias por todo el apoyo y tiempo dedicado a este estudio tan importante para mí; al departamento de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, especialmente a la profesora Liliana Escalante.

Al IDIAP, muy especialmente al departamento de Suelos en Divisa, gracias a los ingenieros Santos y Villalaz y Dr. Villareal por toda la ayuda técnica.

A mi director de tesis, el profesor Ing. MSc. Alex Samudio, gracias por todos sus consejos y enseñanzas; a mis asesores, el profesor Ing. MSc. Efraín Staff y el profesor Ing. MSc. Víctor Sánchez, muchas gracias por todo el apoyo y por cada consejo. Sin su apreciada ayuda esto no sería realidad.

A todos mis profesores, muy especialmente al profesor Ing. MSc. Pedro Guerra por su ayuda y consejos para realización de esta tesis. Al profesor Ing. MSc. Arturo Fuentes, gracias por su ayuda técnica y consejos.

A todos los productores chiricanos que me abrieron las puertas de sus fincas para poder realizar los muestreos necesarios

INDICE GENERAL

| | |
|-------------------------|-----|
| APROBADO..... | I |
| DEDICATORIA..... | II |
| AGRADECIMIENTO..... | III |
| INDICE DE GENERAL..... | IV |
| INDICE DE CUADROS..... | VII |
| INDICE DE GRÁFICAS..... | IX |

Tabla de contenido

| | |
|---|------|
| RESUMEN | xii |
| SUMMARY | xiii |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 1 |
| 1.2 Antecedentes | 2 |
| 1.4 OBJETIVOS | 4 |
| 1.4.1 Objetivo General | 4 |
| 1.4.2 Objetivo Específico | 4 |
| 1.5 Hipótesis | 4 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1 Forrajes | 6 |
| 2.2 Suelo | 7 |
| 2.3 Requerimientos minerales | 7 |
| 2.4 Función Mineral | 9 |
| 2.5 Incidencia de deficiencias y toxicidades Minerales | 11 |
| 2.6 Macrominerales | 13 |
| 2.6.1 Calcio (Ca) y Fósforo (P) | 13 |
| 2.6.2 Funciones en los Tejidos Blandos y Líquidos Orgánicos: | 14 |
| 2.6.2.01 Deficiencia | 14 |
| 2.6.3 Magnesio (Mg) | 15 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.6.3.01 | Deficiencia..... | 16 |
| 2.6.4 | Potasio (K)..... | 16 |
| 2.6.4.01 | Deficiencia | 17 |
| 2.6.5 | Sodio (Na)..... | 18 |
| 2.6.5.01 | Deficiencia | 18 |
| 2.7 | Micro minerales | 19 |
| 2.7.1 | Cobre (Cu)..... | 19 |
| 2.7.1.01 | Deficiencia | 19 |
| 2.7.2 | Zinc (Zn)..... | 20 |
| 2.7.2.01 | Deficiencia | 20 |
| 2.7.3 | Hierro (Fe)..... | 21 |
| 2.7.3.01 | Deficiencia..... | 21 |
| 2.7.4 | Manganeso (Mn) | 22 |
| 2.7.4.01 | Deficiencia | 23 |
| 2.8 | Métodos directos e indirectos de suplementación mineral..... | 23 |
| 2.8.1 | Método directo | 24 |
| 2.8.2 | Método indirecto..... | 25 |
| 3 | METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1 | Ubicación y Caracterización..... | 25 |
| 3.2 | Selección de los lugares muestreados | 26 |
| 3.3 | Recolección de muestras..... | 27 |
| 3.4 | Duración del estudio | 27 |
| 3.5 | Métodos de análisis..... | 27 |
| 3.6 | Método estadístico..... | 28 |
| 4 | ANÁLISIS DE VARIANZA..... | 28 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 30 |
| 5.1 | Porcentaje de Materia Seca (MS%) | 30 |
| 6 | Macrominerales | 31 |
| 6.1 | Calcio (Ca)..... | 31 |
| 6.2 | FÓSFORO (P)..... | 35 |
| 6.3 | MAGNESIO (Mg)..... | 39 |
| 6.4 | POTASIO (K)..... | 41 |
| 6.5 | SODIO (Na) | 44 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 6.6 | COBRE (Cu) | 48 |
| 6.7 | ZINC (Zn) | 52 |
| 6.8 | HIERRO (Fe) | 56 |
| 6.9 | MANGANESO (Mn) | 60 |
| 7 | CONCLUSIONES | 64 |
| 8 | RECOMENDACIONES | 66 |
| 9 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 67 |
| ANEXOS | | 72 |

INDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| CUADRO I ÚLTIMOS RESULTADOS EN DETERMINACIÓN MINERAL..... | 4 |
| CUADRO II TABLA DE REQUERIMIENTOS MINERALES EN EL GANADO BOVINO DE CARNE | 9 |
| CUADRO III TABLA DE REQUERIMIENTOS MINERALES EN EL GANADO DE LECHE. BOVINO..... | 10 |
| CUADRO IV PARTICIPACIÓN DE LOS MINERALES EN DIVERSAS FUNCIONES ORGÁNICAS..... | 12 |
| CUADRO V VALORES PROMEDIOS DE MATERIA SECA EN AMBAS ÉPOCAS DEL AÑO EN LOS CORREGIMIENTOS MUESTREADOS..... | 31 |
| CUADRO VI ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE CALCIO..... | 32 |
| CUADRO VII ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO..... | 36 |
| CUADRO VIII ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE MAGNESO..... | 40 |
| CUADRO IX ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE | |

| | |
|---|----|
| POTASIO..... | 43 |
| CUADRO X ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE SODIO..... | 47 |
| CUADRO XI ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE COBRE..... | 50 |
| CUADRO XII ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE ZINC..... | 54 |
| CUADRO XIII ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE HIERRO..... | 58 |
| CUADRO XIV ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE MANGANESO..... | 62 |

INDICE DE GRÁFICAS

Pág.

| | |
|---|-----|
| GRÁFICA I MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Ca..... | 33 |
| GRÁFICA II MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Ca..... | 34 |
| GRÁFICA III MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Ca..... | 35 |
| GRÁFICA IV MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA P..... | 37 |
| GRÁFICA V MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO P..... | 38 |
| GRÁFICA VI MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA P..... | 39 |
| GRÁFICA VII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Mg..... | 41 |
| GRÁFICA VIII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Mg..... | 41. |
| GRÁFICA IX MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Mg..... | 42 |

| | |
|---|----|
| GRÁFICA X MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA K..... | 43 |
| GRÁFICA XI MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO K..... | 44 |
| GRÁFICA XII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE K..... | 45 |
| GRÁFICA XIII MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Na..... | 47 |
| GRÁFICA XIV MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Na..... | 48 |
| GRÁFICA XV MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Na..... | 49 |
| GRÁFICA XVI MEDIAS DE CUADROS MIÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Cu..... | 51 |
| GRÁFICA XVII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Cu..... | 52 |
| GRÁFICA XVIII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Cu..... | 53 |

| | |
|--|----|
| GRÁFICA XIX MEDIAS DE CUADROS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Zn..... | 55 |
| GRÁFICA XX MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Zn..... | 56 |
| GRÁFICA XXI MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Zn..... | 57 |
| GRÁFICA XXII MEDIAS DE CUADROS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Fe..... | 59 |
| GRÁFICA XXIII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Fe..... | 60 |
| GRÁFICA XXIV MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Fe..... | 61 |
| GRÁFICA XXV MEDIAS DE CUADROS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA Mn..... | 62 |
| GRÁFICA XXVI MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO Mn..... | 63 |
| GRÁFICA XXVII MEDIAS DE CUADRADO MÍNIMOS PARA EL EFECTO ESPECIE Mn..... | 64 |

DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES MINERALES (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) EN LOS PASTOS MÁS COMUNES EN LA ESTACIÓN DE MAYOR Y MENOR PLUVIOSIDAD DE LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

Ostía G, Tiffany M. 2019. Determinación de los niveles minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) en los pastos más comunes en la estación de mayor y menor pluviosidad de la provincia de Chiriquí. Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Facultad de Ciencias Agropecuarias, David Chiriquí, Panamá.

RESUMEN

La investigación consistió en la determinación de los niveles minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) en los pastos más comunes (*Brachiaria Decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria swazilandensis*, *Panicum máximum*) en la estación de mayor y menor pluviosidad de la provincia de Chiriquí; los minerales (Ca, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) fueron evaluados a través de espectrofotometría de absorción atómica, y el P mediante colorimetría. La elección de los corregimientos muestreados se realizó tomando los corregimientos que ya habían sido estudiados a principios de la década de los noventa, los cuales contaban con poblaciones superiores de 2,000 cabezas de ganado bovino en adelante según el Censo de población ganadera del 2016. De acuerdo con los resultados obtenidos la disponibilidad de los minerales se vio afectada por efecto época, encontrándose diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en sus concentraciones para los minerales estudiados. Los minerales P, Cu, Na resultaron ser los más limitantes con promedios de 0.12%, 3.76 ppm y 0.09% respectivamente. Por su parte los elementos Ca, Mg, K, Fe, Zn, Mn presentaron niveles aceptables (0.41%, 0.16%, 1.17%, 161.9 ppm, 32.21 ppm y 96.33 pp) respectivamente, siendo solo necesario para suplir con los requerimientos del ganado bovino que se cuente con disponibilidad de pastos. Los corregimientos de Rincón, Las Lomas y Boquete demostraron tener las concentraciones más bajas de los elementos más críticos del estudio, P, Zn, Cu 0.06% ,19.35 ppm, 2.02 ppm, respectivamente, en ambas estaciones. La especie forrajera con los niveles minerales más limitantes fue la *Brachiaria humícola*, y la especie con mayor disponibilidad de minerales fue *Cynodon Nlemfluensis*

PALABRAS CLAVES: Mineral, especie, época, suplementación, deficiencia, toxicidad, requerimiento

DETERMINATION OF MINERAL LEVEL (Ca, P, Mg, K, Cu, Zn, Fe, Mn) IN THE MOST COMMON PASTURES IN THE GREATEST AND LOWER PLUVIOSITY STATION OF THE PROVINCE OF CHIRIQUÍ.

Ostía G, Tiffany M. 2019. Determination of mineral levels (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) in the most common pastures in the greatest and lower pluviosity station of the province of Chiriquí. Thesis of Agricultural Engineer Zootechnist, Facultad de Ciencias Agropecuarias, David Chiriquí, Panamá.

SUMMARY

The investigation consisted in the determination of mineral levels (Ca, P, Mg, k, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) in the most common pastures (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Cynodon nlemfluensis*, *Digitaria swazilandensis*, *Panicum máximum*) in the greatest and lower pluviosity station of the province of Chiriquí; mineral (Ca, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) were evaluated by atomic absorption spectrophotometry and P by colorimetry. The selection of the sampled townships was made taking the townships that had already been studied in the early nineties, which had higher population of 2,000 head of cattle onwards according to the Livestock Population Census of 2016. According to the results obtained, the availability of the minerals was affected by the epochal effect, with highly significant differences ($P < 0.01$) in their concentrations for the mineral studied. The mineral P, Cu, Na, were the most limiting with averages of 0.12%, 3.76 ppm, and 0.09 % respectively. On the other hand, the elements Ca, Mg, K, Fe, Zn, Mn, presented acceptable levels (0.41 %, 0.16 %, 1.17 %, 161.9 ppm, 32.21 ppm and 96.33 ppm) respectively, being only necessary to supply with the requirements of the bovine cattle that have availability of pastures. The townships of Rincon, Las Lomas and Boquete showed the lowest concentration of the most critical elements of the study, P, Zn, Cu, 0.06 %, 19.35 ppm, 2.02 ppm, respectively, in both stations. The forage species with the most limiting mineral levels was the *Brachiaria humidicola*, and the species with the greatest availability of mineral was *Cynodon Nlemfluensis*.

KEY WORDS: Mineral, species, periods, supplementation, deficiency, toxicity, requirement

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El principal sistema de alimentación de los rumiantes en el trópico está basado primordialmente en los pastos, ya sea mejorados o nativos. Los perfiles nutricionales de los mismos varían de acuerdo con la especie, al área en donde se encuentran establecidos y especialmente de las condiciones climatológicas del área, así como tipos de suelos. En nuestro país este último aspecto en conjunto con sus fuertes sequías, afectan la disponibilidad de los nutrientes y en específico de los minerales conduciéndolos en gran medida a niveles deficientes (IDIAP, 2006).

Estos bajos niveles de minerales conducen trastornos que oscilan desde la deficiencia mineral aguda hasta situaciones con trastornos leves y transitorios, difíciles de diagnosticar y que se manifiestan simplemente por un ligero deterioro o por un crecimiento y producción poco satisfactorios (Caballero, 2009).

La alimentación de los rumiantes en la provincia de Chiriquí es basada en el consumo de pastos en conjunto con una suplementación de aquellos nutrientes limitantes. Sin embargo, muchas veces dichas suplementaciones son mal calculadas debido al desconocimiento de los ganaderos acerca del requerimiento nutricional y por ende el perfil mineral de dichos pastos. Por esta razón proponemos determinar el nivel mineral de los pastos más comunes de la provincia de Chiriquí en las etapas de mayor y menor pluviosidad, y de esta manera la información obtenida sirva de base para la

elaboración de programas de suplementación cónsonos con la realidad y de esta manera acercarnos más a poder atender las necesidades de los animales.

1.2 Antecedentes

Siendo los pastos la fuente primaria de alimentación de los animales herbívoros (monogástricos y rumiantes) son llamados a constituirse en la base del aporte de los nutrientes necesarios para sostener sus funciones vitales y productivas (Samudio, 2016).

Monitorear la calidad en cuanto a sus niveles minerales para garantizar nuevos aportes de estos importantes nutrientes debe ser una norma.

Algunos investigadores de esta área de la nutrición animal han sugerido que estos elementos en los pastos se hace necesario monitorearlos mediante muestreos y análisis por lo menos cada 20 años.

Lezcano (1996) datos por el no publicados. Realizó la última determinación mediante un procedimiento similar al actual, donde se determinó los niveles de macro y micro minerales tal como se detalla en el siguiente cuadro (información dada a conocer por Samudio 2001):

**CUADRO I. ÚLTIMOS RESULTADOS EN DETERMINACIÓN MINERAL. LEZCANO
(1996)**

| Minerales % | Época Lluviosa | Época Seca | Minerales PPM | Época Lluviosa | Época Seca |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| Ca% | 0.49 | 0.39 | Cu | 5.65 | 3.50 |
| P | 0.16 | 0.14 | Zn | 37 | 29.67 |
| Mg | 0.18 | 0.15 | Fe | 157 | 167 |
| K | 1.39 | 1.17 | Mn | 87.83 | 113 |
| Na | 0.30 | 0.15 | | | |

1.3 Justificación

La alimentación del ganado bovino en la provincia de Chiriquí está basada principalmente vía pastoreo, acompañados de suplementación mineral debido al bajo nivel nutricional de los pastos, tal como se ha determinado mediante estudios.

Derivado de la necesidad de suplementar los animales mediante adecuadas mezclas minerales y aportar estos nutrientes indispensables para garantizar funciones vitales y de producción, se hace necesario la realización de nuevos estudios de muestreos y análisis para la actualización de los perfiles minerales se hace necesario y sobre todo habiendo transcurrido casi 25 años de la última determinación con carácter de una investigación formal, se hace necesario proceder a un nuevo estudio de determinación de los perfiles minerales en los pastos que siguen siendo de uso común en nuestra ganadería y de esta manera poder detectar si existen algunas variaciones en las concentraciones y así poder proponer los ajustes necesarios.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

- Determinar los niveles minerales (Ca, P, M, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) en los pastos más comunes de la provincia de Chiriquí.

1.4.2 Objetivo Específico

- Determinar los excesos o deficiencias minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) tanto en la estación de mayor como en la época de menor pluviosidad en las fincas y áreas seleccionadas de la provincia de Chiriquí.
- Evaluar el nivel de materia seca de los pastos más comunes en la provincia de Chiriquí
- Evaluar el perfil mineral por especie en la provincia de Chiriquí

1.5 Hipótesis

- Ho: No existe diferencia en los niveles minerales en los pastos de la provincia de Chiriquí, en la estación de mayor y menor pluviosidad.
- Ha: Si existe diferencia en los niveles minerales en los pastos de la provincia de Chiriquí, en la estación de mayor y menor pluviosidad.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

Los elementos minerales son aquellos nutrientes considerados esenciales para los animales ya que los mismos influyen directamente en la producción animal. Se habla que aproximadamente el cinco por ciento del peso de un animal consiste en minerales (McDowell, 2005).

Los minerales son constituyentes fundamentales de la alimentación, en donde se ven interviniendo en el crecimiento, reproducción, desarrollo y salud animal (Lipps y Bravo, 2009).

El suministro de los nutrientes minerales a los animales de manera adecuada impacta de manera positiva el desarrollo de su estructura, impidiendo deficiencias nutricionales. (Arrillaga, 1975).

El forraje es fuente principal de nutrientes esenciales en la dieta animal, por ende, el consumo de forraje debe satisfacer los requerimientos minerales; sin embargo, satisfacer estas necesidades se ve afectado por características que según McDowell (2005) señala como: bajo contenido proteico (menor de siete porcientos), alto contenido de lignina.

Según el mismo autor la concentración de los minerales en los pastos depende de varios factores como: suelo, especie de la planta, estado de madurez, rendimiento, manejo del pasto y el clima.

2.1 Forrajes

En los países tropicales como el nuestro, el ganado en pastoreo a menudo no recibe suplementación mineral, y solo se le brinda al animal sal común, por ende, depende casi exclusivamente de los forrajes para proveer sus requerimientos, sin embargo, muchas veces los forrajes tropicales no pueden satisfacer los requerimientos minerales (McDowell,1993).

Underwood (1982), indica que cuando los nutrientes de los forrajes bordean las necesidades fisiológicas mínima para los animales, las modificaciones de las concentraciones, producidas por influencias estacionales o diferencias en la etapa de maduración de las plantas, pueden constituir factores importantes que influyen sobre la gravedad de los estados de deficiencias o intoxicación en los animales que solamente se alimentan con dichas plantas. También es posible que se produzcan cambios en la posibilidad que tienen los animales para utilizar determinados minerales existentes en los vegetales, según sea su etapa de crecimiento.

Por otro lado, según (Mares, 1983) citado por (Martínez, 2009), el manejo y rendimiento de los forrajes afectan la composición mineral de los forrajes. Las presiones de pastoreo influyen en las especies forrajeras que predominan y también cambian radicalmente la relación hoja/tallo, afectando así directamente el contenido mineral del pasto.

Según Davis (1962) citado por (Martínez, 2009), la intensidad del pastoreo influye directamente sobre la especie forrajera predominante y cambia la relación hoja/tallo, siendo la hoja la parte más rica en minerales.

2.2 Suelo

Hartman (1993), citado por McDowell y Conroad (1991), considera que la mayoría de las deficiencias que ocurren naturalmente en los herbívoros son asociadas con regiones específicas y directamente relacionadas con las características del suelo. Las formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen más minerales (trazas) que las formaciones más viejas, ácidas, gruesas y arenosas.

Como muchos autores lo afirman el pH del suelo también juega un rol importante en la disponibilidad de los nutrientes ya que mientras aumenta el pH del suelo, disminuyen la disponibilidad y la asimilación de Fe, Mn, Cu, y Ca; se aumentarán las concentraciones de Mo y Se (Miller et. Al., 1972) citado por (Martínez, 2009)

2.3 Requerimientos minerales

El requerimiento animal de minerales está influenciado por: tipo y nivel de producción, es decir si son animales con ámbitos de producción de carne o leche; edad del animal, estado fisiológico, peso del animal, especie, consumo de materia seca, estación del año y raza Samudio (2016).

Según Maynard; Loosli; Hintz; Warner (1981), citado por (Martínez, 2009) indican que, por diversas razones, los requerimientos nutricionales de los minerales son más difíciles de definir con exactitud que los nutrientes orgánicos, ya que muchos factores determinan su aprovechamiento. Por ejemplo, la interrelación entre los minerales, o su relación con las fracciones orgánicas, que pueden incrementar o reducir la utilización de estos. Debido a las múltiples interrelaciones entre los

minerales, casi todos esenciales o no, influyen directa o indirectamente en el aprovechamiento de cualquier otro mineral.

CUADRO II. TABLA DE REQUERIMIENTOS MINERALES EN EL GANADO BOVINO DE CARNE. (NRC, 2000).

| Elemento mineral | Concentración |
|-------------------------|----------------------|
| Calcio | (0.18-1.04) % |
| Magnesio | (0.10-0.20) % |
| Fosforo | (0.18-0.7) % |
| Potasio | (0.60-0.80) % |
| Sodio | 0.10% |
| Hierro | 30 ppm |
| Manganeso | 20-40ppm |
| Zinc | 30-40ppm |
| Cobre | 8-10ppm |

CUADRO III. TABLA DE REQUERIMIENTOS MINERALES EN EL GANADO BOVINO DE LECHE. (NRC, 2001).

| MINERAL | MENOS DE 10 Lt/día | DE 10 A 20 Lt/día | DE 20 A 30 Lt/día | TERNERAS EN CRECIMIENTO | VACAS SECAS PREÑADAS |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Ca % | 0.43 | 0.51 | 0.58-0.66 | 0.29-0.52 | 0.39 |
| P % | 0.28 | 0.33 | 0.44 | 0.23-0.31 | 0.24 |
| Mg% | 0.18 | 0.20 | 0.20-0.25 | 0.16 | 0.16 |
| K% | 0.70 | 0.90 | 1.0 | 0.65 | 0.65 |
| Na% | 0.10 | 0.18 | 0.18 | 0.10 | 0.10 |
| Fe ppm | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Zn ppm | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Cu ppm | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Mn ppm | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

2.4 Función Mineral

Los minerales desarrollan muchas funciones que guardan una relación directa o indirecta con el crecimiento animal. Contribuyen a mantener la rigidez de los huesos y de los dientes, y representan una parte importante de las proteínas y lípidos del organismo animal (Kawas, 1993). Los minerales actúan como componentes estructurales de órganos y tejidos, actúan como componentes de fluidos y tejidos corporales en forma de electrolitos, que intervienen en el mantenimiento de la presión osmótica, del equilibrio ácido-base, de la permeabilidad de las membranas. Además, actúan como catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales en forma de componentes integrales y específicos de la

estructura de metaloenzimas o como activadores menos específicos de tales sistemas (Samudio, 2016).

Según el mismo autor todo proceso fisiológico orgánico posee procesos bioquímicos por ende se producen enzimas y con la ausencia de minerales no hay enzimas y no se pueden llevar a cabo procesos fisiológicos en el cuerpo animal. El P, Zn, Co, I y Cu garantizan la apetencia, consumo de alimentos y adecuado aprovechamiento digestivo, el Se, Zn, Cu, Fe, Mn ayudan a conservar la salud, activando el sistema inmunológico, el K, Na y Cr reducen efectos de estrés y el I y P contribuyen a garantizar un adecuado metabolismo basal. Por su importancia los minerales deben ser ofrecidos diariamente, en las cantidades requeridas, evitando así deficiencias o intoxicaciones.

Cuadro IV. Participación de los minerales en diversas funciones orgánicas. NRC (2000), citado por Samudio (2016).

| Función | Mineral que más participa |
|--|----------------------------------|
| Estructurales (huesos y dientes) | Ca, P, Mg |
| Mantenimiento de presión osmótica | Na, K |
| Permeabilidad celular | Ca, Mg |
| Equilibrio acido-base | Na, S, Cl, K |
| Excitabilidad neuro celular | Na, K, Ca, Mg |
| Transferencia de energía | P |
| Reguladoras, constituyendo catalizadores enzimáticos y hormonales (metaloenzimas) | Zn, Cu, Mn, I, Se |

2.5 Incidencia de deficiencias y toxicidades Minerales

Las deficiencias, toxicidades y/o desequilibrios de los minerales presentes en los suelos y forrajes de los agostaderos son los principales responsables de los pobres índices productivos que se presentan en el ganado en pastoreo bajo condiciones

extensivas, ya que la mayoría de los rumiantes bajo estas condiciones dependen principalmente del forraje para satisfacer sus requerimientos nutricionales (Ammerman y Goodrich, 1983) citado por Kawas (1993).

Las deficiencias y desbalances minerales en los herbívoros han sido reportadas en casi todos los países tropicales del mundo (McDowell, 2005).

Según el mismo autor los desajustes minerales nutricionales varían desde deficiencias minerales agudas o enfermedades de toxicidad, caracterizadas por signos clínicos y cambios patológicos marcados, hasta condiciones leves o de transición, difíciles de diagnosticar, expresadas como extenuación o crecimiento y reproducción no satisfactorios. Los últimos tienen una gran importancia porque ocurren sobre grandes áreas y afectan un gran número de animales. Los signos de deficiencias minerales pueden ser confusos, ya que las condiciones observadas pueden ser causadas por más de un mineral y pueden ser combinadas con los efectos de deficiencia de proteína, varios tipos de parasitismo, plantas tóxicas y enfermedades infecciosas.

Además, agrega que las deficiencias minerales ocurren con más frecuencia cuando los rumiantes son encerrados en un área y dependen sólo de la estructura del suelo y la flora de un espacio muy limitado. Ellos ya no pueden recurrir a la migración para compensar las insipencias del suelo o del clima.

En los rumiantes los elementos minerales que tienen más probabilidades de faltar en condiciones tropicales son el Ca, P, Na, Co, I, Se, y Zn. En algunas regiones, bajo condiciones específicas, el Mg, K, Fe y Mn pueden ser deficientes y los excesos de F, Mo, Y Se son extremadamente perjudiciales (McDowell, 2005).

Los animales, aun ingiriendo cantidades normales de este forraje, no solamente podrán tener deficiencias de minerales, sino también la de otros nutrientes. Por lo tanto, la calidad y cantidad de nutrientes en un forraje depende directamente de la disponibilidad de elementos esenciales y no esenciales para la planta en el suelo (Volkweiss et al., 1978) citado por Kawas (1993).

2.6 Macrominerales

2.6.1 Calcio (Ca) y Fósforo (P)

El Ca y P tienen funciones vitales en casi todos los tejidos del cuerpo y tienen que estar disponibles para los animales en las cantidades y relaciones adecuadas. Estos elementos representan más del 70 por ciento del total de los minerales del cuerpo. El 99 por ciento del Ca y el 80 por ciento del P del cuerpo se encuentra en los huesos dientes. Aproximadamente 1 por ciento del Ca del cuerpo se encuentran distribuido ampliamente en los tejidos blandos y con una mayor concentración en el plasma sanguíneo. El Ca es esencial para la formación del esqueleto, la coagulación sanguínea normal, la acción rítmica del corazón, la excitabilidad neuromuscular, la activación enzimática, y la permeabilidad de las membranas. Por otra parte, el 20 por ciento del P en el cuerpo no es parte del esqueleto, sino que está distribuido entre los tejidos blandos, glóbulos rojos y tejidos musculares y nerviosos. (McDowell, 2005).

La relación dietética de Ca: P. para el crecimiento y la formación ósea se asume ser entre 1:1 y 2:1 (Rodríguez, 1996).

Según la NRC (2012) puede ser muy alto para el ganado de carne en pastoreo.

2.6.2 Funciones en los Tejidos Blandos y Líquidos Orgánicos:

Según (Armienta, 1995) las pequeñas cantidades de Ca (1 por ciento) y P (20 por ciento) existentes en los tejidos blandos y líquidos orgánicos tienen funciones importantes. El calcio controla la excitabilidad de los nervios y músculos, y es necesario para la coagulación normal de la sangre debiendo encontrarse para la transformación de la protrombina en trombina. La presencia de calcio es necesaria para la activación de ciertas enzimas como la tripsina y la adenosinatrifosfatasa. Se conocen más funciones del fósforo que de ningún otro elemento en el organismo animal. Funciona en el metabolismo energético como componente de las sustancias ricas en energía como el ADP, ATP y la fosfocreatina. Las reacciones metabólicas de los carbohidratos, proteínas y lípidos se realizan a través de compuestos intermediarios fosforilados. El fósforo forma parte de los fosfolípidos, que son importantes en el transporte de lípidos y su metabolismo, y como componente de las membranas celulares.

2.6.2.01 Deficiencia

El fósforo interviene fuertemente en la regularidad del ciclo sexual. La deficiencia de los forrajes en ácido fosfórico, que contribuyen a otros elementos a la formación de los núcleos celulares, puede retardar el rendimiento somático, el desarrollo sexual, presentando estros irregulares o ausentes, oogenesis imperfecta o suspensión del ciclo ovárico (Vatti,1993).

Por otro lado, la deficiencia de calcio es mucho menos común que la de fósforo. Los signos son menos evidentes, pero una deficiencia grave de calcio también ocasiona similares cambios óseos. Debido a las reservas del cuerpo, sin embargo, los animales pueden recibir cantidades inadecuadas de calcio durante un periodo prolongado sin presentar signos de deficiencia. El tipo de forrajes seco y maduro, constituido en su mayor parte por gramíneas por lo general no contiene suficiente calcio, (NRC,1976).

Los signos de deficiencia de fósforo no son fácilmente distinguidos excepto en los casos severos cuando se notan huesos frágiles, debilidad general, pérdida de peso, emaciación, rigidez, reducción en la producción de leche, y masticación de madera, rocas, huesos y otros objetos. Sin embargo, la masticación anormal de objetos también ocurre con otras deficiencias nutricionales (NRC, 1984). Bajo condiciones de deficiencia extrema, el ganado puede permanecer sin producir un becerro durante dos o tres años, o puede no presentar estro. Si una vaca con una deficiencia de fósforo produce un becerro, ésta puede permanecer sin presentar estro hasta que los niveles de fósforo del cuerpo se recuperen nuevamente (McDowell et al., 1993) citado por Armienta (1995).

2.6.3 Magnesio (Mg)

El Mg es abundante en la mayoría de los alimentos más comunes con relación al requerimiento aparente de los animales. El Mg está involucrado vitalmente en el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos como catalizadores de una gran variedad de enzimas que requieren este elemento para una actividad óptima. También forma parte de la síntesis de proteínas a través de su acción en la

agregación ribosomática, sus funciones de unir el RNA mensajero con los ribosomas 70S, y en la síntesis y degradación del ADN. El Mg tiene una función importante en la transmisión y actividad neuromuscular (McDowell,2005).

2.6.3.01 Deficiencia

El ganado bovino que pastorea en determinadas regiones sufre a veces una enfermedad que comúnmente se conoce con el nombre de tetania de los pastos o vértigo de la hierba. Los signos son, temor nervioso, orejas erguidas, cabeza levantada, ojos mirando al vacío, movimientos torpes y vacilantes al caminar, anorexia y convulsiones hasta provocar la muerte (NRC,1976), citado por (Martinez,2009). Según Underwood (1983) esta enfermedad hace acto de presencia donde quiera que se exploten animales con elevados rendimientos lecheros, se dispongan de pastos de gran calidad y se críen animales de crecimiento rápido.

La importancia económica de la tetania del pasto se debe al elevado porcentaje de muertes que determina y por ser súbita su aparición, los estudios ingleses y holandeses señalan una incidencia total en tales países del 1-3 por ciento en vacas lecheras, aunque la incidencia puede ser de hasta un 20 por ciento en rebaños individuales (Cairney, 1964), citado por (Underwood, 1983).

2.6.4 Potasio (K)

El K es el tercer elemento mineral de mayor abundancia en el cuerpo animal y el principal catión de los fluidos intracelular. También es un constituyente del fluido extracelular mediante el cual influye la actividad muscular. El K es esencial para la

vida, ya que es requerido para una variedad de funciones corporales como el balance osmótico, el equilibrio ácido-base, varios sistemas enzimáticos y el balance del agua (McDowell, 2005).

2.6.4.01 Deficiencia

Loosli *et al* (1979), reconocen que además de los síntomas generales inespecíficos hay disminución del contenido de este elemento en el corazón y en otros órganos con los que aparecen lesiones cardiacas, degeneración tabular en los riñones, distrofia muscular y otros cambios patológicos.

Estudios realizados en la Florida (USA), muestran que la deficiencia de K en las vacas lecheras lactantes resulta en una reducción drástica en el consumo de alimento y agua, en el rendimiento de la leche, y en las concentraciones de K en el plasma sanguíneo de tres a cinco días después de proveer la dieta deficiente en K (Mallonée, 1982) citado por (McDowell, 2005).

Según el mismo autor, hasta hace poco se creía que había pocas posibilidades de una deficiencia de K porque los forrajes jóvenes generalmente contienen considerablemente más K que el requerido por los animales. Sin embargo, el contenido de K en muchos concentrados, el cual es el ingrediente básico para el ganado estabulado, está por debajo del requerimiento.

En regiones tropicales y subtropicales, una deficiencia de potasio es más prevalente durante los períodos de sequía, debido a una reducción en la concentración de este mineral conforme avanza la madurez de los forrajes. La necesidad de potasio en los suplementos minerales aumenta cuando la mayor

parte de la proteína cruda de la dieta es proporcionada por una fuente de nitrógeno no proteico, como la urea, la cual no contiene este elemento (Kawas, 1993).

2.6.5 Sodio (Na)

Este elemento representa el 93 por ciento de las bases del suero sanguíneo y, por lo tanto, es el elemento básico predominante que participa en la regulación de la neutralidad (Maynard 1972).

Según Hembry *et al* (1993) el Na, funciona como electrolito en el fluido corporal y está específicamente relacionado con el metabolismo del agua a nivel celular, la toma de nutrientes y la transmisión de impulsos nerviosos.

El valor de la sal común según Underwood (1983), en las dietas de animales y hombre fue reconocido ciento de años antes de que se estableciese la naturaleza y cuantía de su necesidad. La fuerte apetencia por la sal que muestran animales herbívoros fue señalada por los primeros exploradores y la provisión regular de suplementos de sal para los animales domésticos se identificó con una buena práctica de manejo dentro de una amplia gama de condiciones de explotación.

2.6.5.01 Deficiencia

El primer signo de deficiencia de Na es el ansia por la sal común, demostrada por un constante lamer de madera, tierra, y sudor de otros animales, y el consumo de agua. Una prolongada deficiencia produce pérdida del apetito, mala apariencia, baja producción de leche, pérdida de peso, y reducción del crecimiento, temblor corporal, debilidad y pérdida del ritmo cardiaco, lo cual puede conducir a la muerte (McDowell, 2005).

2.7 Micro minerales

2.7.1 Cobre (Cu)

El cobre es necesario para la respiración celular, la formación de huesos, una apropiada función cardíaca, el desarrollo del tejido conectivo, mielinización de la medula espinal, pigmentación de los tejidos, además de ser componente esencial de varias metaloenzimas importantes (McDowell, 2005). El cobre es esencial para el crecimiento y prevención de una serie de trastornos clínicos y patológicos en toda clase de animales. La deficiencia de cobre en el ganado vacuno en pastoreo se considera como uno de los problemas de mayor importancia práctica en muchas partes del mundo. Es consecuencia de la ingestión de cantidades demasiado bajas de cobre o de sustancias que interfieren su utilización, presentes en los pastos, como el molibdeno y los sulfatos (Bondi, 1989; Hafez y Dyer, 1980; McDowell et al., 1982) citado por (Kawas, 1993).

2.7.1.01 Deficiencia

Según Underwood (1983), al ser insuficiente el cobre de que puede disponer el animal para todos los múltiples procesos metabólicos en que interviene este elemento, como resultado de una inadecuada con la dieta y agotamiento de las reservas, algunos procesos fracasan o descienden su actuación.

La falta de cobre origina anemia, diarrea, ataxia enzootica, abortos, partos prematuros y recién nacidos débiles, el exceso conduce a malformaciones fetales.

El síntoma más común de la deficiencia de Cu es el blanqueo del peaje. Otros

síntomas de deficiencia son la anemia, cojera e hinchamiento de las articulaciones. Se puede producir deficiencia de Cu cuando existen elevadas concentraciones de Fe en la dieta, lo que inhibe la absorción adecuada de Cu. (Vatti, 1993).

2.7.2 Zinc (Zn)

El Zn tiene muchas interrelaciones significantes con las hormonas. Tiene un papel en la producción, almacenamiento y la secreción de hormonas individuales, así como también en la efectividad de los sitios receptores y la respuesta de órganos terminales (McDowell, 2005).

Los forrajes y granos pueden no cubrir los requerimientos del animal cuando crecen en suelos carentes o se destinan a categorías de altos requerimientos. Su absorción es intestinal y ajustada a las necesidades del animal, no posee depósito orgánico específico y se elimina especialmente por materia fecal.

2.7.2.01 Deficiencia

La deficiencia de zinc se caracteriza clínicamente en todas las especies por inapetencia, retraso o interrupción del crecimiento y lesiones de los tegumentos y de sus producciones. Además de padecer efectos adversos la espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios del macho, y todas las fases del proceso reproductor de la hembra desde el celo hasta el parto y la lactación (Underwood, 1983).

Los síntomas visibles de una deficiencia severa de Zn incluyen la piel seca, escamosa y rajada en la cabeza, el cuello, el estómago, el escroto y las piernas. Los machos jóvenes intactos frecuentemente muestran lesiones de la piel primero.

Otros síntomas críticos son inflamación de la nariz y boca, endurecimiento de las articulaciones, pérdida de pelo y aspereza de este. En ovinos la lana comienza a desprenderse y pierde ondulación.

2.7.3 Hierro (Fe)

El Fe es un elemento considerado esencial para la vida de los seres vivos, ya que dicho elemento es componente de la sangre. El hierro existe en el cuerpo principalmente en formas complejas, enlazado con proteínas como las hemo proteínas. El hierro está presente en el metabolismo del animal, principalmente en el proceso de respiración celular. La hemoglobina, mioglobina y varias enzimas respiratorias contienen hierro quelado en forma de un complejo de porfirina-hem, que se une a un componente proteico que es distinto para cada uno de estos compuestos activos. La hemoglobina funciona como transportador de oxígeno en los procesos respiratorios debido a que los enlaces entre el hierro y la globina estabilizan el Fe en estado ferroso permitiéndole ligarse de forma reversible con el oxígeno (Armienta, 1995).

2.7.3.01 Deficiencia

Los rumiantes jóvenes son más susceptibles a la deficiencia de Fe debido a que la leche contiene bajos niveles de Fe. Los terneros que cuentan con dietas basadas exclusivamente de leche presentan anemia microcítica, normo crómica o hipo crómico. Además de la anemia, otros síntomas clínicos son: baja ganancia de peso,

letargo, incapacidad de soportar el esfuerzo circulatorio, respiración moderado, atrofia de las papilas de la lengua y palidecimiento de las mucosas.

En los rumiantes adultos es muy raro que ocurra la deficiencia de Fe, al menos que haya pérdida de sangre, ya sea por parásitos o cualquier enfermedad. La deficiencia de Fe en los animales en pastoreo es muy rara debido a que las plantas generalmente contienen un nivel adecuado de Fe y también debido a la contaminación de las plantas con el suelo rico en Fe (McDowell, 2005).

2.7.4 Manganeso (Mn)

El manganeso es necesario en el cuerpo para la estructura normal de los huesos, la reproducción, y la función normal del sistema nervioso. El Mn es un cofactor en muchas enzimas asociadas con el metabolismo de los carbohidratos y la síntesis de mucopolisacáridos. Es necesario como cofactor de la enzima que cataliza la conversión del ácido mevalónico en escualeno y es necesario para la síntesis del colesterol; protege la integridad de la membrana celular. (Bondi, 1989; Hafez y Dyer, 1980; McDowell et al., 1982; Miller, 1985) citado por (Armienta, 1995).

Este mineral es indispensable en la formación del sulfato de condroitina, que es un componente de los mucopolisacáridos de la matriz orgánica del hueso. El Mn se necesita para prevenir la ataxia y el equilibrio deficiente en los animales (Church y Pond, 1990).

2.7.4.01 Deficiencia

Los síntomas clínicos y las condiciones típicas de la deficiencia de Mn son: subóptimo tejido blando y crecimiento del esqueleto; reducción de la resistencia del esqueleto al quebrado; malformaciones de huesos; reducción del almacenamiento de Mn en el hueso, el hígado, el pelo y los ovarios; reducción de la producción de leche, reabsorción fetal y bajo peso al nacimiento (Thomas, 1970; Hidiroglou, 1980) citado por (McDowell, 2005).

2.8 Métodos directos e indirectos de suplementación mineral

Actualmente se dispone de una amplia gama de suplementos minerales inorgánicos, que ahora abarcan la totalidad de los nutrientes minerales esenciales, para su empleo en la alimentación de los animales domésticos y cada vez se utilizan más para reforzar las raciones precisas para cubrir las necesidades de los animales cuyas producciones experimentan un aumento continuo, además va disponiendo de menos subproductos industriales como la urea. La sal común (NaCl) ocupa una posición única entre los suplementos minerales por ser sabrosa y atrayente para la mayoría de los animales. La elección de un suplemento mineral viene determinada por el coste por unidad del elemento o elementos precisos, forma química en que aparece combinado el elemento, su forma física, especialmente la finura de su división y su carencia de impurezas peligrosas, particularmente de flúor (Underwood, 1983).

2.8.1 Método directo

Mezclas Minerales Con Sal: según Bravera (2000), Son las más utilizadas, económicas y prácticas, ya que permiten la suplementación mineral con los elementos mayores y menores en cantidades suficientes a los requerimientos de los animales. El bovino puede consumir la cantidad que su gusto le indique de una mezcla palatable en base a cloruro de sodio, empleado como portador de los otros minerales que se desea administrar. En todos los casos en que sea posible, es el método de administración de elección por lo práctico y económico para los animales en pastoreo. Según el mismo autor otra manera de suplementación directa conocida es la combinación de suplementos minerales con el concentrado es el método más eficiente para proveer los nutrientes minerales necesarios. Este método asegura que cada animal consuma la cantidad adecuada de minerales y de otros nutrientes.

Por otro lado, están las inyecciones intramusculares de microelementos que han sido altamente exitosas en la prevención y curación de deficiencias de Cu, Se, I y Zn (McDowell, 2005). Los bolos de Co, han sido utilizados satisfactoriamente por más de 40 años, mientras que los bolos de Mg, Se y Zn representan un desarrollo más reciente.

2.8.2 Método indirecto

La provisión indirecta de los minerales al ganado tiene efecto principalmente en los animales en pastoreo; esta provisión indirectamente incluye el uso de fertilizantes que contengan estos minerales, la alteración del pH del suelo, la promoción del crecimiento de ciertas especies de pastos. Muchos reportes indican que el incremento del pH del suelo afecta la absorción mineral del forraje, potencialmente causando deficiencias de Cu y Co y excesos de Se y Mo. Se puede utilizar las grandes variaciones en el contenido mineral de diferentes especies de plantas que crecen en un mismo suelo para promover o inhibir la disponibilidad de minerales específicos para el ganado en pastoreo (McDowell Y Valle, 2000).

3 METODOLOGÍA

3.1 Ubicación y Caracterización

El estudio se realizó en la provincia de Chiriquí, la cual es considerada una de las tres principales provincias del país con producción ganadera. Posee una superficie de 6,585,54 km². La división política de la provincia de Chiriquí es de 14 distritos. Esta provincia posee suelos volcánicos en tierras altas y suelos ácidos sedimentarios en tierras bajas siendo estos suelos muy degradados. El clima de esta provincia es tropical lluvioso en tierras bajas y templado húmedo en tierras altas. La provincia de Chiriquí posee el primer lugar en la población ganadera, según el censo de población ganadera (2016), la existencia de bovino era 344,200 reses, (204,600 cría), (54,000 leche) (85,600 ceba).

3.2 Selección de los lugares muestreados

Las muestras fueron tomadas, teniendo en cuenta las especies de pasturas más común (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humicola*, *Cynodon nlemfuensis*, *Digitaria swazilandensis*, *Panicum máximum*), en la época de mayor y menor pluviosidad en algunos corregimientos de la provincia de Chiriquí. Dichos corregimientos poseen una población ganadera de dos mil (2,000) cabezas de ganado de acuerdo con cifras de estadística y censo de Panamá

Los corregimientos seleccionados para el estudio fueron:

| | | | |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|
| Alanje | Divalá | San Andrés | Tolé |
| Aserrío de Gariche | Gómez | San Carlos | Volcán |
| Bágala | Gualaca | San Félix | |
| Bijagual | Las Lomas | San Juan | |
| Boquerón | Progreso | San Pablo Nuevo | |
| Boquete | Puerto Armuelles | Santa Marta | |
| Cañas Gordas | Remedios | Santo Domingo | |
| Chiriquí | Rincón | Santo Tomás | |

3.3 Recolección de muestras

Las muestras se recolectaron en los potreros con ayuda de una navaja de acero inoxidable, a una altura sobre el nivel del suelo, similar a la altura de pastoreo, la cual, para las brachiarias, digitarias y Cynodon estuvo alrededor de 10 cm y para el Panicum se cortó la planta a la mitad. Se recolectó mínimo 250 g de forraje que luego fueron introducir las en bolsas selladas y posteriormente llevadas al laboratorio para su análisis respectivo, debidamente identificadas con su fecha, lugar, especie del pasto y procedencia.

3.4 Duración del estudio

La duración del estudio fue de seis meses, realizado durante la época de mayor pluviosidad como: septiembre, octubre, noviembre e inicio de diciembre. Y menor pluviosidad: febrero, marzo y abril.

3.5 Métodos de análisis

Se efectuó análisis para la determinación de:

- Materia seca: en horno a 65°C durante 72 horas.
- Cenizas: incineración de la muestra a 600°C
- Preparación de extracto mineral: dilución en HCl a 50%
- Lectura de minerales: mediante los siguientes métodos: Por polimetría (P) y espectrofotometría de absorción atómica (Ca, Mn, Na, Fe, Zn, Cu y Mg).

3.6 Método estadístico

Los datos se analizaron a través de diseño completamente al azar (D. C. A) anidado.

Donde se evaluaron: 5 especies: *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Cynodon nlemfluensis*, *Digitaria swazilandensis*, *Panicum máximum*.

3 épocas: Época seca y época lluviosa

4 ANÁLISIS DE VARIANZA

| Fuente de Variación | G.L |
|-----------------------------|-----|
| Época | 1 |
| Localidad (época) | 25 |
| Especie (época X Localidad) | 129 |
| Error aleatorio | 154 |
| Total | 463 |

Modelo Lineal

Se utilizará el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijklm} = \mu + EPI + L_j(EPI) + S_k(EPI * L_j) + e_{ijklm}$$

Y_{ijklm} = Valor de la observación del mineral

μ = Media Poblacional

EPI = efecto época

$L_j(EPI)$ = efecto localidad anidado a época

$S_k(EPI * L_j)$ = efecto de la especie anidado a la época por la localidad

E_{ijklm} = error aleatorio

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Porcentaje de Materia Seca (MS%)

Las cinco especies de pastos estudiadas en los 26 corregimientos de la provincia de Chiriquí promediaron un valor de 29 por ciento de M.S (34 por ciento y 24 por ciento en época seca y lluviosa respectivamente).

CUADRO V VALORES PROMEDIOS DE MATERIA SECA EN AMBAS ÉPOCAS DEL AÑO EN LOS CORREGIMIENTOS MUESTREADOS

| Corregimiento | Época Lluviosa MS (%) | Época Seca MS (%) |
|--------------------|-----------------------|-------------------|
| Alanje | 24 | 35 |
| Aserrio de Gariche | 24 | 30 |
| Bagala | 23 | 32 |
| Bijagual | 25 | 32 |
| Boquerón | 24 | 33 |
| Boquete | 21 | 30 |
| Cañas Gordas | 24 | 33 |
| Chiriquí | 25 | 38 |
| Divala | 23 | 33 |
| Gómez | 27 | 38 |
| Gualaca | 25 | 38 |
| Las Lomas | 24 | 40 |
| Progreso | 22 | 30 |
| Puerto Armuelles | 25 | 37 |
| Remedios | 25 | 36 |
| Rincón | 24 | 36 |
| San Andrés | 24 | 32 |
| San Carlos | 27 | 35 |
| San Félix | 26 | 34 |
| San Juan | 27 | 37 |
| San Pablo | 25 | 35 |
| Santa Marta | 25 | 34 |
| Santo Domingo | 27 | 36 |
| Santo Tomás | 25 | 33 |
| Tolé | 27 | 33 |
| Volcán | 20 | 28 |

6 Macrominerales

6.1 Calcio (Ca)

Para este elemento se obtuvo una concentración promedio de 0.41 (0.46 y 0.36 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente). Este promedio se considera aceptable según (McDowell et al., 1983).

Según datos de Lezcano (1996) citado por (Samudio 2001), en esa época los niveles de macro y micro nutrientes en la provincia de Chiriquí. El nivel de calcio fue de 0.49 y 0.39 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente. Comparándolo con nuevos los nuevos datos en donde el promedio fue de 0.46 y 0.38 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad; se encontraron diferencias numéricas mínimas de 0.03 por ciento en ambas épocas estudiadas. Según Kass (1998) en suelos muy meteorizados del trópico húmedo los contenidos varían entre 0,1 y 0,03 por ciento, independientemente de la textura.

CUADRO IV: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE CALCIO

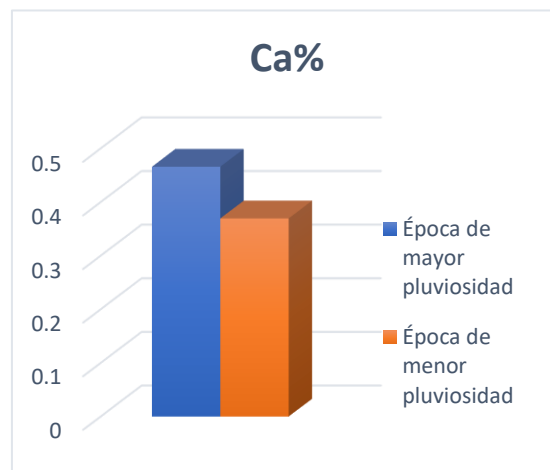
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|--------------------------------|-----|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Época | 1 | 0.97304877 | 0.97304877 | 2864.54 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 0.09278346 | 0.00185567 | 5.46 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 0.03693988 | 0.00031845 | 0.94 | 0.6547 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

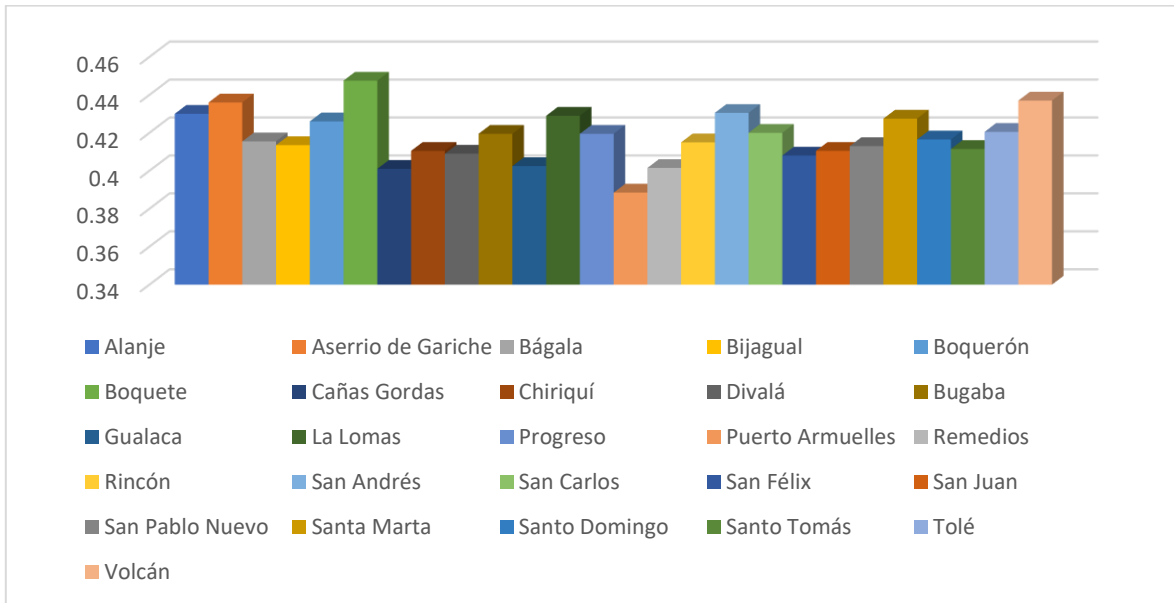
GRÁFICA I: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA CALCIO

| Época | Ca % |
|-------------------|------|
| Mayor pluviosidad | 0.46 |
| Menor pluviosidad | 0.36 |



La comparación entre las dos épocas demostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para los niveles de concentración de Ca. La época de mayor pluviosidad presentó la mayor concentración (0.46 por ciento) y la época de menor pluviosidad presentó valores inferiores de (0.36 por ciento), aunque este valor se encuentra dentro del requerimiento mineral para el ganado bovino. (Ver Cuadro II)

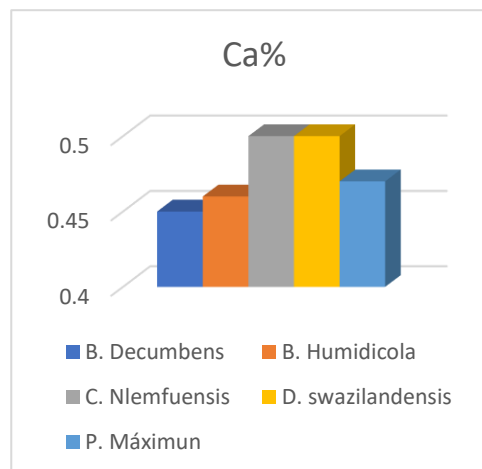
GRÁFICA II: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO CALCIO



Igualmente, para el efecto corregimiento se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) al comparar los niveles entre corregimiento; el corregimiento de Boquete mostró una mayor concentración 0.44 por ciento. En todos los corregimientos muestreados se encontraron niveles óptimos para el mineral calcio en los pastos.

GRAFICA III: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE CALCIO

| Ca % | |
|--------------------------|------|
| <i>B. decumbens</i> | 0.45 |
| <i>B. humidicola</i> | 0.46 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 0.5 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 0.5 |
| <i>P. máximum</i> | 0.47 |



Al comparar las medias obtenidas por especie de pastos pudimos ver que el pasto *Cynodon nlemfuensis* presentó mayor concentración del elemento calcio 0.50 por ciento y el pasto con menor concentración fue *Brachiaria humidicola* 0.46 por ciento. Estas diferencias pueden ser debidas al tipo de suelo en el que se cultivaron los pastos. El pasto *Cynodon nlemfuensis* (pasto Estrella) se obtuvo de suelos con fertilidad de media a alta en tierras altas y por otro lado la especie *Brachiaria Humidicola* y *Brachiaria Decumbens* se obtuvo de suelos con fertilidad media a baja, lo cual justifica los resultados obtenidos. La tercera especie con mayor nivel nutricional encontrado fue el *Panicum máximum*, según autores como Thompson et al (2002), indican que este pasto posee es una de las especies de gramíneas en producción animal que tiende a extraer y acumular las mayores cantidades de Ca. Todos los pastos estudiados cumplen con los requerimientos minerales. (Ver cuadro II)

6.2 FÓSFORO (P)

En el estudio se encontró un promedio de concentración de 0.12 por ciento (0.14 y 0.10 por ciento en época seca y lluviosa respectivamente). Para el elemento P, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre épocas y corregimientos. En los resultados obtenidos por Lezcano (1996) citado por (Samudio 2001), se obtuvieron valores de 0.16 y 0.14 por ciento en época seca y lluviosa respectivamente. Se encontraron diferencias numéricas de 0.02 y 0.04 en época seca y lluviosa respectivamente. Según McDowell (2005), en muchos países tropicales, grandes cantidades de Fe y Al en el suelo acentúan la deficiencia de P al formar complejos de fosfatos insolubles, reduciendo el P disponible para la absorción de la planta. Según la clasificación de suelos de Panamá realizada en el 2006 por parte del IDIAP, la mayoría de los suelos en la provincia de Chiriquí son suelos ultisoles y se caracterizan por presentar elevada acidez y alta saturación de aluminio, afectando de esta manera la disponibilidad del P en el suelo.

CUADRO VII: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO.

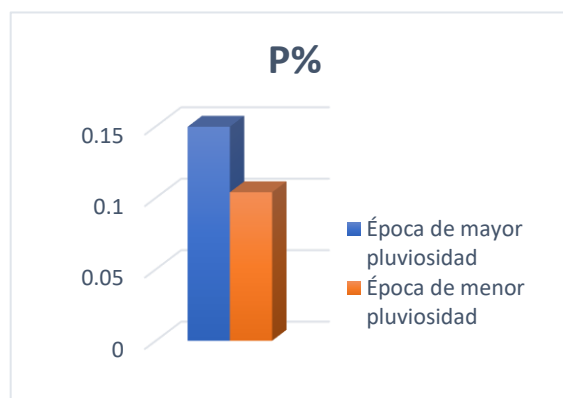
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|--------------------------------|-----|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Época | 1 | 0.23198746 | 0.23198746 | 1687.99 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 0.55301709 | 0.01106034 | 80.48 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 0.01895310 | 0.00016339 | 1.19 | 0.1184 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

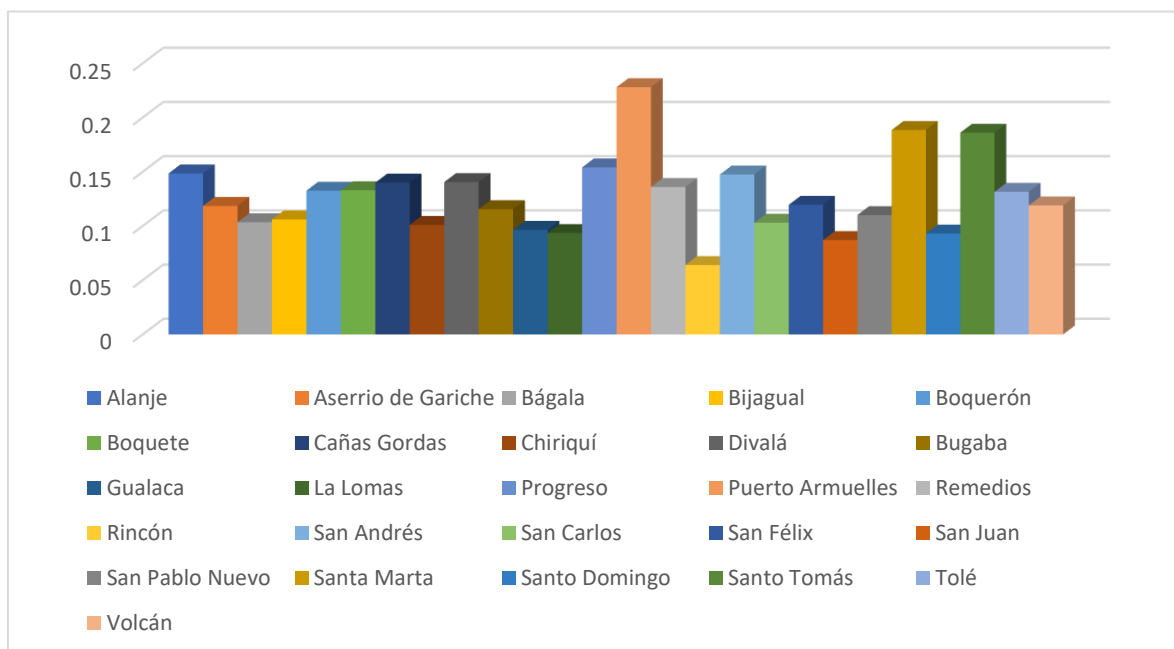
GRÁFICA IV: MEDIDAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA FÓSFORO

| Época | P % |
|-------------------|------|
| Mayor pluviosidad | 0.14 |
| Menor pluviosidad | 0.10 |



De la comparación de las medias obtenidas en ambas épocas, se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$). La mayor concentración de P se obtuvo en la época de mayor pluviosidad, con 0.14 por ciento y menor concentración en la época de menor pluviosidad 0.10 por ciento. Estos niveles minerales no suplen los requerimientos establecidos por la NRC 2000. Por esa razón se debe buscar métodos de suplementación mineral y proveer a los animales las cantidades diarias necesarias.

GRÁFICA V: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO

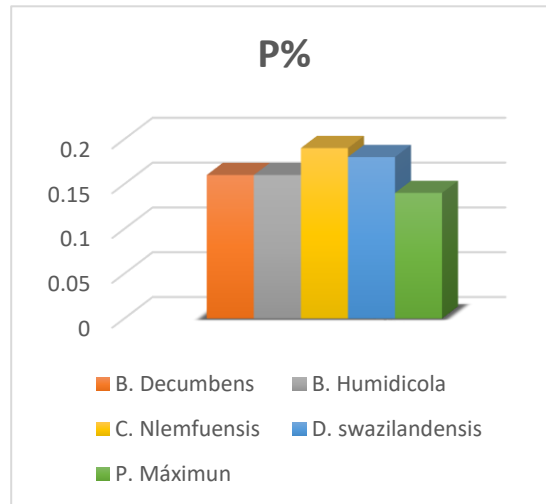


Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre corregimientos. El mayor nivel de concentración se obtuvo en el corregimiento de Puerto Armuelles con 0.22 por ciento y el menor nivel con 0.06 por ciento en el corregimiento de Rincón.

Estas concentraciones de P están de acuerdo con lo indicado por McDowell et al (1893) quien señala que, mundialmente, el fósforo es el mineral más deficiente en forrajes pastoreados por el ganado. Esto es especialmente cierto en áreas tropicales y subtropicales, y para la mayor parte de América Latina. En condiciones de pastoreo, ya sea en agostaderos o praderas sin fertilización, los niveles de fósforo de las gramíneas se encuentran muy por debajo de los requerimientos, haciéndose más crítica la deficiencia en los pastos maduros, que por lo general contienen menos de 0.15 por ciento

GRAFICA VI: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE FÓSFORO

| P% | |
|--------------------------|------|
| <i>B. decumbens</i> | 0.16 |
| <i>B. humidicola</i> | 0.16 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 0.19 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 0.18 |
| <i>P. máximun</i> | 0.14 |



Según McDowell (2005), en el ganado, la deficiencia más común es la falta de P. según el mismo autor la mayoría de las áreas de pastoreo de los países tropicales, los suelos y las plantas son bajos en P debido a la saturación de Al. Debido a estas condiciones edafológicas la mayoría del año, los forrajes no suplen los con requerimientos establecidos por la NRC (2000).

6.3 MAGNESIO (Mg)

En el estudio se obtuvo niveles promedio de este elemento de 0.16 por ciento (0.18 y 0.14 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente). Se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los corregimientos y época. A pesar de obtener diferencias significativas entre los pastos estudiados, el elemento se encuentra dentro del rango requerido (0.10 a 0.20 por ciento) necesarios para atender las funciones vitales y producción de los bovinos en pastoreo. (Ver Cuadro II)

En el estudio de Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), las determinaciones de Mg, fueron de 0.18 y 0.15 por ciento en la época lluviosa y seca respectivamente, los cuales coinciden bastante con los resultados obtenidos en esta segunda determinación, la cual arrojó concentraciones bastante similares. Los resultados concuerdan con lo dicho por McDowell et al., (1983): Las concentraciones de magnesio en los forrajes son generalmente suficientes para satisfacer los requerimientos (0.10 a 0.20 por ciento) del ganado en condiciones de pastoreo.

CUADRO VIII: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE MAGNESIO

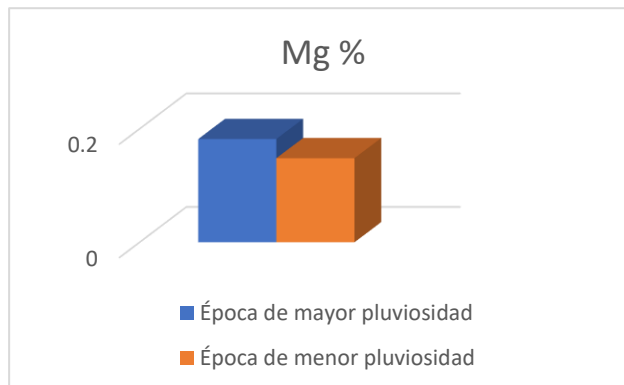
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|--------------------------------|-----|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Época | 1 | 0.11256144 | 0.11256144 | 1141.84 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 0.03039276 | 0.00060786 | 6.17 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 0.01065024 | 0.00009181 | 0.93 | 0.6703 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

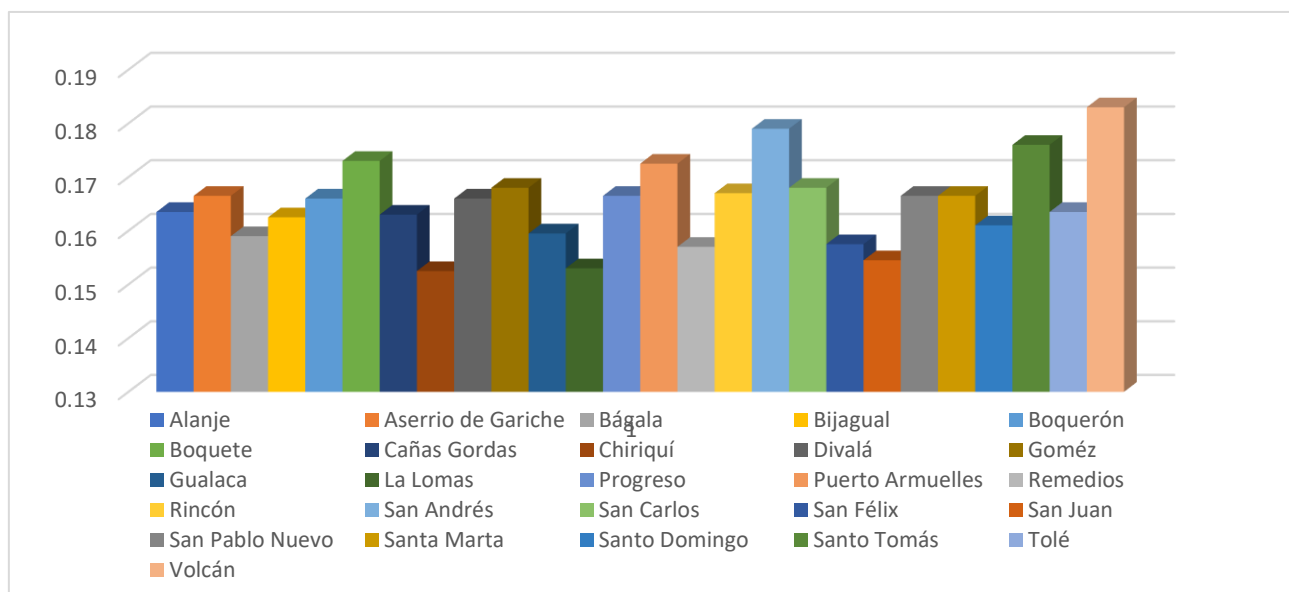
GRÁFICA VII: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA MAGNESIO

| Época | Mg % |
|-------------------|------|
| Mayor pluviosidad | 0.18 |
| Menor pluviosidad | 0.14 |



El resultado obtenido al comparar las medias demostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para los niveles de este elemento en el efecto época. Se encontró la mayor concentración en la época de mayor pluviosidad 0.18 por ciento y la menor concentración con 0.14 por ciento.

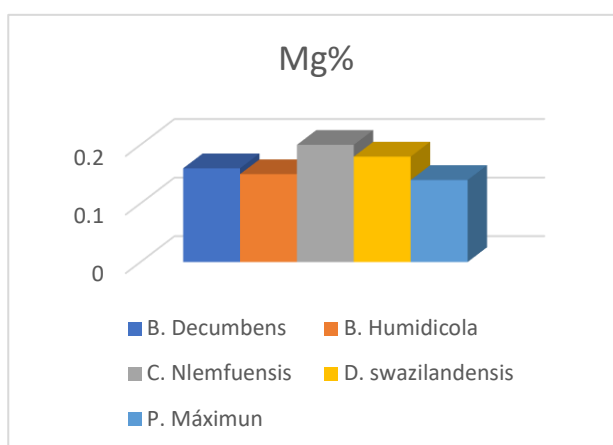
GRÁFICA VIII: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO MAGNESIO



El corregimiento en donde se observó mayor concentración de Mg fue Volcán con 0.18 por ciento y el corregimiento con menor concentración fue Chiriquí con 0.15 por ciento. En ambos corregimientos los niveles encontrados suplen los requerimientos establecidos por la NRC (2000).

GRAFICA IX: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE MAGNESIO

| Mg | |
|--------------------------|------|
| <i>B. decumbens</i> | 0.16 |
| <i>B. húmica</i> | 0.15 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 0.2 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 0.18 |
| <i>P. máximo</i> | 0.14 |



6.4 POTASIO (K)

En el estudio se obtuvo un valor promedio del elemento K de 1.17 por ciento (1.38 y 0.97 por ciento en la época lluviosa y seca respectivamente). Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), en su estudio obtuvo 1.39 y 1.17 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente. Al comparar ambos estudios se observó un descenso en la concentración de K en la época de menor pluviosidad de 0.20 por ciento. Esta reducción encontrada en la época seca puede darse debido a la prolongación de las sequias en estos últimos años.

Al realizar el análisis estadístico en este estudio, se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre ambas épocas y corregimientos. Sin embargo, con las

medias obtenidas el elemento es capaz de cumplir los requerimientos de los bovinos.

(Ver Cuadro II)

CUADRO IX. ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE POTASIO

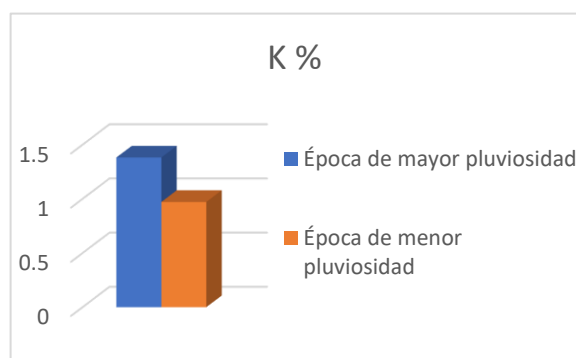
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|--------------------------------|-----|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Época | 1 | 17.34125855 | 17.34125855 | 216333 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 0.01859536 | 0.00037191 | 4.64 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 0.01110369 | 0.00009572 | 1.19 | 0.1126 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

GRÁFICA X: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA POTASIO

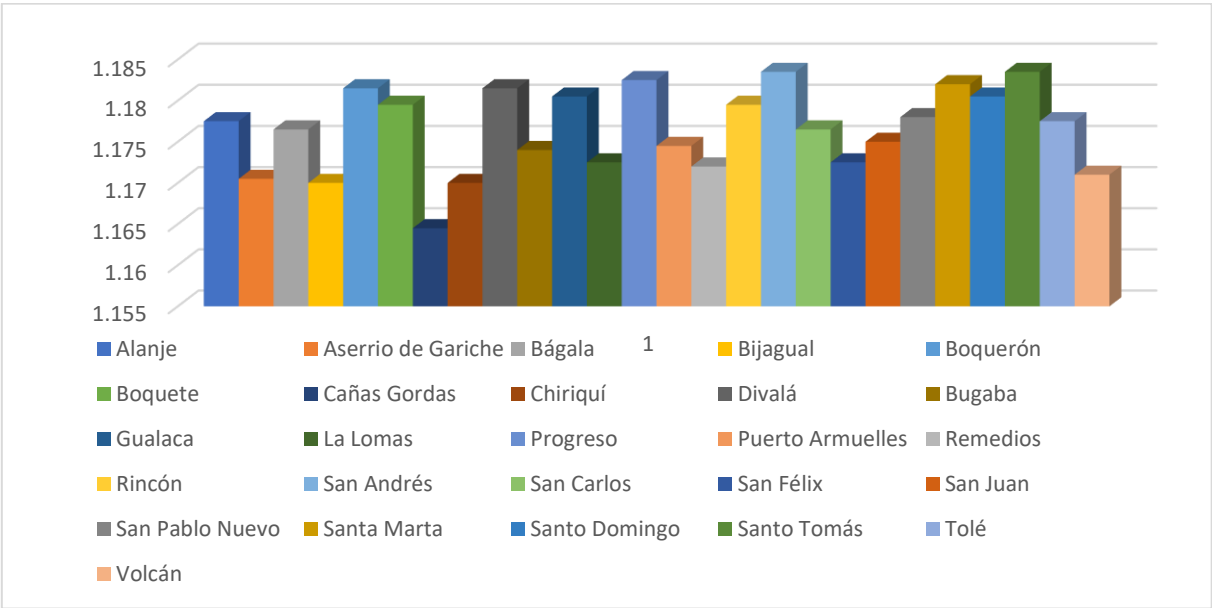
| Época | K % |
|-------------------|------|
| Mayor pluviosidad | 1.38 |
| Menor pluviosidad | 0.97 |



En cuanto al valor encontrado de K inferior en época de menor pluviosidad con relación al de la época de mayor pluviosidad corresponde a lo reportado por Kawas et al (1993)

quien señala que en regiones tropicales y subtropicales en época de escasa agua o sequia se puede observar una reducción en la concentración de este mineral conforme avanza la madurez del forraje, propio en esta época.

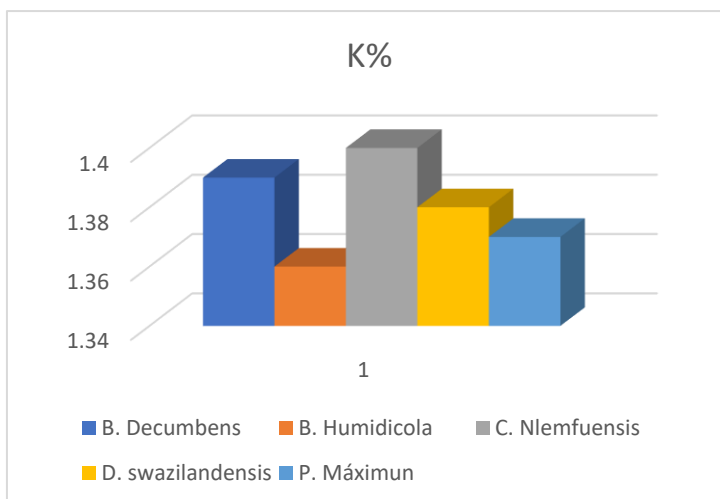
GRÁFICA XI: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO POTASIO



Para el efecto corregimiento se encontró niveles mayores en los corregimientos de San Andrés y Santo Tomás con 1.18 por ciento cada uno. El corregimiento con menor concentración fue Cañas Gordas con 1.16 por ciento. Aun con todo esto los pastos de los corregimientos estudiados suplen los requerimientos de los bovinos. (Vea cuadro II)

GRAFICA XII: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE POTASIO

| K | |
|--------------------------|------|
| <i>B. decumbens</i> | 1.39 |
| <i>B. humícola</i> | 1.36 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 1.4 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 1.38 |
| <i>P. máximo</i> | 1.37 |



El pasto *Cynodon nlemfuensis* presento una mayor concentración de este mineral 1.40 por ciento y el pasto con menor concentración fue *Brachiaria humícola* 1.36 por ciento.

6.5 SODIO (Na)

La concentración promedio de este elemento para la provincia dentro de este estudio fue de 0.09 por ciento (0.10 y 0.09 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente), encontrándose diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las épocas y corregimientos. Según el estudio de Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), se encontró valores de 0.30 y 0.15 por ciento en época de mayor y menor pluviosidad respectivamente. Los resultados obtenidos en los muestreos estudiados en la época de menor pluviosidad, los valores encontrados no cumplen con los requerimientos establecidos por la NRC (2000). Según McDowell (2005), los pastos

tropicales normalmente no contienen la cantidad suficiente de Na para satisfacer los requerimientos del ganado en pastoreo. Según el mismo autor las necesidades de Na para el ganado en pastoreo, pueden ser superadas fácilmente con sal común at libitum.

CUADRO X: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE SODIO

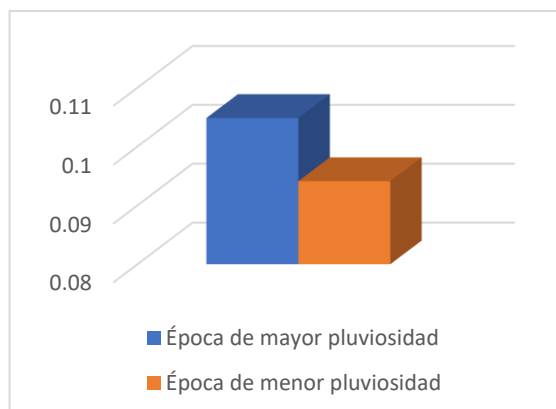
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|---------------------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Época | 1 | 0.01333277 | 0.01333277 | 158.85 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 0.02513917 | 0.00050278 | 5.99 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 0.01395476 | 0.00012030 | 1.43 | 0.0068 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

GRÁFICA XIII: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA SODIO

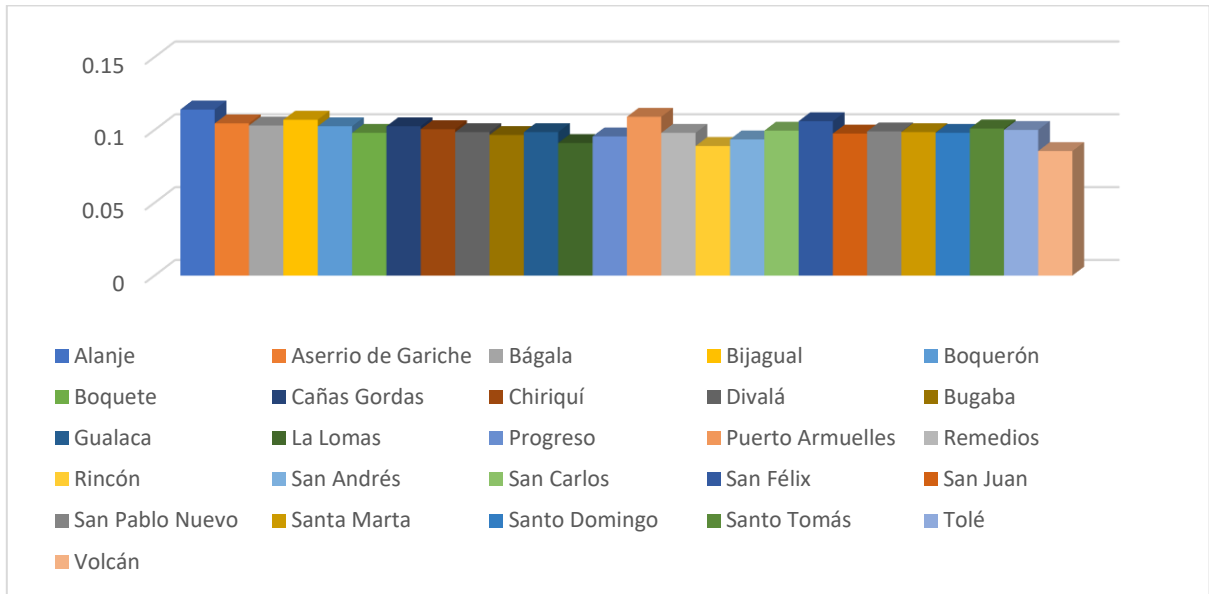
| Época | Na% |
|-------------------|------|
| Mayor pluviosidad | 0.10 |
| Menor pluviosidad | 0.09 |



La comparación entre ambas épocas arroja diferencias altamente significativas ($P > 0.01$), obteniéndose un nivel mínimo requerido, lo cual observamos la época de mayor pluviosidad (0.10 por ciento); dicho valor, apenas puede atender las necesidades requeridas por el ganado bovino de carne (Ver cuadro II), mientras que para el ganado bovino lechero en producción este nivel no atendería tales requerimientos para los cuales se requiere valores de (0.10 y 0.18 por ciento respectivamente) y se debe optar por la suplementación.

En la época de menor pluviosidad se obtuvo niveles de 0.09 por ciento. Siendo este nivel ligeramente bajo para suplir los requerimientos de ganado bovino de carne, para los cuales el mínimo deseado es 0.10 por ciento.

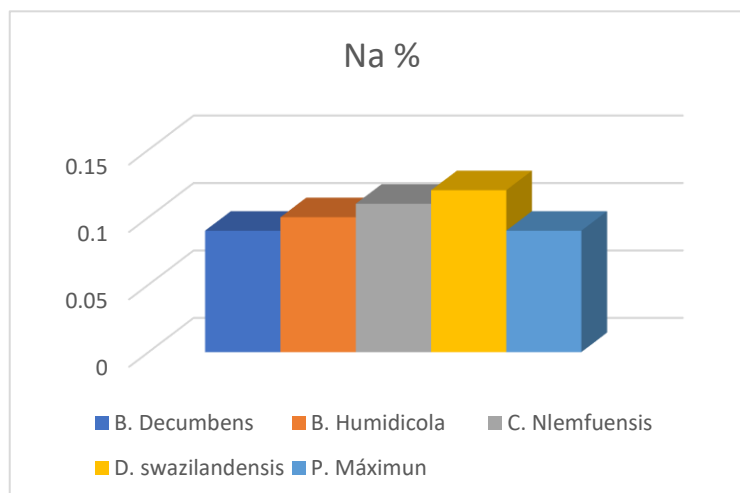
GRÁFICA XIV: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO SODIO



El Na mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) entre corregimientos. Siendo que Alanje posee la mayor concentración 0.11 por ciento y Volcán la concentración más baja con 0.08 por ciento.

GRAFICA XV: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE SODIO

| Na % | |
|--------------------------|------|
| <i>B. decumbens</i> | 0.09 |
| <i>B. humicola</i> | 0.1 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 0.11 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 0.12 |
| <i>P. máximo</i> | 0.09 |



En el estudio se obtuvo mayores niveles de sodio en el pasto *Digitalaria Swazilandensis* con niveles de 0.12 por ciento. La concentración más baja se obtuvo en los pastos *Brachiaria Decumbens* y *Panicum Máximun* con niveles de 0.09 por ciento.

6.6 COBRE (Cu)

Este elemento mostró concentraciones promedio de 3.76 ppm (4.62 y 2.89 ppm en época de mayor y menor pluviosidad respectivamente). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre los corregimientos y épocas en que se realizó el estudio. Según Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), el cobre dio como resultado 5.65 y 3.50 ppm en época de mayor y menor pluviosidad. Estos niveles de Cu se pueden considerar como deficientes e incapaces de poder suplir los requerimientos establecidos por la NRC (2000), para atender dichos requerimientos se necesitan

valores mínimos de 8 ppm en los pastos. Con la excepción del fósforo, una deficiencia de cobre es la limitante más severa, en cuanto a minerales, para los rumiantes en pastoreo de las regiones tropicales y subtropicales (McDowell et al.1983).

Bajo condiciones de forma intensiva, la mejor manera de suplementar el Cu es mediante la incorporación de este elemento en el concentrado (McDowell y Conrad, 1991). Según el mismo autor, bajo condiciones de pastoreo extensivo, la deficiencia de Cu puede ser prevenida proveyendo suplementos que contengan Cu mediante la dosificación de animales con productos que contengan Cu a intervalos de tiempo o mediante la inyección de compuestos orgánicos con Cu.

CUADRO XI: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE COBRE

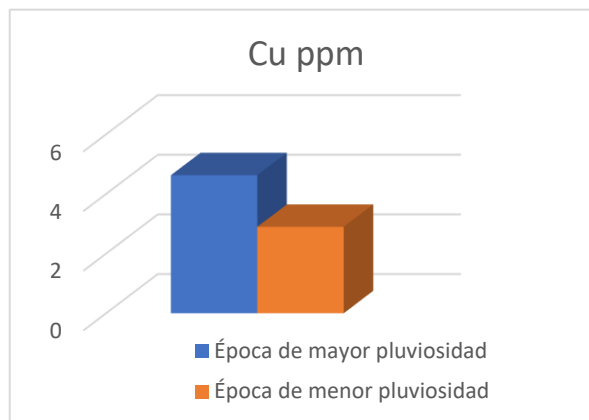
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|---------------------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Época | 1 | 304.0061749 | 304.0061749 | 10132.6 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 696.0769248 | 13.9215385 | 464.01 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 3.9882138 | 0.0343812 | 1.15 | 0.1751 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

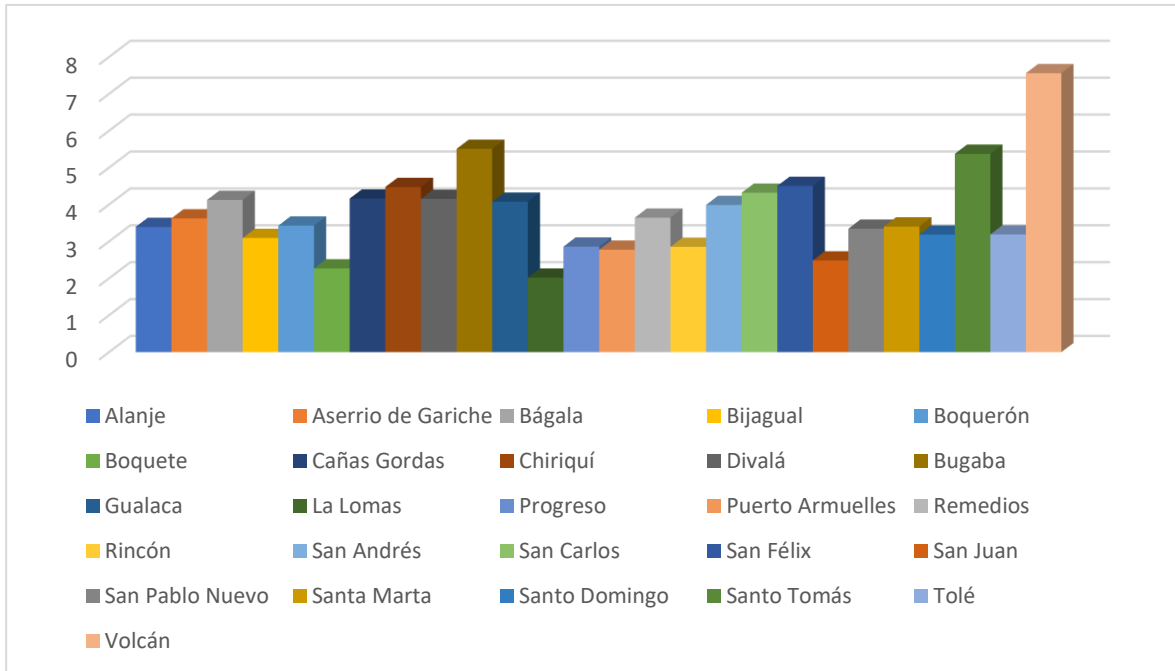
GRÁFICA XVI: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA COBRE

| Época | Cu ppm |
|-------------------|--------|
| Mayor pluviosidad | 4.62 |
| Menor pluviosidad | 2.89 |



En comparación de épocas se encontró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) obteniéndose una mayor concentración de este elemento en la época de mayor pluviosidad 4.62 ppm, y una menor concentración en la época de menor pluviosidad 2.89 ppm. Estos niveles se consideran deficientes para atender los requerimientos para el ganado bovino (Ver Cuadro II).

GRÁFICA XVII: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO COBRE

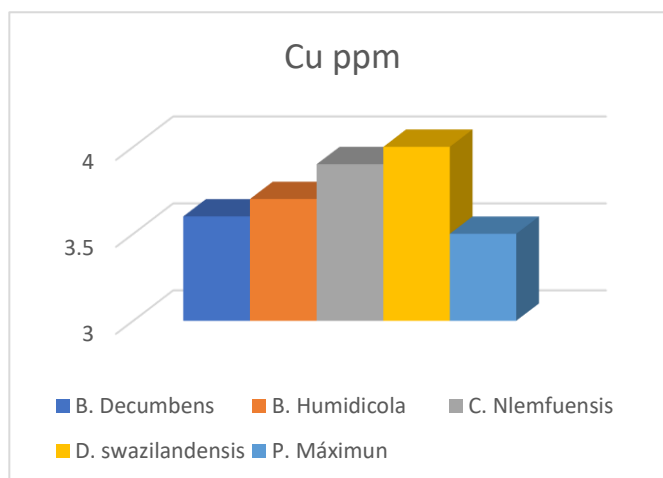


Dentro del estudio el efecto corregimiento mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), siendo el corregimiento con mayor concentración de cobre, Volcán con 7.56 ppm y la menor concentración se obtuvo en Las Lomas con 2.02 ppm.

Estos resultados concuerdan con lo dicho por Armienta (1995), el cual indica que la deficiencia de cobre en el ganado vacuno en pastoreo se considera como uno de los problemas de mayor importancia práctica en muchas partes del mundo.

GRAFICA XVIII: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE COBRE

| Cu | |
|--------------------------|-----|
| <i>B. decumbens</i> | 3.6 |
| <i>B. humicola</i> | 3.7 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 3.9 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 4 |
| <i>P. máximum</i> | 3.5 |



En el estudio se obtuvo niveles superiores de este elemento en el pasto *Digitalaria swazilandensis* 4 ppm y menor concentración con el pasto *Brachiaria Decumbens* 3.6 ppm.

6.7 ZINC (Zn)

Los niveles de este elemento presento promedios de 32.21 ppm (34 y 29.86 ppm en la época de mayor y menor pluviosidad). Observándose diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre épocas y corregimientos muestreados. Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), obtuvo resultados bastante similares 37 y 29.67 ppm en la época de mayor y menor pluviosidad. Estos niveles de Zn no suplen los requerimientos de este micro mineral en el ganado bovino en pastoreo. Según Buckman y Brady (1982), la disponibilidad de Zn se ve afectada por el pH que se encuentre en el suelo. pH de 5.2 a 5.9, es decir suelos ácidos, incrementa su potencial de asimilación. Sin embargo, el IDIAP, en su mapa de zonificación de suelos de

Panamá por niveles de nutrientes del 2006, el micro elemento Zn es deficitario en más del 90% del territorio panameño, este fenómeno se presenta a pesar de que en el país predominan suelos con pH ácidos.

En años recientes, más reportes han indicado que aun animales en pastoreo están recibiendo insuficientes Zn de los forrajes en ciertas regiones del mundo (McDowell, 1985). Según el mismo autor, desafortunadamente muchas de las mezclas minerales para uso ad libitum disponibles en el mercado han proporcionado cantidades insignificantes de Zn en relación con los requerimientos.

CUADRO XII: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE ZINC

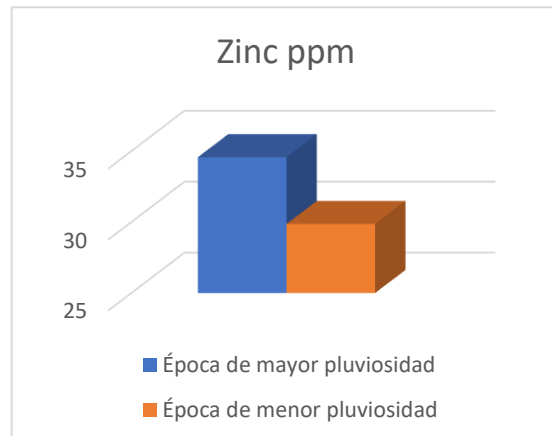
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|---------------------------------------|------------|--------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| Época | 1 | 2412.87663 | 2412.87663 | 1304.15 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 18959.31006 | 379.18620 | 204.95 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 171.84524 | 1.48142 | 0.80 | 0.9211 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

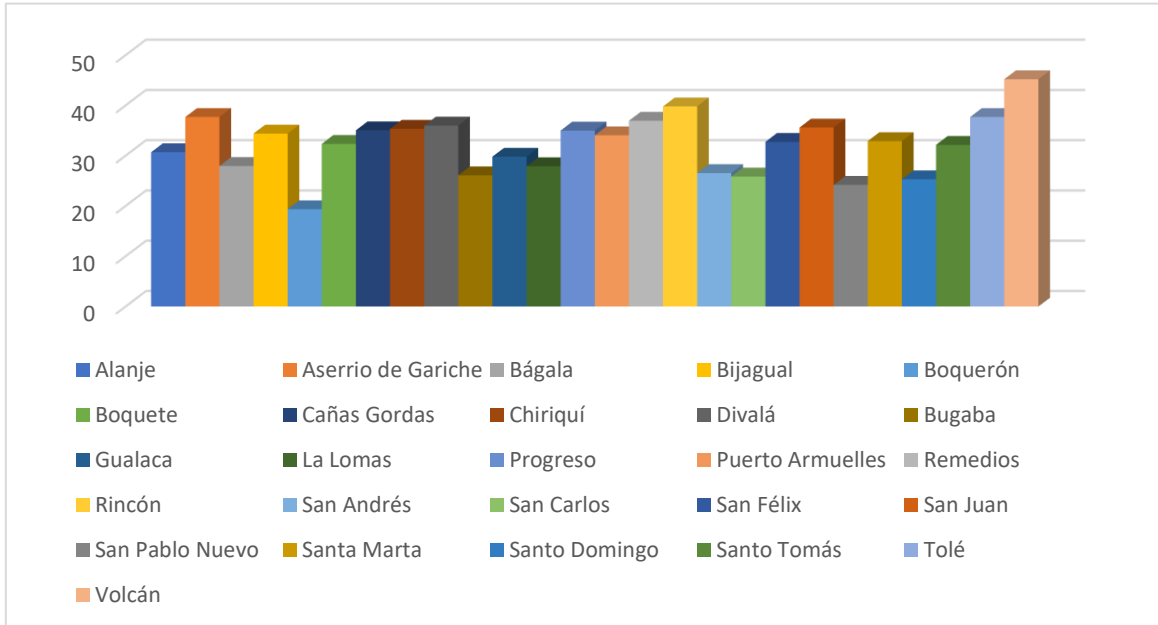
GRÁFICAVIX: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA ZINC

| Época | Zn ppm |
|-------------------|--------|
| Mayor pluviosidad | 34.56 |
| Menor pluviosidad | 29.86 |



La comparación de las medias obtenidas entre épocas presentó diferencias significativas ($P < 0.01$), encontrándose mayor concentración de este mineral en la época de mayor pluviosidad con 34.56 ppm y menor concentración en la época de menor pluviosidad con 29.86 ppm. Esta situación sin duda podría corresponder a lo señalado por NRC (2000), donde destaca que niveles bajos de Zn en los pastos son una consecuencia directa de sus niveles en el suelo.

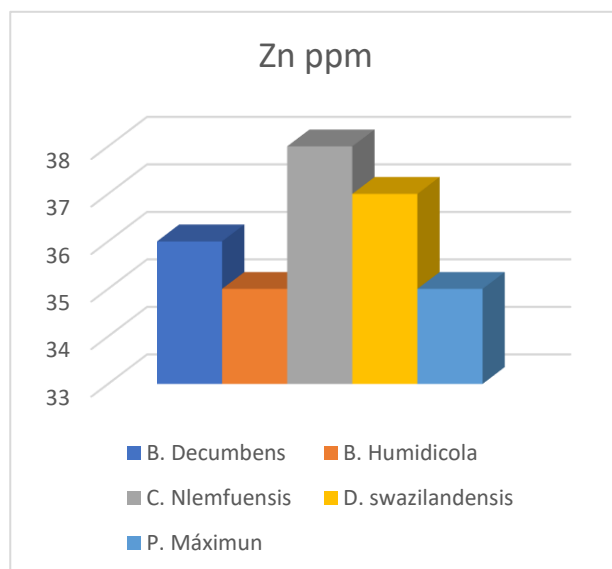
GRÁFICA XX: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO ZINC



Para el efecto corregimiento se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los mismos. El corregimiento con mayor concentración de zinc fue Volcán con 45.2 ppm y la menor concentración se registró en el corregimiento de Boquete con 19.35 ppm.

GRAFICA XXI: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE ZINC

| Zn | Ppm |
|--------------------------|-----|
| <i>B. decumbens</i> | 36 |
| <i>B. humicola</i> | 35 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 38 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 37 |
| <i>P. máximum</i> | 35 |



Entre las especies estudiadas, el pasto que obtuvo mayor concentración de este mineral fue *Cynodon nlemfuensis* con 38 ppm y la especie con menor concentración fue el pasto *Brachiaria humicola* y *Panicum máximum* con 35 ppm.

6.8 HIERRO (Fe)

Los resultados obtenidos demostraron que la concentración promedio para este elemento fue de 161.99 ppm (167 y 156 ppm en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente), presentando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las épocas y corregimientos estudiados. En la determinación realizada por Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), se encontraron valores de 157 y 167 ppm en la época de mayor y menor pluviosidad. Estos promedios encontrados suplen fácilmente los requerimientos establecidos por la NRC (2000). Según McDowell (2005), por esta razón la suplementación de Fe no es tan importante como la de otros micros elementos

en los que han encontrado niveles limitantes. La mayoría de los suelos tropicales son ácidos, lo cual hace que la concentración de Fe en los forrajes sea generalmente mayor que los requerimientos.

CUADRO XIII: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE HIERRO

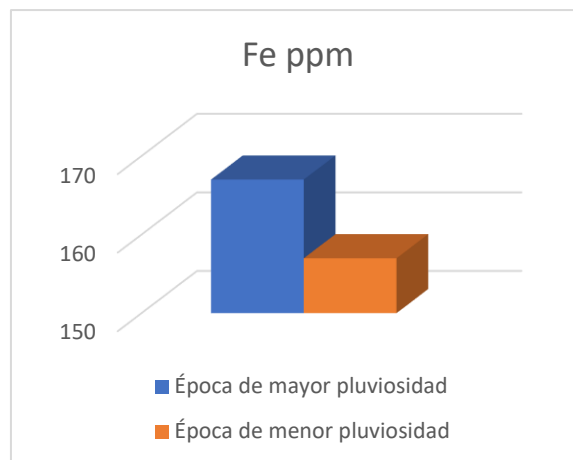
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|--------------------------------|-----|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Época | 1 | 10356.69914 | 10356.69914 | 7846.64 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 2330.17025 | 46.60341 | 35.31 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 190.59881 | 1.64309 | 1.24 | 0.0673 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

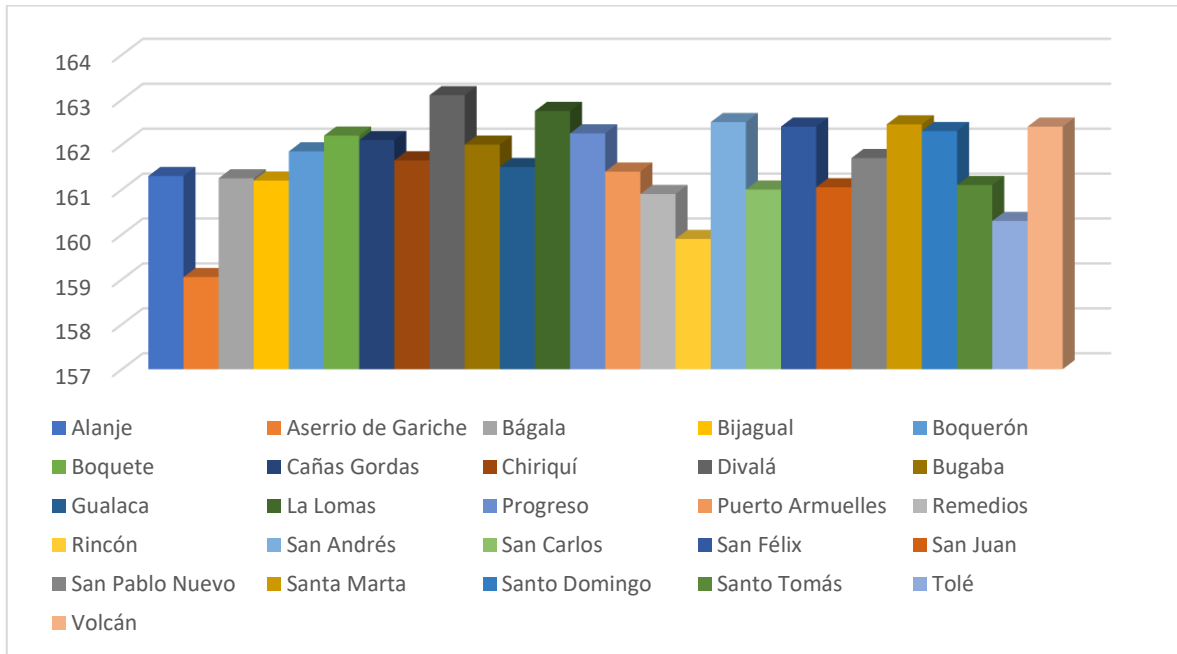
GRÁFICA XXII: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA HIERRO

| Época | Fe ppm |
|-------------------|--------|
| Mayor pluviosidad | 167 |
| Menor pluviosidad | 156 |



Al comparar ambas medias en las diferentes épocas estudiadas, los análisis indicaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) la concentración más alta se encontró en la época de mayor pluviosidad con nivel de 167 ppm y la concentración más baja se encontró en la época de menor pluviosidad 156 ppm, niveles que pueden atender los requerimientos del ganado bovino según NRC (2007).

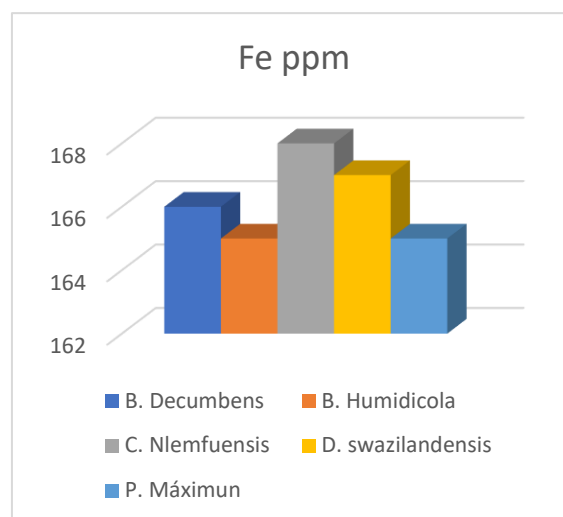
GRÁFICA XXIII: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO HIERRO



Al comparar los niveles de Fe entre corregimientos se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), el corregimiento con mayor concentración de este mineral fue Divalá con 163.1 ppm y el corregimiento con menor concentración fue el corregimiento de Aserri de Gariche con 159 ppm.

GRAFICA XXIV: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE HIERRO

| Fe | Ppm |
|--------------------------|-----|
| <i>B. decumbens</i> | 166 |
| <i>B. humícola</i> | 165 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 168 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 167 |
| <i>P. máximo</i> | 165 |



Entre las especies estudiadas se encontró mayor concentración en el pasto *Cynodon nlemfuensis* y menor concentración en el pasto *Brachiaria humícola* y *Panicum máximo* con 165 ppm.

6.9 MANGANESO (Mn)

Este elemento presentó un promedio de 96.33 ppm (104 y 88.82 ppm en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente) durante el estudio. Presento diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las épocas y corregimientos muestreados. Dentro de los resultados obtenidos por Lezcano (1996) citado por (Samudio, 2001), las concentraciones de Mn fueron de 87.83 y 113 ppm en la época de mayor y menor pluviosidad. Estos niveles fácil mente superan los requerimientos establecidos por la NRC (2000), para ganado bovino en pastoreo.

Debido a que casi todos los pastos contienen niveles adecuados de Mn, la suplementación no es muy necesaria (McDowell, 2005).

CUADRO XIV: ANÁLISIS DE VARIANZA CONCENTRACIÓN DE MANGANESO

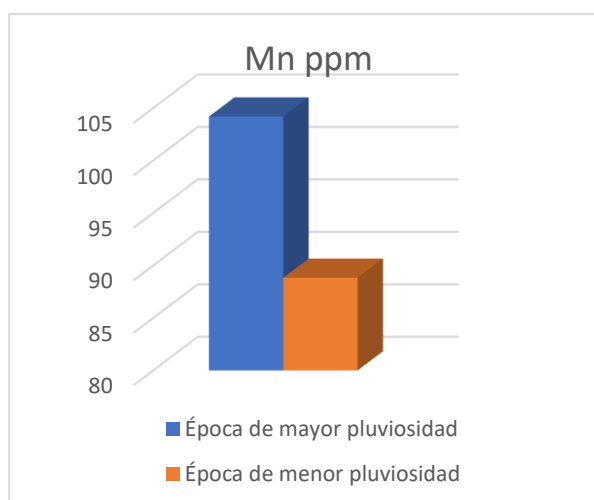
| Fuente | DF | Suma de cuadrados | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr>F |
|--------------------------------|-----|-------------------|----------------------|---------|---------|
| Época | 1 | 25527.84557 | 25527.84557 | 10354.5 | 0.001** |
| Corregimiento (épocas) | 50 | 9619.56807 | 192.39136 | 78.04 | 0.001** |
| Especie (épocas*corregimiento) | 116 | 388.98214 | 3.35329 | 1.36 | 0.0176 |

** = diferencias altamente significativas

* = diferencias significativas

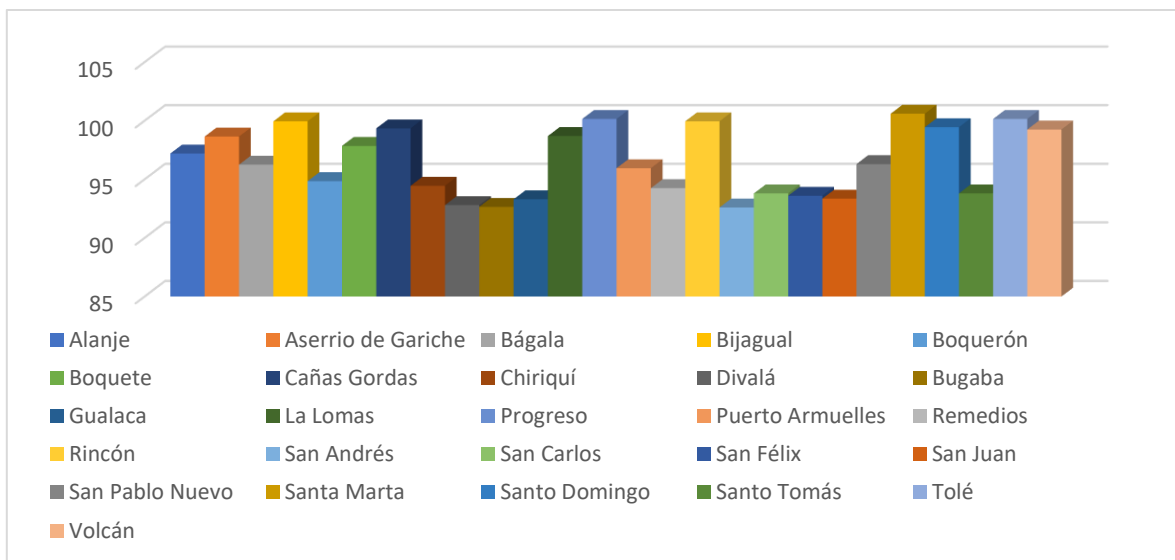
GRÁFICA XXV: MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA EL EFECTO ÉPOCA MANGANESO

| Época | Mn ppm |
|-------------------|--------|
| Mayor pluviosidad | 104.18 |
| Menor pluviosidad | 88.82 |



Al comparar los niveles promedios encontrados en ambas épocas se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), siendo la época con mayor pluviosidad la que obtuvo la mayor concentración de manganeso dando como resultado final 104.18 ppm; en la época de menor pluviosidad se encontraron niveles de 88.82 ppm, con estas concentraciones es posible atender los requerimientos necesarios para ganados bovinos. (Ver Cuadro II). Es importante destacar que en todos los casos en donde se encontraron niveles minerales en concentraciones capaces de suplir o atender los requerimientos establecidos por la NRC (2000) y NRC (2001) para ganado de carne y leche respectivamente, es de suma importancia que además de ello, tengamos siempre la seguridad de contar con adecuada disponibilidad de forraje.

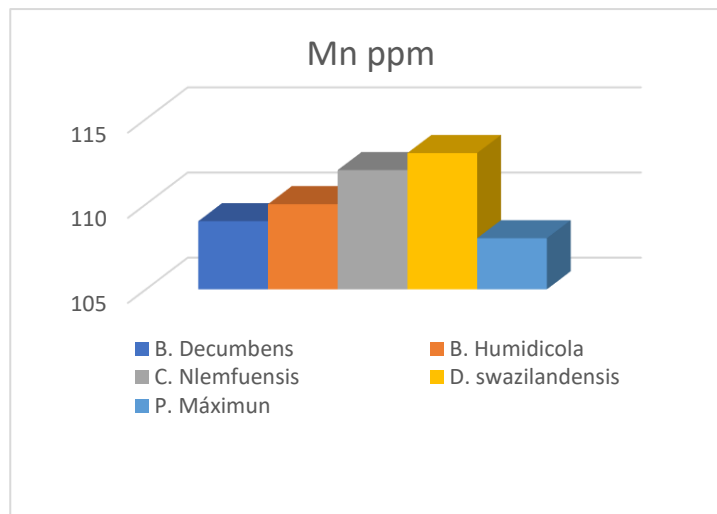
GRÁFICA XXVI: MEDIAS DE CUADRADOS MINIMOS PARA EL EFECTO CORREGIMIENTO MANGANESO



Dentro de los corregimientos estudiados se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) siendo los corregimientos con mayor concentración fueron Progreso y Tolé con 100.15 ppm y 100.15 ppm.

GRAFICA XXVII: MEDIAS MÍNIMAS ENCONTRADAS POR ESPECIE

| Mn | Ppm |
|--------------------------|-----|
| <i>B. decumbens</i> | 109 |
| <i>B. humícola</i> | 110 |
| <i>C. nlemfuensis</i> | 112 |
| <i>D. swazilandensis</i> | 113 |
| <i>P. máximo</i> | 108 |



Dentro de las especies que se estudiaron, el pasto *Digitaria swazilandensis* presentó mayor concentración del mineral, dando un promedio de 113 ppm. Por otro lado, la concentración más baja fue el *Panicum máximo*, con valor de 108 ppm.

7 CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio podemos establecer las siguientes conclusiones:

Los elementos minerales: fósforo (P), cobre (Cu) y sodio (Na), presentaron concentraciones deficientes en las especies estudiadas según las épocas y corregimientos muestreados.

Los minerales: calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), hierro (Fe), manganeso (Mn), presentaron niveles aceptables para suplir los requerimientos en ganado bovino, siempre y cuando se cuente con una adecuada disponibilidad de pasto.

el contenido de materia seca en la provincia fue de 29 por ciento, dividido en 34 y 24 por ciento en la época de mayor y menor pluviosidad respectivamente.

La disponibilidad de los minerales se ve mayormente afectada en época de menor pluviosidad.

Los corregimientos de Rincón, Las Lomas y Volcán demostraron tener las concentraciones más bajas de P, Cu y Zn respectivamente.

Las diferencias significativas encontradas para el efecto corregimiento se han podido deber principalmente a las diferencias edáficas y ambientales entre los corregimientos estudiados, lo cual ha podido influir en la disponibilidad mineral para la planta.

De los pastos analizados la *Brachiaria humidicola* presentó los niveles de concentración mineral más bajos.

8 RECOMENDACIONES

Incentivar a los productores sobre la importancia de ver las pasturas como un cultivo el cual debe manejarse adecuadamente para así poder ofrecer a los animales pasturas de calidad, con lo cual puedan suplir los requerimientos de la mayoría de los minerales necesarios para un buen desarrollo, crecimiento del animal y productividad del forraje.

Incentivar a los productores sobre la importancia de conocer el perfil bromatológico de los pastos y así poder ofrecer a los animales la suplementación más ajustada a sus necesidades vs el estatus mineral del forraje.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **ARMIENTA T.** 1995. Perfil del suelo, forraje y tejidos del ganado e agostaderos del estado de Nuevo León. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. 11-24-31 p.

- **ARRILLAGA G.** 1975. Alimentación de animales en los trópicos. 1ª Ed. Limusa. México, Mex. 115-145 p.

- **BUCKMAN R. AND T. BRADY, N.C.** 1982. The Nature and Properties of Soils. 8th ed. Macmillan Publishing Co., Inc., New York. **36 p.**

- **CABALLERO, L.L.** 2009. Determinación de los Niveles Minerales (Ca, P, Mg, K, Fe, Zn, Cu, Mn) en los Pastos más Comunes en la Estación de Mayor y Menor Pluviosidad en la Provincia de Colón. 70 p.

- **CHURCH, D. C.; POND. W.G.**1990. Fundamento de la Nutrición y Alimentación de los Animales. 2ª Ed. Editorial Limusa. México, Mex. 150-169: 180-190 pp

- **CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA.** 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo de Producción Pecuaria. 49 p.

- **IDIAP,** 2006. Suelos en Panamá (en línea). In 1^{er} Taller latinoamericano globalsoilmap.net atlas de suelos de Latinoamérica. Río de Janeiro, Brasil. Consultado: 8 de agosto de 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262731098_Atlas_de_suelos_de_America_Latina_y_el_Caribe/download

- **IDIAP,** 2006. Zonificación de los Suelos de Panamá Por Niveles de Nutrientes. Consultado: 12 de diciembre de 2018. Disponible en: <http://www.cich.org/publicaciones/05/idiap-mapas-fertilidad.pdf>

- **KASS C.L D.** 1998. Fertilidad de suelos. Euned, San José Costa Rica. 232 pp

- **KAWAS J; ARMIENTA G; KAWAS J.** 1993. Suplementación mineral del ganado en pastoreo. Reporte Técnico. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nuevo León. 6-11-13 p.

- **LOOSLI; HINTZ. H.F; MAYNARD. L; WARNER.** 1979. Animal Nutrition. 6^a Ed. McGraw-Hill Inc., US. 300-315 p.

- **MARTINEZ, A. M.** 2009. Determinación de los niveles minerales (Ca, P, Mg, K, Fe, Zn, Cu, Mn) en los Pastos más Comunes en las Épocas de Mayor y Menor Pluviosidad en la Provincia de Bocas Del Toro. Tesis. F.C.A Universidad de Panamá. 70-89 p.

- **MAURE, E; RODRIGUEZ, R.** 1996. Determinación de los niveles minerales (Ca, P, Mg, K, Fe, Zn, Cu, Mn) en los Pastos más Comunes en las Épocas de Mayor y Menor Pluviosidad en Las Provincias de Herrera y Veraguas. Tesis. F.C.A Universidad de Panamá.

- **MAYNARD, L.** 1972. Nutrición animal. 3ª Ed. Unión tipográfica. Editorial Hispano-América, México, Mex. 530 p.

- **MCDOWELL, L.R; ARTHINGTON, J.D.**2005. Minerales para rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 4ª Ed. University of Florida.

- **MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.** 1993. Mineral for grazing ruminants in tropical regions. 2ª Ed. University of Florida.

- **MCDOWELL, L.R.** 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. 1^a ed. University of Florida.

- **MCDOWELL, L. R., J. H. CONRAD, G. L. ELLIS, AND J. K. LOOSLI.** 1983. Minerals for Grazing Ruminants in Tropical / Regions. University of Florida.

- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL NRC.** 2000. Nutrient Requeriments of Beef Cattle. 7^a Edición. 232p.

- **NATIONAL RESEARCH COUNCIL NRC.** 2000. Nutrient Requeriments of Diary Cattle 7^a Edición. 381p.

- **SAMUDIO, A.** 2001. Niveles Minerales en los Patos de Panamá y algunos Conceptos Sobre Nutrición Animal. 1^a Ed. Panamá. Universidad de Panamá.

- **SAMUDIO, A.** 2016. Minerales en Pastos de Panamá y Métodos Para Calcular Mezclas Para Suplementación. 1^a Ed. Panamá. Universidad de Panamá.

- **THOMPSON LOUIS M. Y TROEH FREDERICK R.** 2002. Los suelos y su fertilidad. Ed Reverté. S.A. 4ta edición Barcelona. 657pp

- **UNDERWOOD, E.J.**1968. Los minerales en la alimentación del ganado. Editorial Acriba. Zaragoza, España. 320 p.

- **VATTI, G.** 1993. Manual obstetricia y ginecología veterinarias. Editorial Limusa. Vol.2.Mexico, Mex, 191 p.

ANEXOS



Pasto *Panicum máximo* en fase de muestreo



Muestras de pasto con pesos de 250 gr, listas para ser rotuladas



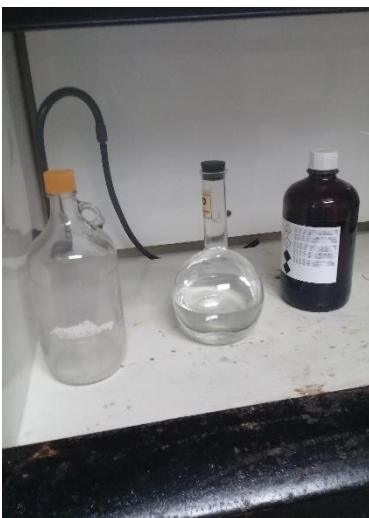
Máquina para moler las muestras de pastos secadas a 65°C por 72 horas



Horno listo para incinerar las muestras de pasto cada una con peso de 2 gramos.



Muestras luego de la incineración a 600°C



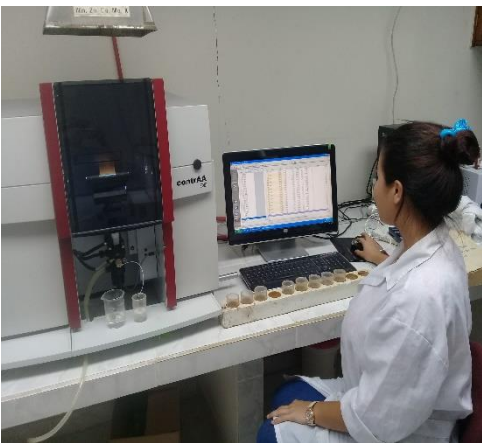
Solución extractora con relación 1.1 (un litro de agua, un litro de HCl)



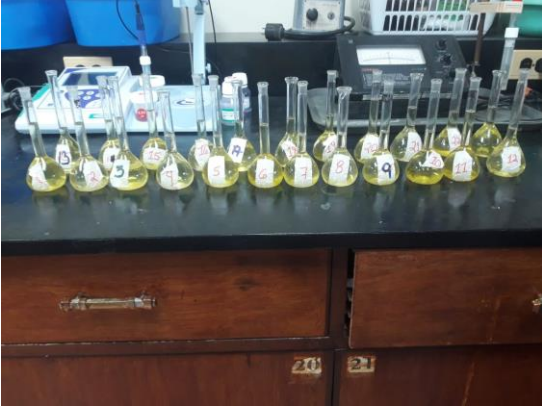
Preparación del extracto mineral



Preparando las muestras de Ca y Mg con estronio.



lectura de
concentraciones minerales
Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Cu y Mn



Muestras listas para
determinar concentraciones
de P



Lectura de P, a través de
polimetría



Ganado en pastoreo en época
lluviosa



Ganado pastoreando en época
seca