

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 VERAGUAS”

KEVIN AROON LÓPEZ CEDEÑO
C.I.P. 8-921-1567

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ
2026

“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 VERAGUAS”

TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO 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. EFRAÍN STAFF MSc.

COMITÉ

PROF. ING. VICTOR SÁNCHEZ PhD.

COMITÉ

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2026

DEDICATORIA

A mi madre, hermano y abuela, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme que el esfuerzo siempre vale la pena. A mi familia, por ser mi refugio en los momentos difíciles y mi mayor motivación para no rendirme. A mi novia Najaris y la familia Aguirre por ser parte fundamental para hacer esto posible.

A todo estudiante de la 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 con el desarrollo de este tan bonito país Panamá.

A Dario Cedeño y Virginia García, que, aunque no pudieron ver este logro, fueron parte importante para realizarlo. A todos los que estuvieron conmigo en este proceso. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la fortaleza y constancia necesaria para culminar esta etapa de mi formación profesional

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, Alex Samudio, por su orientación, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, agradezco a la licenciada Yaderit Alvarado del departamento de suelos de la Facultad de Ciencia Agropecuarias, por todo el apoyo y tiempo dedicado a este estudio tan importante para mí. De igual manera, agradezco al profesor Richard Mudarra quien contribuyo con sus conocimientos a lo largo de mi formación académica.

A todos los productores veragüense que me abrieron las puertas de sus fincas para poder realizar los muestreos necesarios que sin ellos no fuese posible esto.

A todos los profesores y administrativos de la facultade de Ciencias Agropecuarias por su ayuda y consejos a lo largo de este estudio.

A mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y motivación en cada etapa de este proceso. Su confianza fue fundamental para alcanzar este logro.

Finalmente, agradezco a mis amigos y compañeros por el apoyo brindado y por compartir este camino académico.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE GRAFICAS.....	9
RESUMEN.....	10
SUMMARY.....	11
INTRODUCCIÓN	12
ANTECEDENTES.....	13
REVISIÓN DE LITERATURA	15
Importancia de los minerales en el bovino.....	15
Funciones orgánicas de los macro y micro minerales	16
Calcio (Ca).....	16
Fósforo (P)	17
Potasio (K)	19
Sodio (Na)	19
Magnesio (Mg)	20
Hierro (Fe)	21
Zinc (Zn).....	21
Manganeso (Mn)	22
Cobre (Cu).....	22
Deficiencia de los macro y micro minerales	23
Requerimientos minerales.....	24
Factores que afectan el contenido mineral en las pasturas	26
METODOLOGÍA.....	27
Localización y caracterización del estudio	27
Selección de los lugares muestreados	27
Recolección de muestras	28

Duración del estudio	29
Métodos de análisis	29
Método estadístico	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
Materia pre seca	31
MACROMINERALES	32
Fósforo (P)	32
Potasio (K)	34
Calcio (Ca)	37
Magnesio (Mg)	39
Sodio (Na)	41
MICROMINERALES	43
Hierro (Fe)	43
Manganeso (Mn)	45
Zinc (Zn)	47
Cobre (Cu)	49
CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Últimos valores del promedio de contenido mineral en pastos de Veraguas.	13
Tabla 2. Deficiencias de macro y micro minerales	23
Tabla 3. Requerimientos minerales en el ganado bovino de carne	25
Tabla 4. Requerimientos minerales en el ganado bovino de leche en base al estado productivo.....	25
Tabla 5. Requerimientos minerales en el ganado bovino de leche en distintos periodos fisiológicos.....	25
Tabla 6. Porcentaje de materia pre seca (M.P.S).....	31
Tabla 7. Media con desviación estándar de M.P.S. en ambas épocas del año en zonas muestreadas.....	31
Tabla 8. Medias del efecto época para el fósforo en base seca	32
Tabla 9. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el fósforo en base seca.....	33
Tabla 10. Medias del efecto época para el potasio en base seca.....	34
Tabla 11. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el potasio en base seca	36
Tabla 12. Medias del efecto época para el calcio en base seca	37
Tabla 13. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el calcio en base seca.....	38
Tabla 14. Medias del efecto época para el magnesio en base seca.....	39
Tabla 15. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el magnesio en base seca.....	40
Tabla 16. Medias del efecto época para el sodio en base seca	41
Tabla 17. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el sodio en base seca	42
Tabla 18. Medias del efecto época para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca	43

Tabla 19. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca.....	44
Tabla 20. Medias del efecto época para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca.....	45
Tabla 21. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca	46
Tabla 22. Medias del efecto época para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca	47
Tabla 23. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca	48
Cuadro 24. Medias del efecto época para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca	49
Cuadro 25. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca	50

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Medias del efecto época para el fósforo en base seca	33
Gráfica 2. Medias del efecto época anidado a zona para el fosforo en base seca	34
Gráfica 3. Medias del efecto época para el potasio en base seca	35
Gráfica 4. Medias del efecto época anidado a zona para el potasio en base seca	36
Gráfica 5. Medias del efecto época para el calcio en base seca	37
Gráfica 6. Medias del efecto época anidado a zona para el calcio en base seca .	38
Gráfica 7. Medias del efecto época para el magnesio en base seca	39
Gráfica 8. Medias del efecto época anidado a zona para el magnesio en base seca	40
Gráfica 9. Medias del efecto época para el sodio en base seca	41
Gráfica 10. Medias del efecto época anidado a zona para el sodio en base seca	42
Gráfica 11. Medias del efecto época para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca	43
Gráfica 12. Medias efecto época anidado a zona para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca	44
Gráfica 13. Medias del efecto época para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca	45
Gráfica 14. Medias del efecto época anidado a zona para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca	46
Gráfica 15. Medias del efecto época para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca	47
Gráfica 16. Medias del efecto época anidado a zona para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca	48
Gráfica 17. Medias del efecto época para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca	49
Gráfica 18. Medias del efecto época anidado a zona para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca	50

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 VERAGUAS

López C., Kevin A. 2025. 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 Veraguas. Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, David Chiriquí, Panamá.

RESUMEN

El estudio se basó en la determinación de los minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) en los pastos más comunes (*Digitaria swazilandensis* (Swazi), *Urochloa arrecta* (Tanner), *Urochloa humidicola*, *Urochloa brizantha* (Marandú), *Urochloa decumbens*) en la época lluviosa y seca de la provincia de Veraguas; los elementos (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) fueron analizados a través de espectrofotometría UV para el P y absorción atómica para los demás minerales. La selección de las localidades muestreadas se hizo basándose en los corregimientos que ya habían sido estudiados a mediados de la década de los noventa, los mismos contaban con una población ganadera superior a las 2000 cabezas de Ganado bovino según el censo de población ganadera del INEC 2024; estos corregimientos fueron agrupados por zonas dividiendo la provincia de Veraguas en cuatro zonas (norte, sur, este y oeste). De acuerdo con los resultados obtenidos la disponibilidad de los minerales se vio afectada por el efecto época, encontrándose diferencias significativas ($P < 0.01$) en sus concentraciones para los minerales estudiados. Los minerales P, Na, Cu resultaron ser los elementos más limitantes con promedios de 0.18 %, 0.08% y 0.13 ppm respectivamente. De otra manera los minerales Ca, Mg, K, Zn, Fe, Mn obtuvieron niveles aceptables (0.33%, 0.31%, 0.77%, 17.48 ppm, 228.72 ppm y 164.29 ppm) respectivamente, siendo necesario suplir los requerimientos de algunos minerales del ganado bovino disponibles en los pastos. La zona sur demostró tener las concentraciones más bajas de minerales del estudio en todos los elementos, de otra manera la zona norte demostró tener la mayor concentración de todos los minerales excepto Cu, Zn y no verse tan afectada sobre el efecto época.

PALABRAS CLAVES: Mineral, época, requerimiento, forrajes, deficiencia

DETERMINATION OF MINERAL LEVELS (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) IN THE MOST COMMON PASTURES IN THE SEASON OF HIGHEST AND LOWEST RAINFALL IN THE PROVINCE OF VERAGUAS

López C., Kevin A. 2025. Determination of mineral levels (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) in the most common pastures during the rainiest and lowest seasons in the province of Veraguas. Agricultural and Zootechnical Engineering thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama, David Chiriqui, Panamá.

SUMMARY

The study was based on the determination of minerals (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) in the most common grasses (*Digitaria swazilandensis* (Swazi), *Urochloa arrecta* (Tanner), *Urochloa humidicula*, *Urochloa brizantha* (Marandú), *Urochloa decumbens*) during the rainy and dry seasons of the province of Veraguas. The elements (Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe, Mn) were analyzed using UV spectrophotometry for P and atomic absorption for the other minerals. The selection of the sampled locations was based on the districts that had already been studied in the mid-1990s; these districts had a cattle population exceeding 2,000 head, according to the 2024 INEC livestock census. These districts were grouped into zones, dividing the province of Veraguas into four zones (north, south, east, and west). According to the results obtained, mineral availability was affected by the season, with significant differences ($P < 0.01$) found in their concentrations for the studied minerals. P, Na, and Cu were the most limiting elements, with averages of 0.18%, 0.08%, and 0.13 ppm, respectively. In contrast, Ca, Mg, K, Zn, Fe, and Mn had acceptable levels (0.33%, 0.31%, 0.77%, 17.48 ppm, 228.72 ppm, and 164.29 ppm, respectively), making it necessary to supplement the requirements of some minerals available in the pastures for cattle. The southern zone showed the lowest concentrations of minerals in the study for all elements; otherwise, the northern zone showed the highest concentration of all minerals except Cu and Zn and was not as affected by the epoch effect.

KEY WORDS: Mineral, season, requirement, forages, deficiency

INTRODUCCIÓN

La alimentación de los rumiantes en el trópico está basada principalmente en forrajes nativos o mejorados. Los contenidos nutricionales de los mismos varían dependiendo de la especie forrajera, el área donde se encuentren establecidos y las condiciones climáticas del área, como también los tipos de suelos. En Panamá los suelos y las fuertes sequías, afectan la disponibilidad de los nutrientes y en específico los minerales, dejándolos la gran mayoría en niveles deficientes (IDIAP, 2006).

Conocer la composición mineral de los pastos en Veraguas es fundamental para la alimentación de ganado de esta región, porque los niveles de minerales en forrajes pueden afectar directamente la salud, rendimiento y la producción de los animales que se alimentan de ellos, por consiguiente, la productividad y la economía local.

Presentar una base de datos con información actualizada de los niveles minerales de forrajes en Veraguas, es una necesidad a nivel general para la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades ganaderas y los productores, acerca de programas adecuados de suplementación mineral para el ganado, beneficiando el bienestar, la salud y la productividad.

La determinación de los requerimientos nutricionales es un proceso en constante evolución, a medida que aumenta el nivel de producción, en consecuencia, las demandas de los animales se vuelven mayores (Marino *et al.*, 2015). Los minerales en la alimentación del ganado son muy importantes, ya que estos compuestos no pueden ser sintetizados por los animales y deben incluirse en la dieta (Ciria *et al.*, 2005). Los forrajes contienen suficientes minerales que permitirán a los animales sobrevivir mas no cubrir las necesidades de su potencial genético (Sánchez *et al.*, 1985).

La disponibilidad de los pastos en las diferentes zonas de Veraguas es una consecuencia de mal manejo de ellos, aunado a un cambio climático que afecta con fuertes y extensas épocas secas, también con épocas lluviosas pronunciadas que abarcan más tiempo de lo ya definido; esto afecta la composición del suelo, erosionándolo, lavando los nutrientes, lo que conlleva a dejar los suelos deficientes en nutrientes y a su vez los forrajes con niveles pobres.

El principal sistema de alimentación de ganado en la provincia de Veraguas es forraje asociado con suplementación de los nutrientes limitante. No obstante, dichas suplementaciones muchas veces son mal racionadas debido a la desinformación y desconocimiento de los productores acerca del requerimiento y perfil nutricional de los forrajes. Por este motivo, la determinación de los niveles de minerales en los pastos más comunes de la provincia de Veraguas en épocas de mayor y menor pluviosidad, para que de esta manera la información obtenida funcione de base para realizar programas de suplementación de forma adecuada a la realidad y atendiendo la necesidad de los animales.

ANTECEDENTES

Samudio (2016), sostiene que los pastos son 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.

Muchos investigadores del área de la nutrición animal sugieren que los elementos minerales del forraje se le debe dar un seguimiento de monitoreos mediante muestreos y análisis al menos cada dos décadas. Esto para garantizar calidad en información y por si hay alguna variación de los niveles minerales.

Maure & Rodríguez (1996), datos por él no publicado. Desarrollaron el último estudio de determinación, un procedimiento parecido al actual, donde se determinó los niveles minera de macro y micro minerales como se detalla en la siguiente tabla (información publicada por Samudio, 2001).

Tabla 1. Últimos valores del promedio de contenido mineral en pastos de Veraguas.

Minerales (%)	Época seca	Época lluviosa	Minerales (ppm)	Época seca	Época lluviosa
Ca	0.56	0.52	Fe	287.40	238.30
P	0.16	0.11	Zn	26.43	32.78
K	1.36	1.75	Mn	251.72	158.86
Na	1.32	2.06	Cu	Trazas	Trazas
Mg	0.32	0.32			

Fuente: Maure & Rodríguez, 1996

OBJETIVOS

Objetivo general

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

Objetivos específicos

- ❖ Determinar los minerales (Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) en la época de mayor y menor pluviosidad en ubicaciones seleccionadas de la provincia de Veraguas.
- ❖ Evaluar el nivel de materia seca de los pastos más comunes en la provincia de Veraguas.

HIPÓTESIS

H₀: No hay diferencias en los valores de minerales en pasturas entre época y localidad

H_a: Existe diferencia en los valores de minerales en pasturas entre época y localidad

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de los minerales en el bovino

Los minerales cumplen un papel importante en la nutrición porque, aunque no les proporcionan energía son esenciales para la utilización y síntesis biológica de nutrientes esenciales (Pérez *et al.*, 2011). Por ello, los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitante en la producción animal y su importancia radica en que son necesarios para la transformación de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales como leche, carne, crías, piel, lana y otros (Salamanca, 2010). Los micro minerales intervienen en varios procesos biológicos, como componente metaloenzimas y cofactores enzimáticos. Estos actúan a la vez como activadores de las enzimas que intervienen en los procesos intracelulares (Kumar *et al.*, 2011). En la actualidad, es reconocido que los minerales representan nutrientes esenciales que contribuyen en una serie de procesos dinámicos (anabólicos, catalíticos, reactivos y bioquímicos) requeridos para el mantenimiento, salud y la reproducción (Alpízar, 2023).

La nutrición mineral debe ser una prioridad para todas aquellas personas que manejan o administran los procesos de alimentación en todo sistema de producción animal (Patiño, *et al.*, 2011). La presencia de elementos minerales en el alimento brindado a los animales es vital para los procesos metabólicos de ellos. Los minerales son sustancia separadas de otros nutrientes esenciales como proteínas, grasas, carbohidratos y vitaminas. El ganado de pastoreo de los países tropicales a menudo no recibe suplementos minerales, excepto sal común y debe depender exclusivamente del forraje para sus necesidades de minerales (McDowell *et al.*, 1984).

Estudios en México (Morales *et al.*, 2007; Domínguez *et al.*, 2008; Vieyra-Aberto *et al.*, 2013) resaltan la importancia en evaluación mineral para identificar los desbalances de minerales y su interrelación, ya que los factores relacionados con el suelo, la planta y los animales pueden afectar la concentración y disponibilidad de los minerales, causando desequilibrios en los requerimientos de los animales.

En las regiones de trópico, donde la base de la alimentación del ganado en pastoreo son los forrajes, la dieta del ganado está estrechamente asociada al tipo de planta forrajera y a la cantidad de minerales acumulados en sus tejidos. Por tanto, el potencial nutritivo de un forraje para satisfacer los requerimientos nutricionales de un animal está en función de su composición nutritiva, consumo de materia seca, eficiencia del proceso de digestión y utilización de los productos finales de la digestión por el animal, así como de factores ambientales (Ventura, 2008)

Funciones orgánicas de los macro y micro minerales

Los minerales forman parte de la mayoría de las funciones en el metabolismo animal, como el desempeño reproductivo, mantenimiento del crecimiento, metabolismo energético, función inmune, procesos bioquímicos del organismo como la composición estructural y hormonal, participación en los fluidos intra y extracelulares y los catalizadores enzimáticos (Marino *et al.*, 2015 y Collet *et al.*, 2017). Según da Silva (2001), hay funciones de los minerales que no son propias de un elemento concreto, pero que pueden ser realizadas por más de un elemento al mismo tiempo.

Se pueden considerar tres grupos distintos:

Elementos que son componentes estructurales de órganos y tejidos del cuerpo (calcio, fósforo, magnesio y flúor)

Elementos constituyentes de los fluidos y tejidos corporales (sodio, potasio, cloro, calcio y magnesio)

Elementos que actúan como catalizadores del sistema enzimático y humoral en forma de componentes integrales específicos de la estructura metaloenzimática o como activadores menos específicos en dichos sistemas (manganeso, hierro, cobre, molibdeno, zinc) (Silva, 2001)

Según Cavalheiro (1992), los elementos inorgánicos clasificados como macroelementos o elementos necesarios en mayor cantidad también pueden clasificarse en cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio) y aniones (fósforo, cloro y azufre). Los microelementos son minerales requeridos en pequeñas cantidades por los animales y generalmente se expresan en partes por millón (ppm), pero son esenciales para el desarrollo normal de los animales (Oliveira *et al.*, 2010).

Calcio (Ca)

El calcio (Ca) representa del 1% al 2% de la composición del organismo animal, siendo responsable de procesos metabólicos, entre los que podemos mencionar: la mineralización ósea, la regulación metabólica, coagulación sanguínea, liberación de catecolaminas, respiración celular, contracción muscular, transmisión de impulsos nerviosos, entre otros (Oetzel, 2013). Es un nutriente esencial para llevar a cabo varias funciones vitales, como el proceso de síntesis de leche, contracción muscular y también desempeña funciones importantes como segundo mensajero o cofactor en numerosas vías metabólicas intracelulares (Bruno, 2010)

El Ca está presente en aproximadamente el 1.5 % del peso del animal, donde alrededor del 99% se encuentra en los huesos y dientes en forma de hidroxipatita y el resto que es alrededor del 1 % está presente en los fluidos corporales (Wilkens *et al.*, 2012). De acuerdo con Fraga & Blas (1981), el Ca presente en los fluidos corporales se encuentra principalmente en el plasma (extracelulares) en una concentración y aproximadamente 10 mg/dl entre estados: como ion libre (60%),

ligado a la proteína (35%), o mezclado con ácidos orgánicos como el ácido cítrico, o con ácidos inorgánicos como el fosfato.

El Ca tiene función de segundo mensajero en activación de la hormona paratiroidea, dado que una disminución de la concentración Ca plasmático activa la glándula paratiroides para aumentar la secreción de la hormona paratiroidea (HPT), la cual estimula la biosíntesis en forma metabólica de la vitamina D (1,25 dihidroxicolecalciferol) en el riñón a la vez se produce aumento de la reabsorción ósea activando la glándula tiroides para que se libere calcitonina, hormona producida en las “células C” tiroideas, la cual disminuye el nivel plasmático de Ca al inhibir la reabsorción ósea (Fraga & Blas , 1981).

El Ca controla la excitabilidad de los nervios y músculos. Una concentración reducida produce un aumento en la excitabilidad de las fibras nerviosas pre y post ganglionares y su exceso produce el efecto contrario, al volverlo hipo excitables. El Ca restringe al movimiento iónico del Na y del K al interactuar con las estructuras superficiales de la célula (Cancellón , 1978)

El Ca es esencial en la regulación de la función proteínica en la coagulación sanguínea. El calcio es necesario para estabilizar a un cierto número de proteínas, incluyendo enzimas, optimizando su actividad. La unión de iones de calcio es requerida para la activación de los siete factores “dependientes de vitamina K” en la cascada de la coagulación. El término “cascada de la coagulación”, hace referencia a una serie de eventos, cada uno dependientes del otro que detienen el sangrado a través de la formación de un coágulo (Delage, 2017).

La liberación del glutamato como neurotransmisor, el calcio de una manera dependiente libera de forma exógena y endógenamente, bajo diferentes condiciones de despolarización en concentraciones suficientes por estímulos fisiológicos para producir respuesta postsináptica (Usherwood , 1981)

Fósforo (P)

El P es un macromineral esencial con una gran cantidad de funciones biológicas importantes. De acuerdo con da Silva (2001), el P está entre los elementos minerales esenciales para la salud animal, el fósforo es el que cumple mayor número de funciones, además de su gran importancia como constituyente de los huesos. Alrededor del 80% en forma de fosfato tricálcico-trimagnésico. El fósforo es un elemento esencial de compuestos orgánicos que participan en casi todos los aspectos del metabolismo animal.

El P desempeña un papel estructural a nivel tisular, celular y molecular de cualquier organismo vivo. El fósforo en los huesos y dientes proporcionan a estos tejidos su rigidez y estabilidad característica. La integridad celular depende del P, que forma parte de los fosfolípidos que componen la membrana celular. El fósforo también se

incorpora en moléculas de ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN. La regulación del metabolismo a nivel celular depende en gran medida de la disponibilidad del P para la fosforilación, una reacción química en la que el P se añade a una enzima u otra molécula, modulando así la actividad biológica de esta molécula. La energía se transporta y almacena dentro de las células en forma de PO_4 alta energía de cautiverio, como ATP o creatina PO_4 . PO_4 es un amortiguador eficaz en fluidos biológico como el citosol, la orina o el líquido ruminal, lo que contribuye a mantener el equilibrio ácido-base en el organismo. Al ser el anión intracelular cuantitativamente más importante, el P contribuye en gran medida al potencial transmembrana y al equilibrio osmótico entre el espacio intracelular y extracelular (NRC, 2001 & Hill *et al.*, 2008).

Según Broudiscou *et al.* (1998), en los rumiantes, el fósforo que entra al tracto digestivo tiene efecto sobre el metabolismo de los microorganismos directa o indirectamente. Directamente, actúan como cofactores enzimáticos, elementos precursores de síntesis, o cambiando el pH y la osmolaridad del medio; indirectamente modifican la fisiología del hospedero. En los rumiantes, el P es un nutriente esencial para los microorganismos ruminales, donde es necesario para la fermentación de la celulosa y síntesis de proteína microbiana (Breves & Schoröder, 1991 & Burroughs *et al.*, 1951). El fósforo es esencial para el desarrollo de todos los microorganismos. Interviene en diferentes sistemas enzimáticos y es particularmente importante en la fermentación de los carbohidratos estructurales (Durand *et al.*, 1983 & Komisarczuk & Durand, 1991).

El fósforo también interviene en el control del apetito (aún no se comprende del todo) y en la eficiencia de utilización del alimento. La síntesis de P no pueden ocurrir en los tejidos donde su fuerte afinidad por los iones férricos proporciona capacidad antioxidante y la afinidad por los iones de calcio permite la participación en la regulación genética, exportación de ARN, reparación del ADN y la señalización celular (Suttle, 2010). El Fósforo mejora el apetito sexual, la fertilidad, el peso al nacimiento, la viabilidad del producto, la ganancia de peso diaria, la conversión alimenticia y el desarrollo corporal en general (Villanueva, 2010). Además, en las vacas se requieren grandes cantidades de P para sustentar el crecimiento fetal y la producción de leche; también en vacas jóvenes (vacas primerizas), la necesidad de P en la dieta es aún mayor debido a una alta demanda de crecimiento óseo, así como para la reproducción (Dixon *et al.*, 2017).

Potasio (K)

Según Silva *et al.* (2000), el potasio es conocido como el elemento mineral de mayor importancia nutricional para los animales. Es el tercer elemento mineral más común que se encuentra en los tejidos animales, razón por la cual más del 70% del potasio de cuerpo se encuentra en los músculos, la piel, el hígado y los huesos.

El potasio es el catión principal del líquido intracelular; actúa en el equilibrio ácido-base, la regulación de la presión osmótica, la conducción del impulso nervioso, la contracción muscular, en particular del músculo cardíaco, la función de la membrana celular y el Na^+/K^+ -ATPasa. También ayuda en la transferencia de fosfato del ATP al ácido pirúvico y probablemente tiene un efecto en muchas otras reacciones enzimáticas celulares básicos (Soetan *et al.*, 2010).

Es esencial para el almacenamiento de N, como constituyente de las proteínas musculares, en la pérdida de tejido muscular, la reposición debe incluir, además de los aminoácidos, K para fijar el N. También el potasio regula la transferencia de nutrientes a través de las membranas de las células, forma parte de los ribosomas, activa algunas enzimas intracelulares, contribuye a la formación de las células sanguíneas; además que tiene que ver con un rápido crecimiento de las mismas (Bell, 1995).

Con base en Dehning *et al.* (1987), se ha demostrado que el potasio afecta indirectamente con la reproducción del bovino, ya que debe haber una relación ideal potasio: sodio (K: Na) para la correcta reproducción. Al aumentar los niveles de sodio, disminuyen los de potasio, ocasionando principalmente problemas en la síntesis de hormonas sexuales, que a su vez repercuten negativamente en el ciclo estral normal de la hembra, además de problemas durante el parto (partos distócicos).

Sodio (Na)

Entre todos los minerales, el sodio es el elemento más deficiente en el mundo, por lo tanto, prácticamente ningún alimento utilizado para el ganado contiene de forma natural niveles adecuados de este elemento (Lopes, 1998). El sodio constituye el 90 % de los cationes en la sangre (González & Ceroni, 2019).

El Na está presente en el orden del 0,15 % del cuerpo animal. Dado que su función es más fisiológica que nutricional, su deficiencia es común. Una de las principales funciones de este elemento está asociada al mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base, además de participar en la absorción de carbohidratos. Aun así, aumenta la retención de líquidos y, en hembras primíparas, es un problema común el edema de ubre debido al bajo desarrollo circulatorio, siendo el principal medio de prevención o tratamiento la reducción en la dieta. El sodio también es un

componente de la saliva de los rumiantes que ayuda a mantener el pH ruminal para una buena digestión (da Silva, 2021).

Según Costa *et al.* (2016), el sodio contribuye a la contracción muscular, a la transmisión de los impulsos nerviosos y al transporte de otros nutrientes, como la glucosa. Además, el Na tiene función en la permeabilidad celular, interviene en el Na^+/K^+ ATP, mantenimiento de potenciales de membrana, transmisión de impulsos nerviosos y procesos de absorción de monosacáridos, aminoácidos, pirimidinas y sales biliares (Hays & Swenson, 1985; Malhotra, 1998 & Murray *et al.*, 2000). El Na participa en la absorción intestinal de algunas vitaminas (riboflavina, tiamina y ácido ascórbico), entre las propiedades particulares del Na en conjunto con el K incluyen su efecto sobre el mantenimiento y la capacidad de expansión de proteínas coloidales (González & Ceroni, 2019).

Magnesio (Mg)

Según Londoño *et al.* (2001), este mineral es abundante en la mayoría de los alimentos y representa alrededor del 0,05% del peso total del organismo animal. Encontrándose en su mayor parte (65%) en el esqueleto y en el resto tejidos blandos (33%) y líquidos extracelulares (1%). Constituye el segundo catión más grande (después del K) en el espacio intracelular (González & Ceroni, 2019). El magnesio es un ion útil en diferentes funciones del organismo, está unido en gran parte a las moléculas de ATP que tiene un papel muy importante en la vía de la fosforilación (que es una de las principales vías de producción de energía en el organismo). Por ello, el Mg es fundamental para que funcionen los tejidos, sobre todo en tejidos musculares y es importante para valorar la función del tejido muscular y cardíaco (Barros & Sinchi, 2012).

El Mg tiene múltiples funciones en el organismo. Mantiene la integridad estructural del esqueleto y los dientes. En otros tejidos, el magnesio es un componente activo de al menos 300 sistemas enzimáticos. También es un activador esencial de enzimas que tienen como cofactor el pirofosfato de tiamina y de enzimas que transfieren grupos fosfato, como el ATPasa, la mioquinasa y la CK (creatina quinasa), entre otras. El Mg activa el piruvato carboxilasa, el piruvato oxidasa y varias enzimas del ciclo de Krebs. Es esencial en la respiración celular, donde el Mg forma complejos con ATP, ADP y AMP. De esta manera, juega un papel esencial en todas las acciones y reacciones que requieren energía. El magnesio puede afectar la homeostasis del calcio en el organismo a través de dos mecanismos (González & Ceroni, 2019).

El magnesio es fundamental para numerosas funciones fisiológicas como: en el sistema neuromuscular interviene este catión en la excitabilidad neuronal y muscular, a lo largo del sistema cardiovascular afecta la contractibilidad e irritabilidad, cardioprotector, antihipóxico, anti isquémico, protege las paredes de los

vasos, vasodilatador, en el sistema sanguíneo antitrombótico estabiliza los eritrocitos y aumenta la producción de leucocitos y en otros sistemas es necesario en el crecimiento y maduración ósea, metabolismo mineral, interviene en la transmisión genética, activa la movilidad de los espermatozoides, activa las funciones hepáticas, interviene en la síntesis de surfactante pulmonar, necesario para la síntesis de hormonas, interviene en funciones antialérgicas (Barros & Sinchi, 2012).

Hierro (Fe)

El hierro, sin duda, es el elemento traza más abundante del organismo y su valor como constituyente de los animales es apreciado desde hace más 2000 años (Cerna, 2012). El Fe es el segundo metal mineral más abundante en la corteza terrestre (5%) (González & Ceroni, 2019).

El Fe juega un papel importante en varias enzimas responsables del transporte de electrones (citocromo), la activación de O₂ (oxidasas, oxigenasas) y el transporte de O₂ (hemoglobina, mioglobina). Las formas en que el Fe existe en el cuerpo incluyen formas complejas unidas a proteínas (hemoproteínas), compuesto hemo (hemoglobina, mioglobina), enzimas hemo (citocromo, catalasas, peroxidasa) y compuesto no hemo (flavoenzimas, transferrina, ferritina) (González & Ceroni, 2019).

El hierro es necesario para la mielinización adecuada de la médula espinal y la materia blanca de los pliegues cerebelosos del cerebro y neurotransmisores (Larkin & Rao, 1990). El hierro está involucrado en la síntesis y el empaquetamiento de neurotransmisores, su captación y degradación en otras proteínas que contienen hierro que puede alterar directa o indirectamente la función cerebral (Beard, 2001). El hierro es necesario para la producción de hemoglobina y es un prooxidante que también necesitan los microorganismos para su proliferación (Galan *et al.*, 2005).

Zinc (Zn)

El zinc es el tercer oligoelemento más comúnmente deficiente para el ganado de pastoreo (Arthington & Ranches, 2021). De acuerdo con Londoño *et al.* (2001), el zinc se distribuye uniformemente en los tejidos animales, a excepción de los tejidos especializados, que pueden contener niveles elevados. El zinc estabiliza la estructura cuaternaria de las enzimas y puede funcionar como un sistema enzimático en el metabolismo de los ácidos nucleicos, la síntesis de proteínas y el metabolismo de los carbohidratos.

El Zn participa como cofactor o activador de varias enzimas como lactato deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, anhidrasa carbónica, carboxipeptidasa, superóxido dismutasa, retinina reductasa, ADN y ARN polimerasa, por lo que está involucrado en procesos de proliferación celular síntesis de proteínas, con un efecto notable sobre los tejidos de rápido crecimiento (funciones reproductivas). Las

enzimas involucradas en el metabolismo de macronutriente y la replicación celular (Hays & Swenson, 1985; Arinola, 2008; González & Ceroni, 2019).

El Zn fomenta el desarrollo de los órganos reproductores, y la producción de esperma. Importante en la fabricación de colágeno que engruesa la piel y fortalece el pelo, cuernos y pezuñas. Participa en la cicatrización de heridas y quemaduras. Mantiene en buen estado el sistema inmune. Aumenta el sentido del gusto y el olfato. Es necesario para mantener el nivel de vitamina E en la sangre; como también aumenta la absorción de vitamina A e interviene en la formación de retinol, indispensable en los procesos de la vista (Tucker & Salmon , 1955).

Manganeso (Mn)

El manganeso se considera un buen indicador del estado del mineral (González & Ceroni, 2019). El Mn es un elemento esencial para la estructura normal de los huesos, la reproducción y el funcionamiento normal del sistema nervioso central (Silva *et al.*, 2000). Además, el Mn actúa como cofactor enzimático en vías relacionadas con la síntesis de ATP, tanto en el ciclo de Krebs, como en la fosforilación oxidativa en las reacciones de la fosfatasa alcalina y el piruvato oxidasa. El Mn es esencial en el desarrollo de la matriz orgánica de los huesos, que está compuesta básicamente por mucopolisacáridos (González & Ceroni, 2019).

El Manganeso es cofactor que activa múltiples metaloenzimas como el superóxido dismutasa, importante en el sistema antioxidante y se localiza en las mitocondrias, la arginasa y piruvato carboxilasa intervienen en el ciclo de la urea y participan en la gluconeogénesis, la glicosil transferasa necesaria para la síntesis de proteoglicanos en el tejido cartilaginoso, tiaminasa, enolasa y dipeptidasas intestinales (González & Ceroni, 2019 & Spears, 2019).

De acuerdo con Hurley (1981), el manganeso mantiene relación directa con la fertilidad de la hembra. El manganeso desempeña un papel en la actividad de determinados órganos endocrinos; participa como cofactor en la síntesis del colesterol, que es necesario para síntesis de hormonas esteroidales como la progesterona, el estrógeno y la testosterona (Keen & Zidenberg-Cheer, 1990). El manganeso en hembras gestantes cumple función del desarrollo normal del feto (Silva *et al.*, 2000).

Cobre (Cu)

El cobre es esencial para una serie de metaloenzimas que participan en gran medida en la coordinación de la función inmunitaria normal (Arthington & Ranches, 2021). El cobre desempeña un papel biológico importante como cofactor de varias enzimas dependientes del cobre (Sharma *et al.*, 2008) y puede influir en la concentración de hormonas tiroideas (Sharma *et al.*, 2005), lo que indica más vínculos con el metabolismo energético. El citocromo oxidasa es una enzima Cupro necesaria para el transporte de electrones en las mitocondrias para el metabolismo

energético de las reacciones biosintéticas dependientes del ATP (Kumar *et al.*, 2011).

El cobre es un componente importante de algunas metaloproteínas, muchas de las cuales son enzimas que participan en reacciones de oxidación-reducción, como el citocromo oxidasa, la monoamino oxidasa, superóxido dismutasa, la galactosa oxidasa, la lisil oxidasa, la ceruloplasmina (ferroxidasa), la tirosinasa, catalasa, la oxidasa de ácido ascórbico, la lactasa, la uricasa (Chandra, 1990 & González & Ceroni, 2019).

El Cu es un micronutriente esencial necesario para los sistemas hematológico y neurológico (Tan *et al.*, 2006). Es necesario para el crecimiento y la formación de los huesos, la formación de las vainas de mielina en los sistemas nerviosos ayuda a la incorporación de hierro en la hemoglobina, asiste en la absorción de hierro del tracto gastrointestinal (TGI) y en la transferencia de hierro de los tejidos al plasma (Malhotra, 1998 & Murray *et al.*, 2000).

Deficiencia de los macro y micro minerales

Luna & Roldan (2013), menciona que regularmente las deficiencias minerales se clasifican en primaria y secundaria. La deficiencia primaria acontece cuando no es suficiente la cantidad de minerales en la dieta y la deficiencia secundaria sucede cuando existe deficiencia por interacción de otros elementos.

Tabla 2. Deficiencias de macro y micro minerales

Mineral	Deficiencia
Macrominerales	
Calcio (Ca)	-Hipocalcemia -Distocias -Retención placentaria -Raquitismo y osteomalacia
Fosforo (P)	-Problemas de mineralización de huesos -Osteomalacia -Baja de apetito -Baja de producción y reproducción -Pica
Potasio (K)	-Hipocalcemia -Baja en el consumo de alimento y agua -Baja en rendimiento de leche -Baja en peso vivo -Pica
Sodio (Na)	-Deshidratación -Temblores, debilidad -Baja de apetito

	-Baja de consumo de alimento -Baja en el rendimiento de leche -Pica
Magnesio (Mg)	-Tetania hipomagnesemia -Retención placentaria
Microminerales	
Hierro (Fe)	-Anemia microcítico-hipocrómica en becerros
Zinc (Zn)	-Bajo consumo de alimento -Bajo crecimiento -Baja reproducción
Manganeso (Mn)	-Hipocalcemia -Bajo consumo de alimento y agua -Bajo rendimiento de leche -Baja en el peso vivo -Pica
Cobre (Cu)	-Decoloración de pelo -Diarrea -Retención de placenta -Anemia -Bajo crecimiento -Lesiones en el tronco encefálico y medula espinal

Fuente: Minson (1990); Underwood & Suttle (1999); NRC (2001); McDowell & Arthington (2005); McDonald *et al.* (2011); Gómez *et al.* (2019) citado por (Freire, 2021).

Requerimientos minerales

De acuerdo con McDonald *et al.* (2002); Spears & Kegley (2002), hay 22 minerales esenciales que se sabe que cumplen funciones específicas en el organismo y son necesario para los animales: calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S), que se consideran macrominerales; y hierro (Fe), cobre (Cu), Manganeso (Mn), cobalto (Co), molibdeno (Mo), Selenio (Se), cromo (Cr), estaño (Sn), vanadio (V), flúor (F), silicio (Si), níquel (Ni) y argón (Ar). Debido a su concentración, los macrominerales se expresan como g/kg de tejido animal y los microminerales como mg/kg de tejido animal (Costa *et al.*, 2016).

El requerimiento animal de minerales está influenciado por: tipo 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). Factores inherentes a los piensos o dietas, como las fracciones orgánicas o inorgánicas del mineral, la biodisponibilidad y la forma química del elemento, junto con aspectos relacionados con las

interasociaciones (antagonismo y agonismo) entre minerales también pueden influir en los requerimientos dietéticos (Costa *et al.*, 2016).

Tabla 3. Requerimientos minerales en el ganado bovino de carne

Elementos	Concentración
Macrominerales (%)	
Calcio	0.18 – 1.04
Fósforo	0.18 – 0.70
Potasio	0.60 – 0.80
Sodio	0.10
Magnesio	0.10 – 20
Microminerales (ppm)	
Hierro	50
Zinc	30 – 40
Manganeso	20 – 40
Cobre	8 – 10

Fuente: NRC, 2000.

Tabla 4. Requerimientos minerales en el ganado bovino de leche en base al estado productivo

Elemento	Crecimiento	Gestación	Lactación
Macrominerales (%)			
Calcio	0.40 – 80	0.16 – 0.27	0.28 – 0.58
Fósforo	0.22 – 0.50	0.17 – 0.22	0.21 – 0.39
Potasio	0.60	0.60	0.70
Sodio	0.06 – 0.08	0.06 – 0.08	0.10
Magnesio	0.10	0.12	0.20
Microminerales (ppm)			
Hierro	50	50	50
Zinc	30	30	30
Manganeso	20	40	40
Cobre	10	10	10

Fuente: NRC, 2001.

Tabla 5. Requerimientos minerales en el ganado bovino de leche en distintos periodos fisiológicos

Elemento	Secado	Preparto	Postparto
Macrominerales (%)			

Calcio	0.50	0.45	0.81 – 0.91
Fósforo	0.25	0.30 – 0.45	0.46 – 0.52
Potasio	0.65	0.52	1.0 – 1.5
Sodio	0.10 – 0.20	0.10 – 0.15	0.20 – 0.30
Magnesio	0.20	0.12	0.28 – 0.34
Microminerales (ppm)			
Hierro	50	60	100
Zinc	50	60	70 – 80
Manganeso	40	50	40
Cobre	12	15	11 – 25

Fuente: NRC, 2001)

Factores que afectan el contenido mineral en las pasturas

La calidad nutricional de los pastos está influenciada por factores como: la especie, época del año, nutrientes del suelo, las zonas de cultivo, acides y textura del suelo, fuente de agua, entre otros. La correcta evaluación y selección de los forrajes que se adapten a las condiciones agroclimáticas de cada región permitirá a los productores del trópico bajo incrementar la productividad y valor nutricional de los forrajes (Naranjo *et al.*, 2022).

La concentración de minerales en los forrajes depende de cuatros factores independientes:

- 1- Género, especie o variedad de la planta.
- 2- Tipo de suelo en el cual crece la planta
- 3- Condiciones climáticas durante el crecimiento
- 4- Estado de madurez de la planta

La importancia de estos factores en la concentración de minerales en el forraje depende parcialmente del manejo impuesto por el productor en su afán de producir mayor cantidad de pasto (fertilización, enmiendas, riego, variedades seleccionadas, entre otros). El manejo puede cambiar significativamente la composición mineral de las especies, en comparación de la composición encontrada originalmente en las mismas plantas creciendo sin manejo en la zona (Espinoza, 2003).

Factor como el estado de madurez de los pastos afecta significativamente el contenido mineral de las pasturas, puesto que entre mayor el tiempo de rebrote las concentraciones de Ca, P y Cu disminuyen, mientras que las concentraciones de Fe, Na y Mg se mantienen. Esto se debe a que varios de estos elementos se mantienen constantes en los órganos maduros y en los tallos de las plantas (Gomide & Zometa, 1976).

El contenido nutricional de los pastos varía en función de su sistema de explotación. En condiciones de pastoreo, la hojarasca, las deyecciones y la orina de los animales hacen una contribución importante a los nutrientes de las pasturas (Franzluebbers, 2010 & Crespo, 2012).

La disponibilidad de minerales traza (microminerales) es afectada por la actividad microbiológica presente en la rizosfera, que puede producir quelatos para liberar nutrientes esenciales que mejoran la disponibilidad y movilidad de los minerales traza en el suelo (Rajkumar *et al.*, 2012). No existe información concluyente sobre estos procesos y se plantea que las plantas y los microorganismos asociados pueden exudar compuestos que mejoran o reducen la movilidad de los microorganismos (Donner *et al.*, 2012).

METODOLOGÍA

Localización y caracterización del estudio

El mismo se realizó en la provincia de Veraguas, que es una de las tres principales provincias de producción ganadera del país. Presenta una superficie de 10,587.5 km². La división política de la provincia de Veraguas es de 12 distritos y 105 corregimientos. El clima en esta provincia es de un 85% trópico húmedo, 10% tropical muy húmedo y 5% templado muy húmedo de altura. Según el censo de población ganadera (2020), la provincia de Veraguas posee una población de ganado vacuno de 223,700 las cuales (168,900 ganado de cría), (19,200 ganado lechero) y (35,600 ganado de ceba); representando 14.9 % del total de la población de ganado vacuno de Panamá.

Selección de los lugares muestreados

Se recolectarán muestras de los pastos más comunes (*Digitaria swazilandensis* (Swazi), *Urochloa arrecta* (Tanner), *Urochloa humidícula*, *Urochloa brizantha* (Marandú), *Urochloa decumbens*), utilizados en la ganadería de algunos corregimientos de la provincia de Veraguas, para las épocas de mayor y menor pluviosidad. Los corregimientos para ser seleccionados debieron cumplir con una población ganadera mínima de 2000 cabezas.

Los corregimientos seleccionados de acuerdo a su población ganadera fueron:

Algarrobo	Llano Catival
Boro	Llano Grande
Calidonia	Montijo
Canto del Llano	Pilón
El Barrito	Ponuga
Guarumal	Puerto Vidal
La Colorada	Quebró
La Mesa	Rio de Jesús
La Raya de Santamaria	San Francisco
La Soledad	Soná
Las Palmas	Tebario

Estos corregimientos se distribuyeron en cuatro zonas:

Zona norte (1): La mesa, Boro, Las Palmas (Cab), San Francisco, (Cab) y Canto de Llano.

Zona Sur (2): Llano Catival, Quebró, Tebario, Pilón, Ponuga, Guarumal, La Soledad.

Zona Este (3): El Barrito, Montijo (Cab), La Colorada, La Raya de Santamaria, Algarrobo.

Zona Oeste (4): Llano grande, Puerto Vidal, Rio de Jesús (Cab), Soná (Cab), Calidonia.

Recolección de muestras

Se recolectaron muestras de pastos en parcelas de productores de las distintas localidades, a una altura del suelo semejando la altura del pastoreo. De las especies forrajeras se recolectó un mínimo de 300 g las cuales se colocaron en bolsa de ziploc que se sella y presenta sus datos correspondientes (fecha, lugar, especie forrajera y época).

Duración del estudio

La duración de este estudio fue de seis meses, la cual se realizó en los meses de mayor pluviosidad: agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2024. Los meses de menor pluviosidad: febrero y marzo del 2025

Métodos de análisis

- **Materia seca y humedad**
 1. Secado de la muestra en horno a 65° C durante 72 horas
 2. Molido de la muestra en malla de 1 mm
 3. Un peso 0.5 g de la muestra molida se colocó en la balanza de humedad a 105° C por 2.5 minutos.
 4. El resultado es la humedad expresada en porcentaje, restado a 100 obtenemos materia seca. Todo por método de triplicado.
- **Extracto de los minerales P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Na**
 1. Se pesan 2 gramos de la muestra molida.
 2. Se llevan a la mufla a 550°C por 8 horas.
 3. Se lleva a plancha y se le agrega 20 ml de HCl en proporción 1:1, se pone a digerir.
 4. Se filtra el resultado de la digestión y se afora un matraz volumétrico de 50 ml con agua destilada desionizada para obtener el extracto.
- **Lectura de P**
 1. En un tubo de ensayo 5 ml de extracto original de la muestra
 2. Se agrega 10 ml de NH_4MoVO_4 y se afora un matroz volumétrico de 50 ml
 3. Leer a 420 nm en el espectrofotómetro UV – Vis (Analytik – SPECORD 50 plus).
- **Lectura de K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Na**
 1. En un tubo de absorción atómica agrego 10 ml de extracto original de la muestra
 2. Se leen los minerales por el método de espectrofotometría utilizado el equipo de absorción atómica (Analytik Jena GmbH – novAA 400P).

Método estadístico

Los datos se analizaron a través de un diseño completamente al azar (D. C. A.), donde se evaluó en la época de mayor y menor pluviosidad en los lugares seleccionados de la provincia de Veraguas, mediante el siguiente modelo matemático:

Modelo lineal

$$Y_{ijkm} = \mu + E_{pi} + L_j(E_{pi}) + e_{ijkm}$$

Y_{ijkm} = Valor de la observación del mineral

μ = Media poblacional

E_{pi} = Efecto época

$L_j(E_{pi})$ = Efecto localidad anidado a época

E_{ijm} = error aleatorio

Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 365 para analizar. Los datos fueron sometidos a evaluación de los supuestos, utilizando la prueba de Shapiro Wilk's para valorar la normalidad y la prueba de Levene para valorar homogeneidad de las varianzas. Las variables que no mostraron una distribución normal y homogeneidad de varianza fueron evaluadas mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y las variables que sí cumplían con los supuestos fueron evaluados con una ANOVA. Se empleó un nivel de significancia de $\alpha p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia pre seca

Tabla 6. Porcentaje de materia pre seca (M.P.S)

Localidad	Época lluviosa (%)	Época seca (%)
La mesa	21.80	35.33
Boro	19.80	34.26
Las Palmas (Cab)	18.91	32.34
San Francisco (Cab)	28.53	44.34
Canto del Llano	25.17	30.75
Llano Catival	26.38	29.71
Quebró	31.61	27.34
Tebario	35.08	25.75
Pilón	24.56	27.39
Ponuga	27.21	39.96
Guarumal	21.42	37.99
La Soledad	21.58	33.60
El Barrito	30.27	30.23
Montijo (Cab)	16.62	29.98
La Colorada	22.32	31.51
La Raya de Santamaría	25.41	26.59
Algarrobo	23.11	25.17
Llano Grande	19.90	30.30
Puerto Vidal	28.38	30.69
Rio de Jesús (Cab)	18.11	27.67
Soná (Cab)	24.04	27.25
Calidonia	23.14	32.48

En los 22 corregimientos de la provincia de Veraguas, divididos en 4 zonas promediaron un valor de 27.82% de M.P.S. (24.24% y 31.39% en la época lluviosa y época seca respectivamente)

Tabla 7. Media con desviación estándar de M.P.S. en ambas épocas del año en zonas muestreadas

Zonas	Época Lluviosa MS (%)	Época Seca MS (%)	Valor de P
Zona Norte (1)	22.84± 3.57	35.40±4.74	0.0028**

Zona Sur (2)	26.83±4.68	31.68±5.19	0.1152
Zona Este (3)	23.55±4.44	28.70±2.40	0.0754
Zona Oeste (4)	22.71±3.6	29.68±1.96	0.0089**

En la tabla 7 nos evidencia que la comparación de las épocas en la zona norte y oeste presenta diferencias altamente significativas ($P > 0.05$) demostrando que hay diverso comportamiento en el % de M.P.S. entre épocas en estas zonas, mientras que, para la zona sur y este no presentó diferencias significativas; indicando que hay un comportamiento semejante en % M.P.S. entre las épocas. Este comportamiento se debe a que las zonas donde hubo diferencias están muy cercanas a la Cordillera Central, por lo que el clima en esas zonas es bastante variable a las otras zonas; también cabe resaltar que la época seca del presente año no comenzó al tiempo que se tiene predestinado, sino que se retrasó un mes más, como también hubo altos % de pluviosidad dentro de la época seca, esto se le acredita al cambio climático.

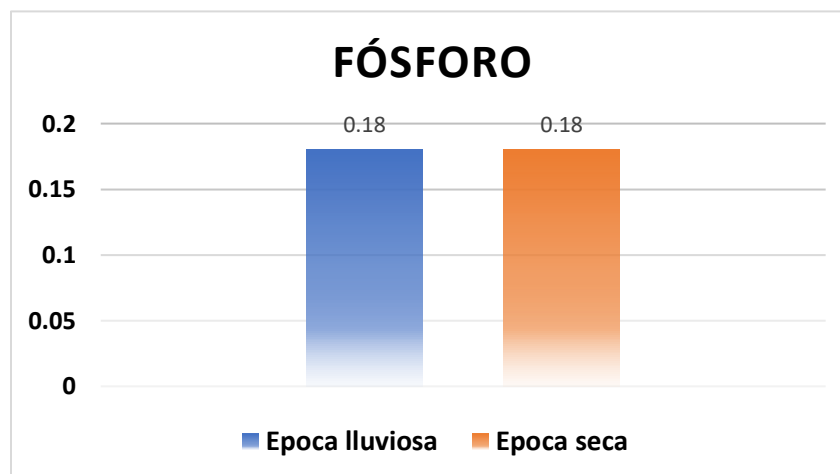
MACROMINERALES

Fósforo (P)

Tabla 8. Medias del efecto época para el fósforo en base seca.

Época	P%
Lluviosa	0.18
Seca	0.18

Gráfica 1. Medias del efecto época para el fósforo en base seca

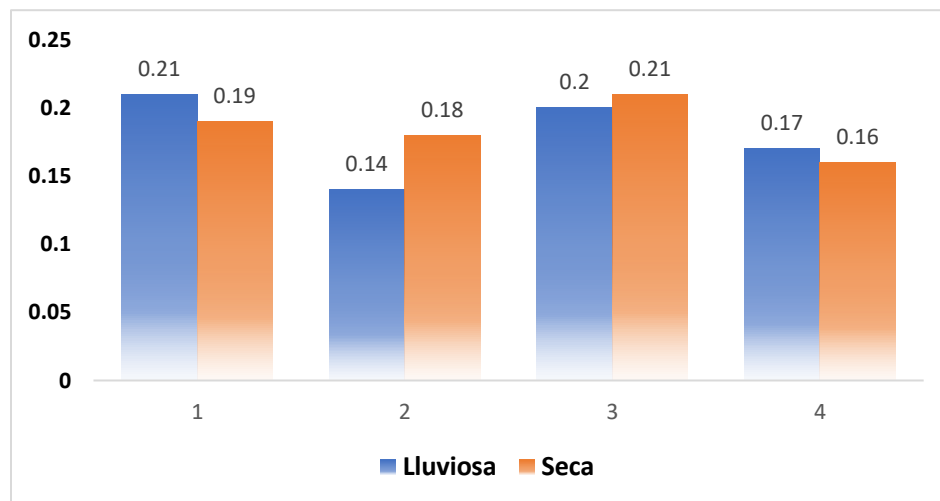


En la investigación se encontró un promedio de concentración mineral de 0.18 % el cual la gráfica (1) muestra 0.18% en época lluviosa y 0.18% en época seca. En este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre épocas. En cuanto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por (Samudio, 2001), se extrajeron valores de 0.11% en época lluviosa y 0.16% en época seca. Se observó una diferencia numérica de 0.07% en época lluviosa y de 0.02% en época seca. De acuerdo con McDowell & Arthington (2005), en la gran mayoría de países tropicales, altas cantidades de Fe y Al en el suelo acentúan la deficiencia de P al formar complejos de fosfatos insolubles, reduciendo la disponibilidad de absorción de P de la planta. Tejos (2001), menciona que el fósforo es un mineral importante en la alimentación de los animales, sin embargo, la concentración de fósforo en el pasto debe estar alrededor de 0.2%, no obstante, en este estudio los niveles de P están por debajo de ese rango.

Tabla 9. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el fósforo en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	0.21±0.08	0.19±0.11	0.754
2	0.14±0.03	0.18±0.04	0.0537
3	0.20±0.11	0.21±0.12	0.9168
4	0.17±0.05	0.16±0.02	0.9166

Gráfica 2. Medias del efecto época anidado a zona para el fosforo en base seca



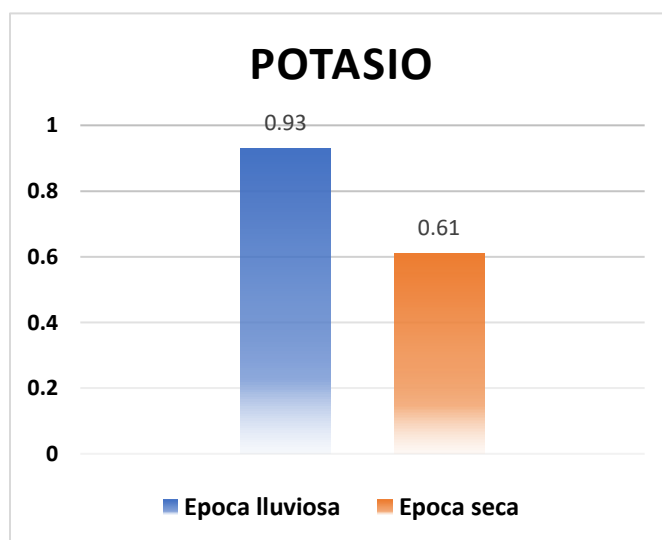
No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las zonas entre las épocas. El mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 1 en la época lluviosa y en la zona 3 en la época de verano con valores de 0.21%, mientras que la menor concentración se obtuvo en la zona 2 en la época lluviosa con valor de 0.14%. En el ganado de pastoreo, la deficiencia de elementos minerales más prevalente en todo el mundo es la falta de P (McDowell, 1976; Underwood, 1981). Según McDowell (1984), menciona la deficiencia de P en países de América Latina; dicha deficiencia es más prevalente en regiones de pastoreo tropicales que en las templadas. También se conoce que en las gramíneas tropicales hay muy poca o ninguna diferencia en la concentración de P entre las especies de una región determinada (Long *et al.*, 1970, Minson, 1990).

Potasio (K)

Tabla 10. Medias del efecto época para el potasio en base seca

Época	K%
Lluviosa	0.93
Seca	0.61

Gráfica 3. Medias del efecto época para el potasio en base seca

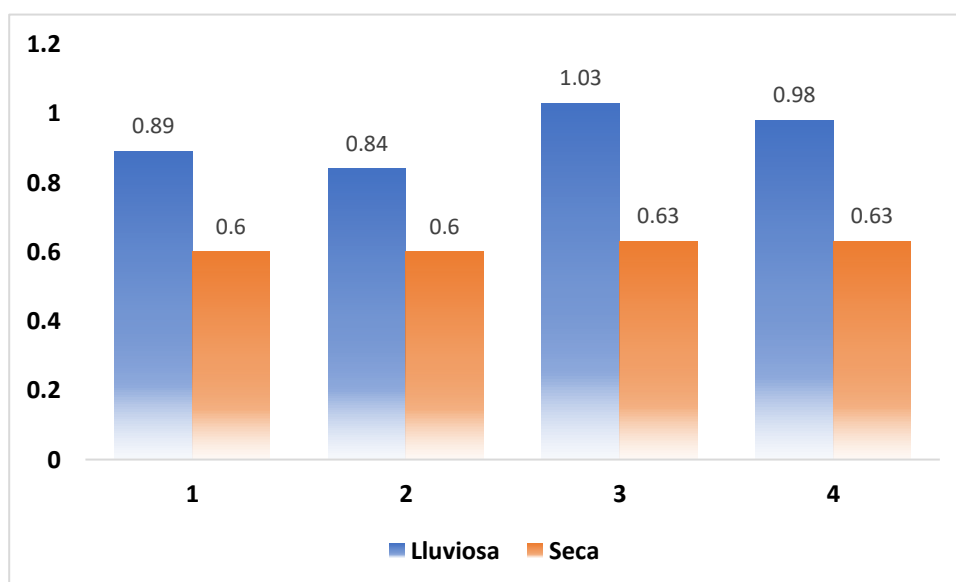


En el estudio se encontró un promedio de concentración mineral de 0.77%, distribuido en 0.93% en época lluviosa y 0.61% en época seca como se muestra en la gráfica 3. En cuanto a este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre épocas. Con respecto a los resultados obtenidos en esta provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por (Samudio, 2016), se obtuvieron valores de 1.75% en época lluviosa y 1.36% en época seca. Se observó una diferencia numérica de 0.82 % en época lluviosa y de 0.75% en época seca; lo que indica que este elemento en esta provincia ha disminuido porcentualmente para cada época del año. Para las concentraciones encontradas de K, las cuales en época de mayor pluviosidad fueron más altas que en época de menor pluviosidad, coincide con lo mencionado por Kawas *et al.*, (1993), quien señala que en regiones tropicales o subtropicales en época escasa agua o sequía se puede observar una reducción en la concentración de este mineral. Tal como hemos observado, sobre este particular McDowell & Arthington (2005), señalan que el descenso en el contenido de K se deba a una mayor absorción de otros elementos como lo son el Mg y Ca.

Tabla 11. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el potasio en base seca

Zona	Lluviosa	Verano	Valor de P
1	0.89±0.19	0.6±0.25	0.6584
2	0.84±0.24	0.6±0.30	0.6056
3	1.03±0.19	0.63±0.26	0.5573
4	0.98±0.20	0.63±0.28	0.5408

Gráfica 4. Medias del efecto época anidado a zona para el potasio en base seca



No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre zonas de las épocas. El mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 3 en la época lluviosa con valores de 1.03%, mientras que la menor concentración del elemento se obtuvo en las zonas 1 y 2 en la época de verano con valor de 0.60%.

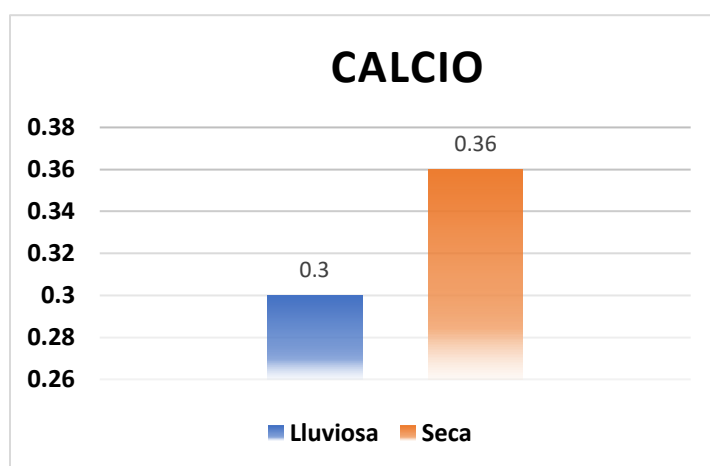
El potasio suele ser alto en el forraje, lo cual está relacionado con los complejos sistemas de transporte de las plantas, que permiten el acceso al mineral en condiciones de bajo y abundantes en el suelo (Arroyo-Aguila & Coward-Lord 1974; Morgan & Connolly, 2013).

Calcio (Ca)

Tabla 12. Medias del efecto época para el calcio en base seca

Época	Ca%
Lluviosa	0.30
Seca	0.36

Gráfica 5. Medias del efecto época para el calcio en base seca

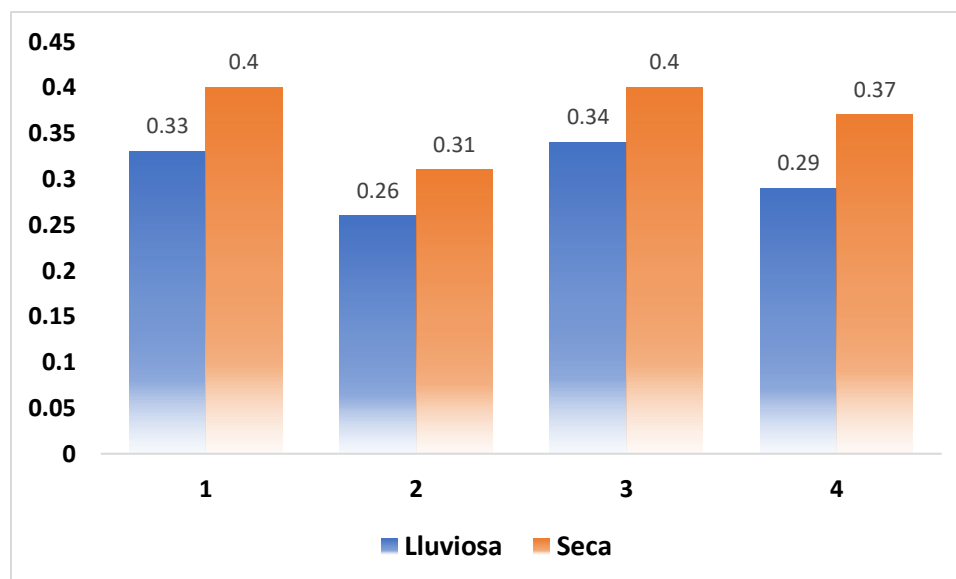


Se encontró un promedio de concentración del elemento mineral de 0.33%, distribuido en 0.30% en época lluviosa y 0.36% en época seca como se muestra en la gráfica 5. En cuanto a este elemento mineral se encontraron diferencias altamente significativas ($P > 0.05$) entre épocas. Con respecto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por (Samudio, 2016), se obtuvieron valores de 0.52% en época lluviosa y 0.56% en época seca. Se observó una diferencia numérica de 0.22 % en época lluviosa y de 0.20% en época seca. En este sentido, Leon *et al.* (2018), menciona que el calcio en los forrajes (gramíneas) varía entre 0.30 a 2.50%, por lo que los resultados obtenidos entran en el rango muy estrechamente, lo que indica que los porcentajes de calcio en esta región, además de disminuir numéricamente desde el último estudio, también entran en valores muy marginales.

Tabla 13. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el calcio en base seca.

Zona	Lluviosa	Verano	Valor de P
1	0.33±0.12	0.40±0.14	0.3457
2	0.26±0.06	0.31±0.04	0.1778
3	0.34±0.11	0.40±0.13	0.2448
4	0.29±0.04	0.37±0.05	0.0278*

Gráfica 6. Medias del efecto época anidado a zona para el calcio en base seca



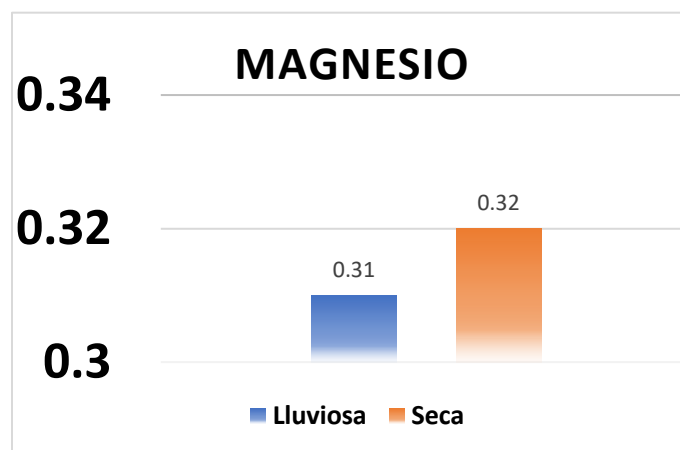
Para este elemento en el efecto época anidado a zona, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$). Se puede observar en la tabla 10, que la zona 4 presenta un valor de ($P < 0.05$), con datos de 0.29% en época de mayor pluviosidad y 0.37% en época de menor pluviosidad; mientras que en las otras 3 zonas no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$). Sin embargo, el mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en las zonas 1 y 3 en la época de verano con valores de 0.40%, mientras que la menor concentración del elemento se obtuvo en la zona 2 en la época lluviosa con valor de 0.26%.

Magnesio (Mg)

Tabla 14. Medias del efecto época para el magnesio en base seca

Época	Mg%
Lluviosa	0.31
Seca	0.32

Gráfica 7. Medias del efecto época para el magnesio en base seca

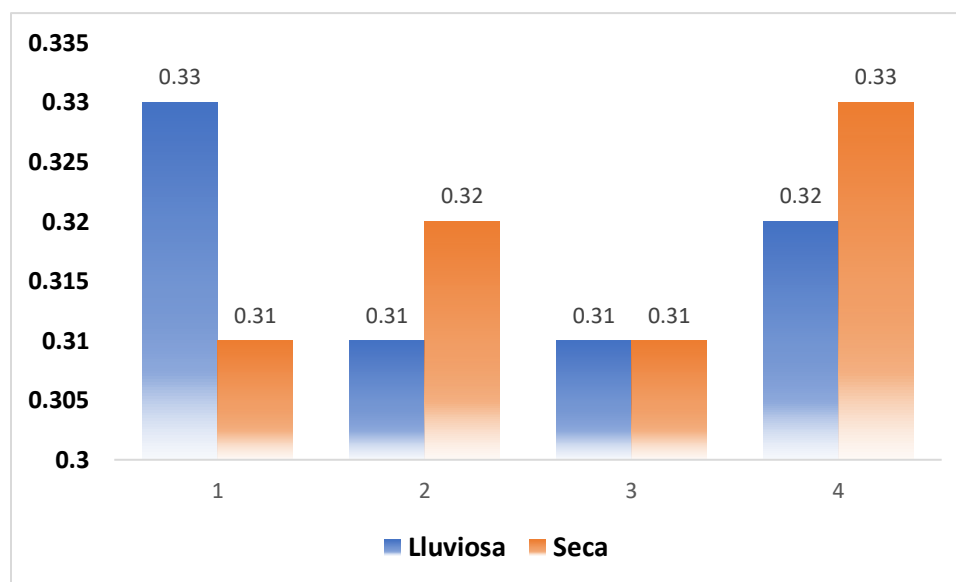


En la investigación se encontró un promedio de concentración mineral de 0.31 % el cual la gráfica 7 muestra 0.31% en época lluviosa y 0.32% en época seca. Para este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre épocas. En cuanto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996), se extrajeron valores de 0.32% para las dos épocas, donde se observa que no hay una diferencia numérica entre los estudios anteriores y el actual. Según León *et al.* (2018), el magnesio puede variar su concentración en forrajes entre 0.10 a 0.70 %; sin embargo, es menor en regiones donde la planta crece rápido como lo son las regiones templadas. De esta manera, los resultados obtenidos concuerdan con McDowell *et al.* (1977), que menciona que los forrajes tropicales tienen una mayor concentración, lo que satisface el ganado en pastoreo y previene trastornos metabólicos.

Tabla 15. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el magnesio en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	0.33±0.02	0.31±0.06	0.6714
2	0.31±0.05	0.32±0.03	0.898
3	0.31±0.02	0.31±0.03	0.9147
4	0.32±0.02	0.33±0.02	0.2017

Gráfica 8. Medias del efecto época anidado a zona para el magnesio en base seca



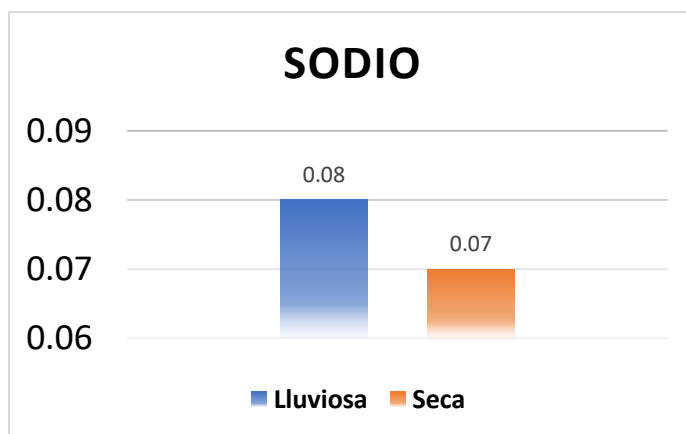
En la tabla 12, señala que no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las zonas entre las épocas. También se observa que el mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 1 en la época lluviosa y zona 4 en época de verano con valores de 0.33%, mientras que la menor concentración del elemento se obtuvo en diferentes zonas y distintas épocas, como también en las mismas zonas en las dos épocas con valores de 0.31%. Fairbourn & Batchelder (1980), indica que los niveles de magnesio en el forraje están estrechamente correlacionados con la relación Mg:K del suelo, por lo que debe ser 1:2 para producir forraje con 0.20% de Mg, tomando esto en cuenta para este estudio la relación sí aplica para cada zona obteniendo datos bastante acercados.

Sodio (Na)

Tabla 16. Medias del efecto época para el sodio en base seca

Época	Na%
Lluviosa	0.08
Seca	0.07

Gráfica 9. Medias del efecto época para el sodio en base seca

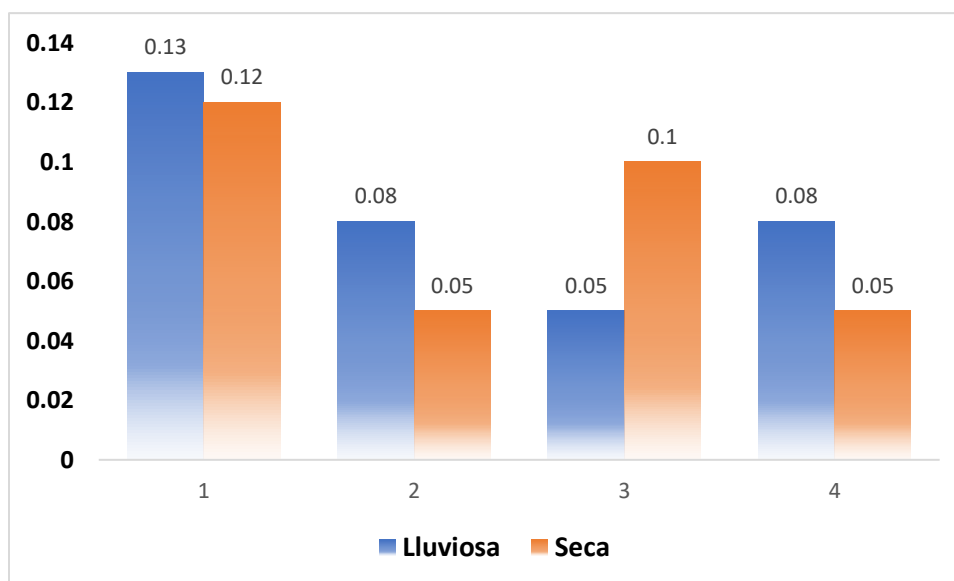


Se encontró un promedio de concentración del elemento mineral de 0.07%, con 0.08% en época lluviosa y 0.07% en época seca como se muestra en la gráfica 9. En este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre épocas. Con respecto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por (Samudio, 2016), se determinaron valores de 2.06% en época lluviosa y 1.32% en época seca. Se observó una gran diferencia numérica de 1.98 % en época lluviosa y de 1.32% en época seca. León *et al.* (2018), menciona que el sodio es un elemento que en los forrajes se encuentra en forma de sales y en la mayoría de los forrajes no contiene suficientes cantidades para cubrir las necesidades de los animales. Según McDowell & Valle (2000), los forrajes suelen tener entre 0.07 y 1.2 g de Na por Kg de MS, por lo que los valores obtenidos en esta región entran dentro de este rango.

Tabla 17. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el sodio en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	0.13±0.12	0.12±0.15	0.5993
2	0.08±0.13	0.05±0.09	0.7489
3	0.05±0.07	0.10±0.12	0.9155
4	0.08±0.07	0.05±0.06	0.4447

Gráfica 10. Medias del efecto época anidado a zona para el sodio en base seca



En la tabla 14, para este elemento no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en las zonas entre las épocas. También se observa que el mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 1 en la época lluviosa con un valor de 0.13%, mientras que la menor concentración del elemento se obtuvo en las zonas 2 y 4 en época de verano y en la zona 3 en época lluviosa con valores de 0.05%. Según NRC (2000), los valores obtenidos en cada zona en las dos épocas son inferiores a los niveles de requerimiento para ganado en pastoreo.

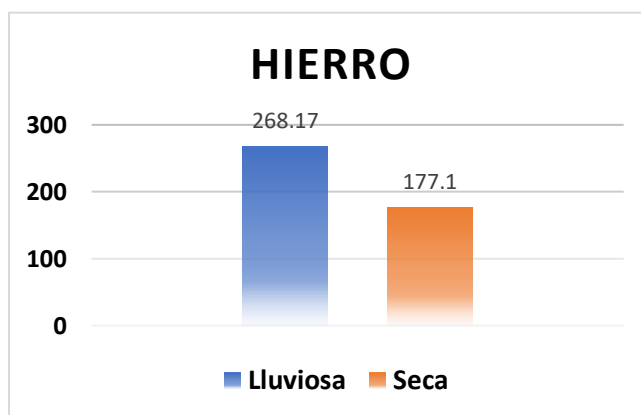
MICROMINERALES

Hierro (Fe)

Tabla 18. Medias del efecto época para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca

Época	Fe (ppm)
Lluvioso	268.17
Seca	177.10

Gráfica 11. Medias del efecto época para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca

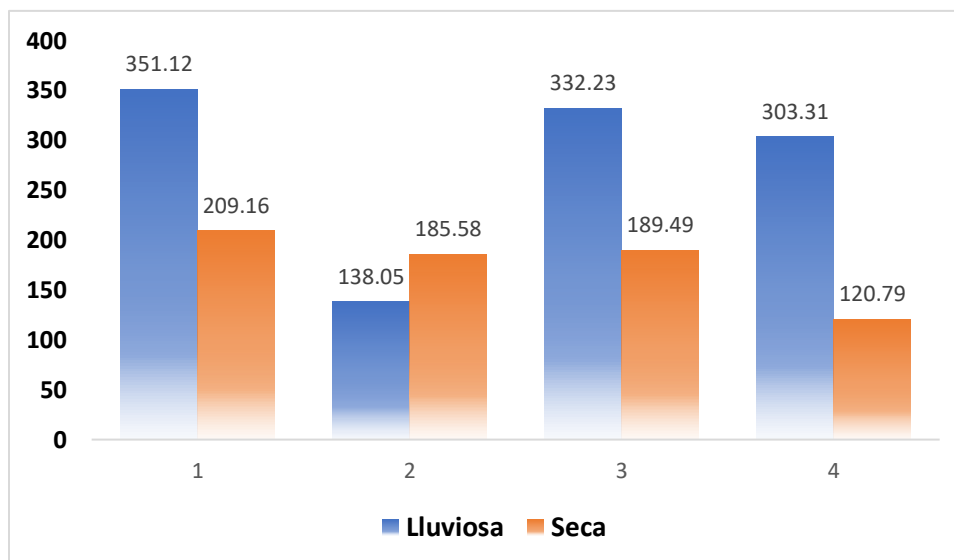


Para el Fe se encontró un promedio de 222.64 ppm tal cual se muestra en la gráfica 11, además se observan valores de 268.17 ppm en época lluviosa y 177.1 ppm en época seca. En este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre épocas. En cuanto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por (Samudio, 2016), se reportaron valores de 238.30 ppm en época lluviosa y 287.40 ppm en época seca. Se observó una diferencia numérica de 29.87 ppm en época lluviosa y de 110.3 ppm en época seca. El hierro se encuentra normalmente en forrajes de regiones tropicales en una cantidad suficiente para los requerimientos de los animales, esto se debe a que la mayoría de los suelos tropicales son ácidos (McDowell & Arthington, 2005).

Tabla 19. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	351.12±403.18	209.16±150.42	0.6015
2	138.05±143.73	185.58±94.38	0.1417
3	332.23±441.13	189.49±93.77	0.9168
4	303.31±109.97	120.79±72.79	0.0283*

Gráfica 12. Medias efecto época anidado a zona para el hierro en partes por millón (ppm) en base seca



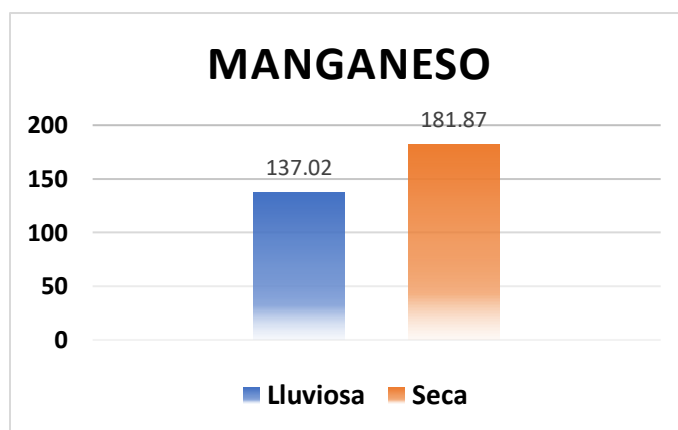
Para este elemento en el efecto época anidado a zona, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$). Se puede observar en la tabla 16, que la zona 4 presenta cifra significativa, con datos de 303.31 ppm en época lluviosa y 120.79 ppm en época seca; mientras que en las otras 3 zonas no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, la concentración con mayor nivel de hierro se obtuvo en la zona 1 en la época lluviosa con valores de 351.12 ppm, mientras que la menor concentración se obtuvo en la zona 4 en la época de verano con valor de 120.79 ppm. Guerrero *et al.* (2012), menciona que los forrajes tropicales se mantienen en un margen entre 112 – 374 ppm de MS, indicando que los valores obtenidos en este estudio están aceptables con lo descrito.

Manganeso (Mn)

Tabla 20. Medias del efecto época para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca

Época	Mn (ppm)
Lluviosa	137.02
Seca	181.87

Gráfica 13. Medias del efecto época para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca

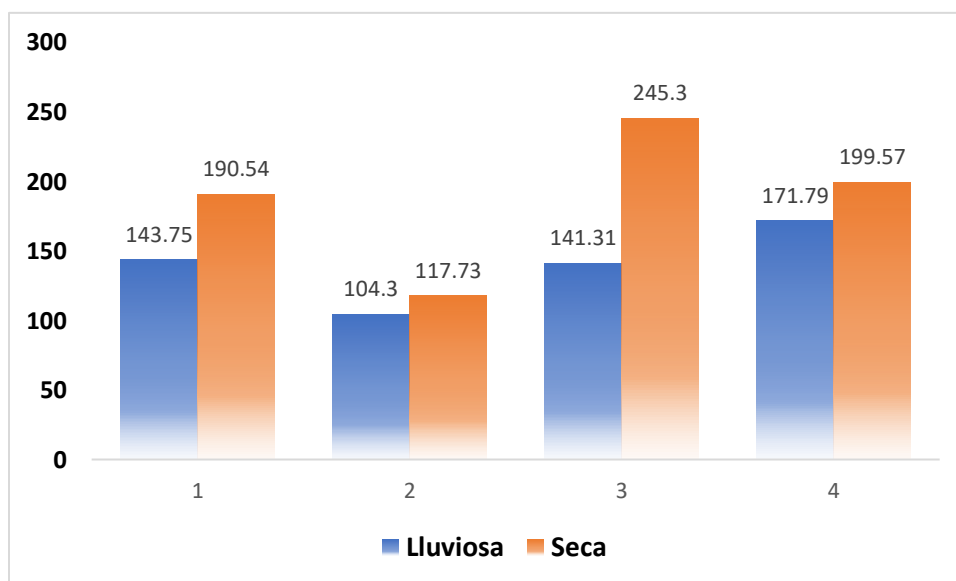


El promedio de concentración de manganeso indicó un nivel de 159.45 ppm. En la gráfica 13 se muestran valores de 137.02 en época lluviosa y 181.87 ppm en época seca. Para este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre épocas. En cuanto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por (Samudio, 2016), se encontraron valores de 158.86 ppm para la época lluviosa y 251.72 ppm en época seca. Según León *et al.* (2018), indica que los niveles actuales del elemento se consideran en el rango promedio, puesto que los niveles altos son por encima de 290 ppm y los niveles bajos son debajo de 48 ppm. Tebaldi *et al.* (2000), sostienen de qué el elemento no tiene una tendencia de presentar variación entre épocas, por lo que confirma los resultados de esta investigación. Estos niveles están por encima de los requerimientos establecidos por la NRC (2000), para el ganado en pastoreo.

Tabla 21. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	143.75±87.62	190.54±143.41	0.9168
2	104.30±44.30	117.73±66.79	0.848
3	141.31±59.85	245.3±137.14	0.0758
4	171.79±39.37	199.57±35.76	0.1745

Gráfica 14. Medias del efecto época anidado a zona para el manganeso en partes por millón (ppm) en base seca



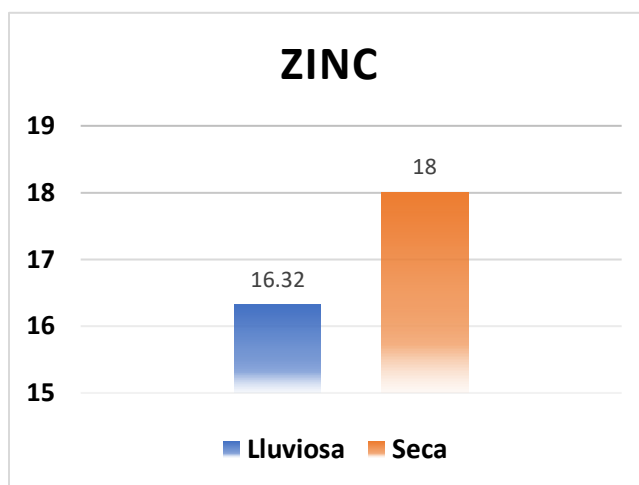
En la tabla 18, se observa que no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las zonas entre las épocas; asimismo se observa que el mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 3 en la época de verano con un valor de 245.3 ppm, mientras que la menor concentración del elemento se obtuvo en la zona 2 en la época lluviosa con un valor 104.3 ppm. Según la Gráfica 14, en las 4 zonas estudiadas, los niveles de Mn disminuyeron de la época seca a la época lluviosa, a lo que indica que presentaron una tendencia decreciente. Esto se debe a que en época seca el aumento de temperatura en el suelo favorece la reducción de los MnO_2 (óxido de manganeso) a formas más solubles de Mn, aumentando la disponibilidad en el forraje (INTAGRI, 2018)

Zinc (Zn)

Tabla 22. Medias del efecto época para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca

Época	Zn (ppm)
Lluviosa	16.32
Seca	18.00

Gráfica 15. Medias del efecto época para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca

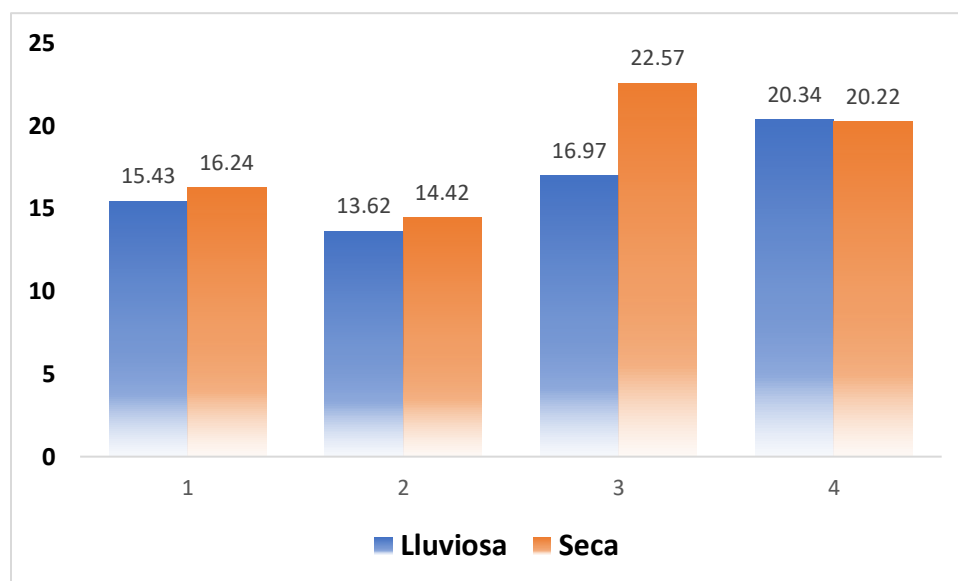


En el estudio se encontró un promedio de concentración de zinc de 17.32 ppm. En la gráfica 15 muestran valores de 16.32 en época lluviosa y 18 ppm en época seca. Para este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre épocas. En cuanto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por Samudio (2016), se indicaron valores con una notable diferencia de 32.78 ppm para la época lluviosa y 26.43 ppm para época seca. Según la NRC (2000), el requerimiento recomendado de Zn para el ganado vacuno de carne es de 30 mg /kg (ppm), de manera que los forrajes no suplen con los niveles adecuados de requerimiento. Esto se debe a que la presencia del Zn en los suelos tropicales, de forma natural, es escasa, por ende, la deficiencia de este micro mineral en las plantas (Faquin, 2005). Además, Buckman y Brady (1982), mencionan que la disponibilidad del Zn se ve afectada por el pH que se encuentre en el suelo pH de 5.2 a 5.9, es decir suelos ácidos, lo que incrementa su potencial de asimilación. No obstante, el IDIAP, en su mapa de zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes 2006, el micro mineral Zn es deficiente en más del 90% del territorio panameño, este fenómeno se presenta a pesar de que en el país predominan suelos con pH ácidos.

Tabla 23. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	15.43±6.64	16.24±10.83	0.754
2	13.62±6.17	14.42±4.86	0.848
3	16.97±6.86	22.57±10.91	0.6015
4	20.34±14.67	20.22±8.24	0.4647

Gráfica 16. Medias del efecto época anidado a zona para el zinc en partes por millón (ppm) en base seca



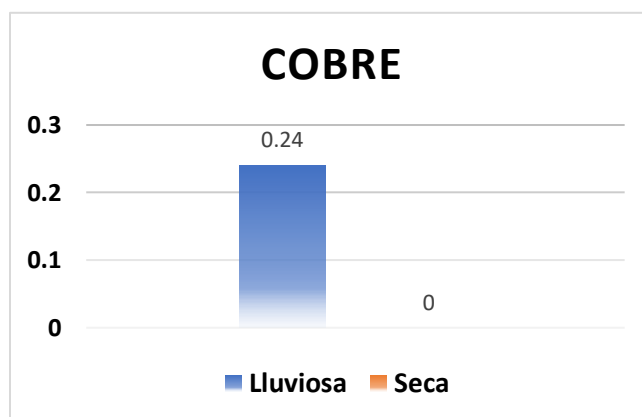
El análisis de los datos indicó que no existe significancia ($P > 0.05$) en las zonas entre las épocas; en la tabla 20 se observa que el mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 3 en la época de verano con un valor de 22.57 ppm, mientras que la menor concentración del elemento se obtuvo en la zona 2 en la época lluviosa con un valor 13.62 ppm. León *et al.* (2018), menciona que los pastos se consideran con un bajo contenido de Zn en la materia seca inferior a 26 ppm y alto sobre los 70 ppm, lo que evidencia los bajos niveles encontrados en la investigación. En la Gráfica 16 se observa que los valores más altos fueron en época seca que en época lluviosa, Laredo & Gómez (1980), señalan que se debe a que los forrajes tropicales en época lluviosa crecen muy rápido, lo que resulta que la concentración de zinc se diluya en toda la superficie foliar.

Cobre (Cu)

Cuadro 24. Medias del efecto época para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca

Época	Cu (ppm)
Lluviosa	0.24
Seca	0

Gráfica 17. Medias del efecto época para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca

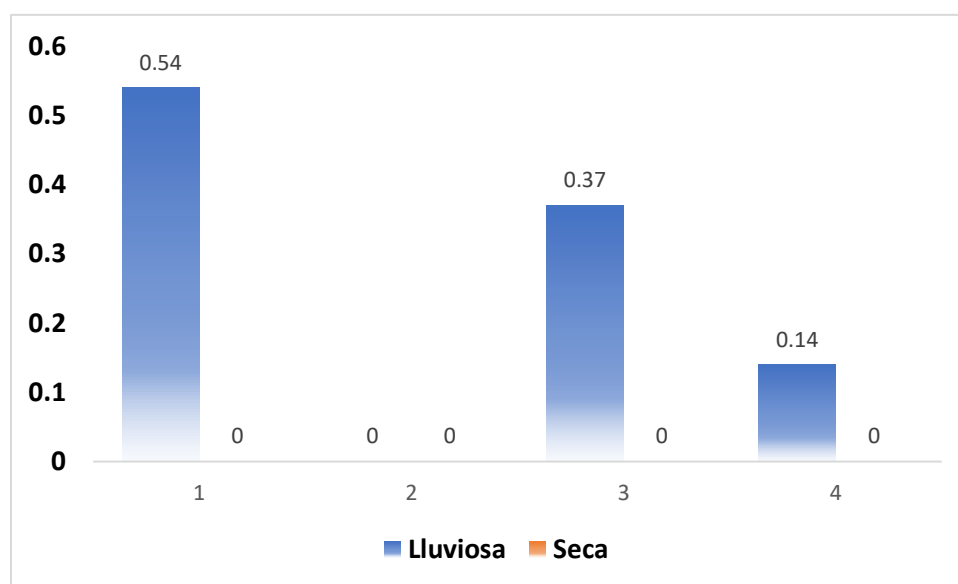


En la investigación se encontró un promedio de concentración de cobre de 0.12 ppm. En la tabla 21 muestra valores de 0.24 en época lluviosa y 0 ppm en época seca. En este elemento mineral no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre épocas. En cuanto a los resultados obtenidos en la misma provincia por Maure & Rodríguez (1996) citado por Samudio (2016), se observó que los valores eran demasiado bajos para ser significativos, por lo que se determinó que con la terminología trazas para este elemento en ambas épocas. León *et al.* (2018), encontró que en el forraje se considera concentración baja el contenido inferior a 10 ppm alto cuando los valores están por encima de 31 ppm, determinando que el promedio de concentración encontrado en la época lluviosa está en un punto medio de los niveles mencionados.

Cuadro 25. Medias más desviación estándar del efecto época anidado a zona para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca

Zona	Lluviosa	Seca	Valor de P
1	0.54±1.22	0	0.3173
2	0	0	1
3	0.37±0.84	0	0.3173
4	0.14±0.32	0	0.3173

Gráfica 18. Medias del efecto época anidado a zona para el cobre en partes por millón (ppm) en base seca



No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las zonas entre las épocas; asimismo se observa que el mayor nivel de concentración del elemento se obtuvo en la zona 1 en la época lluviosa con un valor de 0.54 ppm, mientras que en todas las zonas en época de verano y en la zona 2 en época lluviosa se encontraron solo niveles trazas. Probablemente después del P el Cu es el elemento más limitante en la producción animal en pastoreo; los bajos niveles de este elemento en los forrajes está relacionado con la deficiencia en los animales (Laredo & Gómez, 1980). Hartman (1974), indica que no existe relación entre el contenido de cobre en los forrajes y el suelo. Además, Lebdoesoekojo (1977), encontró que los forrajes nativos y mejorados tienen niveles de cobre más bajos en época lluviosas comparados con la época seca; sin embargo, en la gráfica 18 se observa que esta característica no se presenta en esta región.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se determinaron los niveles minerales de calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu) en los pastos más comunes de la provincia de Veraguas, cumpliéndose así el objetivo general planteado. Los resultados obtenidos permitieron conocer la composición mineral de los pastos evaluados, evidenciando variaciones entre épocas y zonas.

Se determinó que los niveles minerales de los pastos presentaron variaciones entre la época de mayor y menor pluviosidad en las ubicaciones seleccionadas, lo que indica que las condiciones climáticas influyen en la disponibilidad y concentración de minerales. Estas diferencias afectan el valor nutricional de los pastos utilizados en la alimentación animal en Veraguas.

Asimismo, se evaluó el contenido de materia seca de los pastos más comunes de la provincia de Veraguas, observándose diferencias entre las épocas evaluadas, lo cual es un factor importante a considerar en el manejo y aprovechamiento de los recursos forrajeros.

En conclusión, los resultados de este estudio aportan información relevante sobre la composición mineral y el contenido de materia seca de los pastos de la provincia de Veraguas, constituyendo una base para la toma de decisiones en programas de nutrición y manejo de la producción animal en la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpízar, J. F. (2023). La suplementación mineral del ganado: Revisión de principios y tecnologías aplicadas, para mejorar el desempeño productivo. *Yulok Revista de Innovación Académica*, 7(2), 119-129. doi:<https://doi.org/10.47633/yulk.v7i2.594>
- Arinola, O. G. (2008). Essential trace elements and metal binding proteins in Nigerian consumers of alcoholic beverages. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(6), 763-765.
- Arroyo-Aguilu, J., & Coward-Lord, J. (1974). Mineral composition of 10 tropical forage grasses in Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 58(4), 426-436.
- Arthington, J. D., & Ranches, J. (2021). Trace mineral nutrition of grazing beef cattle. *Animals*, 11(10), 2767.
- Barros, G. F., & Sinchi, M. E. (2012). *Determinación de las concentraciones de calcio, fósforo, magnesio, proteínas totales, urea y glucosa en suero sanguíneo de vacas lecheras holstein mestizas en producción aparentemente sanas, en el Cantón Cuenca*. Cuenca- Ecuador: Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana.
- Beard, J. L. (2001). Iron biology in immune function muscle metabolism and neuronal functioning. *The Journal of Nutrition*, 131(2), 5685-5802.
- Bell, F. R. (1995). Perception of sodium appetite in farm animals. En C. J. Phillips, & P. C. Chiy, *Sodium in Agriculture* (págs. 82-90). Reino Unido : Canterbury .
- Breves, G., & Schoröder, B. (1991). Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutrition Research Reviews*, 4, 125-140.
- Broudiscou, L., Papon, Y., & Broudiscou, A. (1998). Effect de la supplémentation minérale sur le métabolisme azoté des micro-organismes du rumen, étude en fermenteur à effluent double. *Ses Rencontres Autour des Recherches sur les Ruminants* (pág. 249). Paris : Institut de l'élevage .
- Bruno, R. G. (2010). Nutrition and reproduction in modern dairy cows. *Mid-South Ruminant Nutrition Conference*, 19, 51-56.
- Buckman, R., & Brady, N. (1982). *The nature and properties of soils* (Octava ed.). New York: The Macmillan Company.
- Burroughs, W., Latona, A., DePaul, P., Gerlaugh, P., & Bethke, R. M. (1951). Mineral influences upon urea utilization and cellulose digestion by rumen microorganisms using the artificial rumen technique. *Journal of Animal Science*, 10(3), 693-705.
- Cancellón, A. (1978). *Nutrición animal practica 1* (2da ed.). Barcelona, España : Aedos.
- Cavalheiro, A. C., & Sturm, D. (1992). *Os minerais para bovinos e ovinos criados em paste*. Porto Alegre: SAGRA-DCLuzzatto.
- Cerna, P. J. (2012). *Metabolismo mineral en bovino de carne y leche*. Cajamarca - Peru: Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca.

- Chandra, R. K. (1990). Micronutrients and immune functions. An Overview. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 587(1), 9-16.
- Ciria, J., Villanueva, R., & Ciria, J. (2005). Avances en nutrición mineral en ganado bovino. *IX Seminario de Pastos y Forrajes*. (págs. 50-69 pp). San Cristobal: Universidad Nacional Experimental de Táchira.
- Collet, S. G., Demeda, M. A., Taffarel, G. V., Taffarel, L., Girardini, L. K., Nesi, C. N., . . . Do Rego, M. L. (2017). Effecto of injectable trace mineral supplement and vitamins A and E on production and milk composition of Holstein cows. *Revista de Ciencias Agroveterinárias*, 16(4), 463-472.
- Costa, L. F., Valadares, S., Pizzi, P., Marcondes, M. I., Zanetti, D., Gionbelli, M., . . . Paulino, M. F. (2016). Exigências de minerais para bovino de corte. En S. d. Valadares, L. F. Costa, M. Pies, P. Pizzi, M. I. Marcondes, M. L. Chizzotti, & L. Franco, *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE* (Tercera ed., págs. 221-258). Vicosa: Livaria UFV.
- Costa, L. F., Valadares, S., Pizzi, F., Marcondes, M. I., Zanetti, D., Gionbelli, M., . . . Paulino, M. (2016). Mineral requirements for beef cattle. En S. Valadares, L. Costa, M. Gionbelli, P. Pizzi, M. Marcondes, M. Chizzotti, & L. Prados, *Nutrient requirements of zebu and crossbred cattle* (Tercera ed., págs. 213-250). Viçosa: Universidad Federal de Viçosa.
- Crespo, G. (2012). *El reciclaje de nutriente y su impacto en sistemas ganaderos en el occidente de Cuba*. La Habana : Tesis doctoral, Universidad Agraria de la Habana Fructuosa Rodríguez Pérez.
- da Silva, E. I. (2021). *Nutrição e suplementação mineral de bovino de corte*. Belo Jardim: IFPE.
- Dehning, R., Ehlers, J., & Grunert, E. (1987). The etiology and diagnosis of fertility disorders in dairy cows. *Dtsch Tierarzt Wochenschr*, 94(10), 554-559.
- Delage, B. (1 de Mayo de 2017). *Oregon State University*. Obtenido de Linus Pauling Institute: <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/calcio#>
- Dixon, R. M., Kidd, L. J., Coates, D. B., Anderson, S. T., Benvenuti, M. A., Fletcher, M. T., & McNeill, D. M. (2017). Utilising mobilisation of body reserves to improve the management of phosphorus nutrition of breeder cows. *Animal Production Science*, 57(11), 2280-2290. doi:<https://doi.org/10.1071/AN17324>
- Domínguez, I., & Huerta, M. (2008). Concentración e interrelación mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos épocas en el Valle de Toluca, Mexico. *Agrociencias*, 42, 173-183.
- Donner, E., McLaughlin, M., Hodson, M., Heemsbergen, D., Warne, M., Nortcliff, S., & Broos, K. (2012). Ageing of zinc in highly-weathered iron-rich soils. *Plant and Soil*, 361, 83-95.
- Durand, M., Beaumatin, P., & Dumay, C. (1983). Estimation in vitro à l'aide du phosphore radioactif des besoins en phosphore des microorganismes du rumen. *HAL Open Science*, 23(4), 727-739.
- Espinoza, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pasto*. Quito, Ecuador: IPNI.

- Fairbourn, M., & Batchelder, A. (1980). Factores influencing magnesium in high planis forage. *Journal of Range Management*, 33(6), 435-438.
- Fraga, M., & Blas, C. (1981). *Alimentación de los rumiantes*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Franzluebbers, A. (2010). Soil organic carbon in managed pastures of the southeastern United States of America. En M. Abberton, R. Conant, & C. Batello, *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics* (Vol. 10, págs. 163-175). Rome: FAO.
- Freire, O. d. (2021). *Importancia de los minerales en la producción bovina lechera*. Babahoyo - Los Ríos - Ecuador : Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo.
- Galan, P., Viteri, F. E., Bertrais, S., Czernichow, S., Faure, H., Arnaud, J., . . . Hercberg, S. (2005). Serum concentrations of β -carotene, vitamins C and E, zinc and selenium are influenced by sex, age, diet, smoking status, alcohol consumption and corpulence in a general French adult population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 59(10), 1181-1190.
- Gómez, J., Del Campo, M., & González, M. (2019). Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(1), 80-89.
- Gomide, J. A., & Zometa, A. T. (1976). *Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales*. Departamento de Ciencia Animal. Florida: Universidad de Florida.
- González, F. H., & Ceroni, S. (2019). *Minerais e vitaminas no metabolismo animal*. Porto Alegre: LACVet UFRGS.
- Guerrero, M., Ramírez, R., González, H., Cerrillo, A., & Juárez, A. (2012). Mineral content in range forages from north Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, 40(2), 102-107.
- Hartman, J. (1974). Tracing and treating mineral disorders in cattle under field conditions. *Element Metabolism in Animals Symposium Production* (págs. 27-31). Baltimore: Park Press.
- Hays, V. W., & Swenson, M. J. (1985). *Minerals and Bones in: dukes' physiology of domestic animals* (Decima ed.). Ithaca: Cornell University Press.
- Hill, S. R., Knowlton, K. F., Kebreab, E., France, J., & Hanigan, M. D. (2008). A model of phosphorus digestion and metabolism in the lactating dairy cow. *Journal of dairy Science*, 91(5), 2021-2032.
- Hurley, L. S. (1981). Teratogenic aspects of manganese, zinc, and copper nutrition. *Physiological reviews*, 61(2), 249-295.
- INTAGRI. (2018). El manganeso en nutrición vegetal. *Artículos Técnicos de INTAGRI*(113), 5.
- Kawas, J., Armienta, G., & Kawas, J. (1993). *Suplementación mineral del ganado en pastoreo*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Departamento de nutrición y control de calidad. Monterrey, N.L., Mexico: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Keen, C. L., & Zidenberg-Cheer, S. (1990). Manganese. En M. L. Brown, *Present Knowledge in Nutrition* (Sexta ed., pág. 532). Washington D. C: International Life Sciences Institute Press.

- Komisarczuk, S., & Durand, M. (1991). Nutrient requirement of rumen microbes . *In 3 International Symposium on Nutrition of Herbivores* (págs. 133-141). Malasia : Sosiety of Animal Production .
- Kumar, S., Kumar, A., Abdul, W. A., & Kumar, D. (2011). Importance of micro minerals in reproductive performance of livestock. *Veterinary World*, 4(5), 230-233.
- Laredo, M. A., & Gómez, J. (1980). Fluctuaciones minerales en pastos tropicales Braquiaria en los Llanos Orientales. *Revista ICA*, XV(2), 71-78.
- Lebdosoekojo, S. (1977). *Mineral supplementation of grazin beef cattle in eastern plains of Colombia*. Gainesville : Tesis Doctoral University of Florida.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador siembre y produccion de pasturas* (Primera ed.). Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Londoño, F. I., Bento , A., & Soares , A. (2001). *Suplementação mineral para gado de corte Novas Estratégias* (Primera ed.). Minas Gerais: Aprenda Fácil.
- Long, M., Thornton, D., Ndyababo, W., Marshall, B., & Ssekaalo, H. (1970). The mineral status of dairy farms on the parts of Buganda ans Busoga bordering Lake Victoria, Uganda II- Nitrogen and mineral content of pastures. *Tropical Agriculture*, 47(1), 37-50.
- Lopes, H. O. (1998). *Suplementação de baixo custo para bovinos, mineral e alimentar*. Brasília, DF: Embrapa.
- Luna, M. L., & Roldan, V. P. (2013). Perfil minera en bovino lecheros de Santa Fe, Argentina. *Revista Veterinaria*, 24(1), 47-52.
- Malhotra, V. K. (1998). *Biochemistry for students* (Decima ed.). New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Marino, C. T., & de Medeiros, S. R. (2015). Minerais e vitaminas na nutricao de bovino de corte. En S. d. de Medeiros, *Nutricao de Bovino de Corte: Fundamentos e Aplicacoes* (págs. 78-94). Brasília, DF.: Embrapa.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition* (Septima ed.). (P. Education, Ed.) Inglaterra: Prentice Hall.
- McDonald, P., Edwards, R., & Greenhalgh, J. (2002). *Animal Nutrition* (Sexta ed.). London and New York: Longman.
- McDowell , L., & Valle , G. (2000). Major minerals in forages. En D. Givens, E. Owen, R. Axford, & H. Omed, *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition* (Decima ed., págs. 373-397). London, UK: CABI.
- McDowell, L. (1976). Minerals deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countires. *In: Proceedings of Beef Cattle Production in Developing Countries* (págs. 216-241). Edinburgh, UK: Centre For Tropical Veterinary Medicine.

- McDowell, L. R., & Arthington, J. D. (2005). *Minerals for grazing ruminants in tropical regions* (Cuarta ed.). Gainesville, Florida: University of Florida, Centro for Tropical Agriculture .
- McDowell, L., Conrad, J., & Ellis, G. (1984). Mineral deficiencias and imbalances and their diagnosis. En F. M. Mackei (Ed.), *In Symposium on Herbivore Nutrition in Subtropics and Tropics*, (págs. 67-88). South Africa.
- McDowell, L., Conrad, J., Thomas, J., Harris, L., & Fick, K. (1977). Nutritional composition of Latin American forages. *Tropical Animal Production*, 2(3), 273-279.
- Minson, D. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. (E. Science, Ed.) Wisconsin: Academic Press.
- Morales, A., Domínguez, M., González, E., Jaramillo, O., Castelán, S., Pescador, B., & Huerta, M. (2007). Diagnostico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. *Tecnica Pecuaria Mexico*, 45(3), 329-344.
- Morgan, J., & Connolly, E. (2013). Plant-Soil interactions: nutrient uptake. *Nature Education Knowledge*, 4(8), 2.
- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., & Rodwell, V. W. (2000). *Harpe's Biochemistry* (Vigésimo quinta ed.). (H. P. Division, Ed.) New York: McGraw-Hill.
- Naranjo, L. F., Rodríguez, N., & Uron, C. A. (2022). Caracterización bromatológica de pastos en seis municipios del Departamento del Norte de Santander; Colombia. *Scientia et Technica*, 27(4), 245-252.
- National Research Council NRC. (2000). *Nutrient requirements of beef cattle* (Septima ed.). Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council NRC. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (Septima ed.). Washington, D.C.: National Academy Press.
- Oetzel, G. R. (2013). Oral calcium supplementation in peripartum dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29(2), 447-455.
- Oliveira, C. C., & de Mattos, F. (2010). Funções e sintomas de deficiência dos minerais essenciais utilizados para suplementação dos bovinos de corte. *UNICIÊNCIAS*, 14(2), 199-223.
doi:<https://doi.org/10.17921/1415-5141.2010v14n2p%25p>
- Patiño, R., Da Silva, J., & Pérez, J. (2011). Modelos de predicción de exigencias minerales para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3, 344-365.
- Pérez, M. A., Peña, F. A., & Benítez, M. J. (2011). Sales minerales en la ganadería de leche bovina. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2(2), 65-90.
doi:<https://doi.org/10.22579/22484817.583>
- Rajkumar, M., Sandhya, S., Prasad, M., & Freitas, H. (2012). Perspectives of plant-associated microbes in heavy metal phytoremediation. *Biotechnology advances*, 30(6), 1562-1574.
- Salamanca, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *REDVET. Revista Electronica de Veterinaria*, 11(9), 1-10.

- Samudio , A. (2016). *Minerales en pastos de Panamá métodos para calcular mezclas para suplementación* (Primera ed.). Panamá: Univesidad de Panamá.
- Sánchez , J., Vargas, E., Campabadal , C., & Benavides , A. (1985). Contenido mineral de los forrajes suero sanguíneo de ganado bovino en los cantones de cans, bagaces y liberia de la provincia de Guanacaste, durante epoca lluviosa. *Agronomía Costarricense*, 9, 149-154 p.
- Sharma , M. C., Joshi, C., Pathak, N. N., & Kaur, H. (2005). Copper status and enzyme, hormone, vitamin and immune functio in heifers. *Research in Veterinary Science*, 79(2), 113-123.
- Sharma, M. C., Joshi, C., & Das, G. (2008). Therapeutic management of copper deficiency in buffalo heifers: impact on immune function. *Veterinary Research Communications*, 32(1), 49-63.
- Silva, S. (2001). *Importância da suplementação mineral para bovinos de corte* (Primera ed.). Campo Grande, Brazil: Embrapa.
- Silva, S., Baruselli , M., & Sampaio , G. (2000). *Os dez mandamentos da suplementação mineral*. Brazil: Guaíba: Agropecuária.
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animal and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5), 200-222.
- Spears, J. W. (2019). Boron, chromiun, manganese, and nickel in agricultural animal production. *Biological Trace Element Research*, 188(1), 35-44.
- Spears, J. W., & Kegley, E. B. (2020). Effect of zinc source (zinc oxide vs zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, 80(10), 1747-2752.
- Suttle, N. F. (2010). *The mineral nutrition of livestock* (Cuarta ed.). Reino Unido: CABI International.
- Tebaldi, F., Coelho, F., Maldonado, H., & Lima, J. (2000). Composição Mineral das Pastagens das Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 2. Manganês, Ferro, Zinco, Cobre, Cobalto, Molibdênio e Chumbo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(2), 616-629.
- Tejos, R. (2001). Alternativas de manejo de pastura para bovinos post destete . *XII Jordanadas Tecnicas de Ganaderia en el estado de Tachira*, 19-35.
- Tucker , H. F., & Salmon , W. D. (1955). Parakeratosis or zinc deficiency disease in the pig. *Proceeding of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 88(4), 613-616.
- Underwood , E. J., & Suttle , N. F. (1999). *The mineral nutrition of livestock* (Tercera ed.). Wallingford : CABI International.
- Underwood, E. (1981). *The mineral nutrition of livestock* (2nd ed.). Farnham Royal, Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Usherwood , P. (1981). Glutamate synapses and receptors on insect muscle. *Advances in Biochemical Psychopharmacology*, 27, 183.93.

- Ventura, M. (2008). Alimentación: Rol en lasostenibilidad del sistema de producción de ganaderia doble proposito. En C. González , N. Madrid, & E. Soto , *Desarrollo Sostenible de la Ganadería Doble Proposito* (págs. 423-436). Maracaibo, Venezuela : Ediciones Astro Data S.A. .
- Vieyra, R., Domínguez , I., Olmos, G., Martínez , J., Borquez, J., Palacio, J., . . . Morales , E. (2013). Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la huasteca Potosina, México. *Agrociencia*, 47(2), 121-133.
- Villanueva , G. J. (1 de Enero de 2010). *Producción Animal*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/128-fosforo.pdf
- Wilkens , M. R., Oberrheide, I., Schröder, B., Azem, E., Steinberg, W., & Breves, G. (2012). Influence of the combination of 25-hydroxyvitamin D3 and a diet negative in cation-anion difference on peripartal calcium homeostasis of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 151-164.