



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

**CONTENIDO MINERAL EN GRAMÍNEAS
COSECHADAS A DISTINTA FRECUENCIA DE CORTE
EN ÉPOCA DE LLUVIAS EN COCULA, GUERRERO,
MÉXICO.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

LUCINO GERARDO ARZATE VÁZQUEZ

ASESORES:

M.V.Z., M.C. FRANCISCO A. CASTREJÓN PINEDA

M.V.Z., M.Sc. RENÉ ROSILES MARTÍNEZ



México. D.F.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.	1
I. INTRODUCCIÓN.	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	4
2.1 Funciones de los minerales en los animales.	4
2.2 Necesidades de minerales para la producción del ganado.	5
2.3 Fuentes naturales de minerales.	6
Factores que afectan el contenido de minerales en las plantas (suelo, especie, parte de la planta, fertilización y época del año).	7
2.4	
2.5 Requerimientos minerales del ganado.	8
2.6 Concentraciones minerales de los forrajes en las épocas del año.	10
2.7 La incidencia de deficiencias minerales y toxicidades.	11
2.8 Elementos minerales.	12
2.8.1 Calcio y Fósforo.	12
2.8.2 Sodio.	16
2.8.3 Potasio.	17
2.8.4 Magnesio.	19
2.8.5 Hierro.	20
2.8.6 Cobre.	21
2.8.7 Manganeso.	25
2.8.7 Zinc.	27
III. JUSTIFICACIÓN.	30
IV. HIPÓTESIS.	30
V. OBJETIVOS.	30
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.	31
6.1 Descripción del sitio experimental.	31
6.2 Diseño experimental.	32

6.3 Análisis de laboratorio.	32
6.3.1 Preparación de la muestra.	32
6.4 Análisis estadístico.	33
VII. RESULTADOS.	34
7.1 Concentración de minerales en el suelo de estudio.	34
7.2 Variación en el contenido de minerales.	34
7.2.1 Calcio.	34
7.2.2 Fósforo.	35
7.2.3 Sodio.	36
7.2.4 Potasio.	37
7.2.5 Magnesio.	38
7.2.6 Hierro.	39
7.2.7 Manganeso.	40
7.2.8 Zinc.	41
VII. DISCUSIÓN.	42
8.1 Variación en el contenido de minerales en las gramíneas.	42
8.1.1 Calcio.	43
8.1.2 Fósforo.	44
8.1.3 Sodio.	45
8.1.4 Potasio.	47
8.1.5 Magnesio.	48
8.1.6 Hierro.	49
8.1.7 Cobre.	50
8.1.8 Manganeso.	51

8.1.9 Zinc.	52
IX CONCLUSIONES.	54
X REFERENCIAS.	55

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Contenido mineral del suelo experimental (Cocula, Gro.).	34
Cuadro 2. Contenido de fósforo en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte.	35
Cuadro 3. Contenido de sodio en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte.	36
Cuadro 4. Contenido de sodio en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.	36
Cuadro 5. Contenido de potasio en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte.	37
Cuadro 6. Contenido de magnesio en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.	38
Cuadro 7. Contenido de manganeso en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.	40
Cuadro 8. Contenido de zinc en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.	41
Cuadro 9. Contenido de zinc en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte en 3 diferentes géneros.	41
Cuadro 10. Contenido de calcio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	43
Cuadro 11. Contenido de fósforo (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	44
Cuadro 12. Contenido de sodio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	46
Cuadro 13. Contenido de potasio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	47
Cuadro 14. Contenido de magnesio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	48
Cuadro 15. Contenido de hierro (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	49
Cuadro 16. Contenido de cobre (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.	50

Cuadro 17. Contenido de manganeso (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

51

Cuadro 18. Contenido de zinc (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

53



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido de calcio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	34
Figura 2. Contenido de fósforo en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	35
Figura 3. Contenido de sodio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	36
Figura 4. Contenido de potasio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	37
Figura 5. Contenido de magnesio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	38
Figura 6. Contenido de hierro en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	39
Figura 7. Contenido de manganeso en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	40
Figura 8. Contenido de zinc en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS.	62
ANEXO I.	63
Cuadro 19. Base de datos utilizada para el análisis de varianza de los resultados del experimento.	63
ANEXO II.	
Cuadro 20. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de calcio.	64
Cuadro 21. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de fósforo.	65
Cuadro 22. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Sodio.	66
Cuadro 23. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Potasio.	67
Cuadro 24. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Magnesio.	68
Cuadro 25. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Hierro.	69
Cuadro 26. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Manganeso.	70
Cuadro 27. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Zinc.	71

AGRADECIMIENTOS

A DGAPA UNAM

Por las facilidades para realizar este trabajo de investigación que pertenece al Proyecto PAPIIT IN-215310. Agradezco infinitamente por sus atenciones cada vez que lo necesité y la ayuda económica que me proporcionaron a lo largo de la tesis, ya que solventó importantes gastos en la elaboración de los datos para obtener este escrito.

A mis padres

Por enseñarme el valor de la vida, la familia; por procurarme día con día, por sus grandes logros ya que por ellos he aprendido todo lo que soy: “siempre logra tus metas y cuando lo hagas proponte más”. Por su dedicación, aprecio y cariño sin importarles lo que pasara siempre estaban conmigo en las buenas, malas y “más o menos”.

Simplemente por darme todo.....

A mi hermana

Gracias a ti “soy lo que soy” ya que siempre me diste el mejor ejemplo para hacer las cosas, me enseñaste a no rendirme y lograr siempre todos los objetivos, que sí se atraviesa un obstáculo solo se tiene que brincar para conseguir tu propósito por eso y más siempre serás “Super Güera”.

A mis tíos

Por cuidarme, procurarme y quererme “a su forma, a su forma” sin importarles nada siempre fueron un gran apoyo para llevar a cabo este trabajo.

Dr. Castrejón

Por ser mi emblema a seguir en este camino de tropiezos y metas cumplidas, por darme la fortaleza cuando más lo necesitaba y por mostrarme la vida con el sentido de la paciencia y la sabiduría.

Dr. Bobadilla

Por confiar en mí y enseñarme a recorrer el camino de la vida cruzando ríos, montañas, valles sin importar que tan lejana fuera la meta a conseguir. Por alentarme siempre en lo académico, intelectual y emocional.

Dra Hilda

Por preocuparse y más que nada ocuparse en mí, otorgándome todas las armas necesarias para enfrentar la gran pelea de superación en la vida “solo quiero que sean los mejores allá afuera y que nadie les gane” muchas gracias.

Q. Águeda

Sin ti el laboratorio no hubiera tenido sentido y sin duda no habrían salido bien las cosas, por tu ejemplo y sobre todo paciencia te doy las gracias y estoy en deuda contigo.

Dr. Angeles

Por su gran ejemplo de superación ya que uno puede alcanzar cualquier triunfo teniendo en claro que todo en esta vida tiene una solución.

Yamadi

Por enseñarme a crecer, madurar y prosperar día tras día. Te doy las gracias por el profundo sentimiento que me hiciste descubrir ya que eso fue el motor que me llevo a anhelar-soñar-desear-querer-hacer y posteriormente poder –tener- en claro cuáles eran mis metas.

RESUMEN

ARZATE VÁZQUEZ LUCINO GERARDO. **CONTENIDO MINERAL EN GRAMÍNEAS COSECHADAS A DISTINTA FRECUENCIA DE CORTE EN ÉPOCA DE LLUVIAS EN COCULA, GUERRERO, MÉXICO.** (Bajo la asesoría de: MVZ Francisco Alejandro Castrejón Pineda y MVZ René Rosiles Martínez).

Con el objetivo de cuantificar el contenido mineral (Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn) en 3 géneros de gramíneas, y comparar su concentración entre géneros en el forraje cosechado a las 4, 6 u 8 semanas de rebrote. En parcelas de 3 m x 6 m, sembradas desde 2009; en el jardín de introducción del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario (CSAEGRO), ubicado en Cocula, Gro. Primero se realizó un corte de uniformización del forraje (14/07/11), posteriormente en distinta fecha dentro de la época de lluvias (11/08/11, 25/08/11, 08/09/11), se cosechó un surco dentro de cada parcela a las 4, 6 u 8 semanas de rebrote, a 15 cm del suelo. Por el método de cuarteo se integraron aleatoriamente dos muestras de aproximadamente 250 g, se deshidrataron en un horno de convección a 55 °C durante 48 horas. Una vez deshidratadas cada una se molió en un molino de cuchillas Willey con criba de 1 mm; se peso 1 g del forraje y se incineró en crisoles de porcelana a 500 °C durante 16 horas para realizar la digestión adicionando 15 mL de ácido clorhídrico (1+3) y llevarlas a ebullición en una parrilla a 250 °C por 20 minutos. Las muestras se recuperaron por filtración y aforaron a 50 mL de agua des ionizada, se enfriaron y almacenaron en recipientes (100 mL) de plástico con tapa, hasta el análisis de: Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, y Zn, mediante espectrofotometría de absorción atómica; Na y K por el método de emisión atómica. Además el P se cuantificó por espectrofotometría UV visible utilizando la técnica con molibdo vanadato (965.17; AOAC, 1995). La evaluación por género y semana de rebrote se realizó utilizando un diseño experimental de medidas repetidas donde se observó la concentración de minerales de los géneros *Brachiaria spp.*, *Panicum spp.* y *Andropogon*

spp. en una frecuencia de cosecha a las 4, 6 y 8 semanas de rebrote utilizando cuatro repeticiones por género para cada semana de cosecha. Los resultados por género y distinta edad de rebrote se evaluaron por medio del análisis de varianza para el diseño experimental anteriormente descrito. Cuando existió diferencia significativa entre tratamientos (géneros) se realizó la comparación de medias a través de la prueba de Tukey (SAS, 2000). En macro minerales la concentración de Ca (0.37%) no registró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos. El P presentó una diferencia significativa en la semana 4 respecto a la 8 semana de corte ($P = 0.0296$). El Na mostró una diferencia significativa ($P = 0.0277$) entre la semana 6 y 8 de corte; y en este elemento el género *Brachiaria* registró mayor ($P = 0.0186$) concentración respecto al género *Panicum*, éste último tuvo mayor ($P = 0.0169$) cantidad respecto al género *Andropogon*. En los datos del K se encontró una diferencia significativa respecto a la semana de corte ($P = 0.0222$) de la semana 4 a la 6 y de la semana 4 a la semana 8 de corte ($P = 0.0031$) respectivamente. Para el caso de Mg el análisis arrojó una diferencia significativa ($P = 0.0382$) en cuanto al género *Panicum* respecto al género *Andropogon*. En los microminerales, el Fe (213 mg/kg), no mostró diferencia significativa en los tratamientos. En el Mn se encontró una diferencia significativa ($P = 0.0228$) entre los géneros *Brachiaria* y *Panicum*; y ($P = 0.0102$) con el género *Brachiaria* respecto al género *Andropogon*. El Zn mostró una diferencia significativa ($P = 0.0068$) entre el género *Brachiaria* y *Panicum* y este último (0.0104) con el género *Andropogon* respectivamente. Los valores de Cu no fueron cuantificables para realizar el análisis estadístico. Con base a los requerimientos de los rumiantes el Ca, K, Mg, Fe y Mn satisfacen la etapa de mantenimiento, crecimiento y lactación de los bovinos productores de carne, ovinos y caprinos sin embargo, el contenido de P, Na, Cu y Zn no satisface las necesidades de dichas especies animales.

I. INTRODUCCIÓN.

En los países tropicales como México, la alimentación de los rumiantes se basa en el pastoreo ya que por excelencia dichos países no son productores de granos y cereales, esto se da por la búsqueda de estrategias de alimentación del ganado con los recursos propios que se generen en el área, constituyendo uno de los rasgos esenciales para la producción pecuaria (González y Cáceres, 1996). Se tiene en cuenta que si los pequeños rumiantes se suplementan bajo condiciones de pastoreo se obtienen mejores resultados de producción (Sánchez, 2012) ya que los forrajes no siempre aportan la cantidad necesaria de nutrimentos para cubrir sus necesidades.

Los elementos minerales han demostrado su esencialidad en la dieta de los animales para desarrollar normalmente las funciones vitales del individuo. Estos elementos no son sintetizados por el organismo por ello deben ser incluidos en la dieta (NRC, 2001). Se clasifican como macro minerales calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S); o micro minerales hierro (Fe), cobre (Cu), yodo (I), cobalto (Co), manganeso (Mn), zinc (Zn) y selenio (Se), en función de la cantidad necesaria para el organismo. Los elementos minerales intervienen en diversas funciones en el metabolismo particularmente cuando se demanda una elevada producción de leche, carne y otros productos. La cantidad necesaria por día es diferente en cada especie y depende de la etapa fisiológica del animal (Church, *et al* 2006).

Los minerales desempeñan cuatro funciones importantes: estructural, fisiológica, catalítica y reguladora. Los animales obtienen minerales a través de los forrajes que ingieren. Las concentraciones de minerales en los forrajes dependen de la interacción de varios factores,

entre los cuales se incluye el suelo, la especie de planta, el estado de madurez, el rendimiento, el manejo de pastura y el clima.

La producción del forraje se ve severamente limitada durante la época de sequía en cuanto a su crecimiento, y absorción de nutrientes; en lluvias, a pesar de la abundancia de forraje, su rápido crecimiento está asociado con una rápida disminución de la digestibilidad (Minson DJ, 1990). Es por ello que la oferta de macro nutrientes sigue un patrón cíclico dependiente de la precipitación pluvial. En tanto la deficiencia mineral es generalizada e independiente de la variación de la oferta forrajera (McDowell LR, Ellis GL, Conrad JH, 1996).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Los minerales son elementos o compuestos químicos inorgánicos que se encuentran en la naturaleza, son de estructura atómica determinada, y son absorbidos del suelo primeramente por las plantas y a partir de estas por los animales mediante procesos naturales (Gallegos JA, 1998). Los minerales constituyen el 4 % del peso corporal total del animal.

2.1 Funciones de los minerales en los animales.

-Estructural: pueden ser componentes estructurales de órganos y tejidos corporales, tal como sucede con el calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), flúor (F) y silicio (Si) en huesos y dientes, o con el fósforo (P) y el azufre (S) en las proteínas musculares. Minerales como el zinc (Zn) y el fósforo (P) forman una parte de moléculas de las membranas contribuyendo a su estabilidad estructural.

-Fisiológica: se presentan como electrolitos en tejidos y fluidos corporales, interviniendo en el

mantenimiento de la presión osmótica, del equilibrio ácido-base, de la permeabilidad de membrana y de la irritabilidad tisular. El papel del Na, K, Cl, Ca y Mg en sangre, líquido cefalorraquídeo y jugo gástrico, son algunos ejemplos de estas funciones.

-Catalítica: pueden participar como cofactor de sistemas enzimáticos y hormonales, como componentes integrales y específicos de la estructura de metaloenzimas o como activadores menos específicos de dichos sistemas. El número y la variedad de metaloenzimas identificadas han aumentado mucho en las dos últimas décadas.

-Reguladora: esta función la desarrollan los elementos minerales como catalizadores en diferentes complejos enzimáticos que forman parte del metabolismo animal.

2.2 Necesidades de minerales para la producción del ganado.

La mayoría de los pastos de las regiones tropicales no satisfacen completamente las necesidades de minerales de los animales en pastoreo (Salamanca A, 2010). Existe un conjunto de factores condicionantes que hacen variar la disponibilidad de los minerales en la ración, cuando se trata de satisfacer las necesidades. Además se menciona que, existe una cantidad dietética máxima “segura” dependiendo de cómo afecten otros minerales y compuestos, la absorción, retención y excreción del mineral consumido en exceso. Las diferencias en las formas de presentación química y física del mineral también afectan la disponibilidad mineral y por ende la tolerancia hacia el animal.

La forma física en que se presenta un compuesto o sal mineral, puede ser importante para los diferentes suplementos minerales, por ejemplo el proceso de obtención del óxido de

magnesio puede variar su tamaño de partícula y de esta forma también modificar su valor nutritivo (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

2.3 Fuentes naturales de minerales

Los proveedores naturales de minerales para el ganado son las pasturas y el agua de bebida. Los pastos, a su vez, los obtienen de los compuestos asimilables presentes en el suelo donde crecen, y generalmente existe déficit de alguno de ellos (McDowell RL, 1996), la concentración de minerales en los cultivos y en las plantas forrajeras dependen básicamente de cinco factores interdependientes: (i) el género, especie o línea genética (variedad); (ii) el tipo de suelo donde la planta crece; (iii) las condiciones climáticas y estacionales durante el crecimiento; (iv) el estado de maduración de la planta y (v) el rendimiento. Estos factores que afectan la concentración de un elemento en los tejidos vegetales varían según el mineral y los tratamientos impuestos por el hombre para mejorar los cultivos o producciones forrajeras. Estos tratamientos consisten en el uso de fertilizantes, mejoradores en el suelo y agua de riego. El objetivo principal de la fertilización es el aumentar la disponibilidad de forraje de buena calidad; de no ser así, los beneficios para la producción animal son pocos (Cerdas R, 2012). La selección de plantas de alta producción, que difieren significativamente respecto a la composición mineral, de las cultivadas tradicionalmente. Los compuestos inorgánicos de origen geológico o industrial se utilizan cada vez en mayor cantidad para suplementar los minerales aportados por piensos y forrajes, muy especialmente en animales con elevado potencial genético (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

2.4 Factores que afectan el contenido de minerales en las plantas (suelo, especie, parte de la planta, fertilización y época del año).

Por lo general las leguminosas son más ricas en los siguientes macro elementos: Ca, K y Mg que las gramíneas. Estas diferencias a favor de las leguminosas son también válidas en especies forrajeras de climas tropicales. Para la mayoría de minerales existen plantas acumuladoras, las cuales contienen niveles altos de un mineral específico (Ramírez *et al*, 2002).

Las concentraciones de minerales en forrajes dependen de la interacción de varios factores, entre los cuales se incluye el suelo, la especie de planta, el estado de madurez, el rendimiento, el manejo de pastura y el clima.

SUELO: Se han observado variaciones de minerales en plantas que crecen en un mismo suelo. En Kenia, 58 gramíneas que crecieron en un mismo suelo tuvieron en base seca las siguientes concentraciones: ceniza total, 4.0 - 12.2%; Ca, 0.09 - 0.55%; y P, 0.05 - 0.37%. En la mayoría de las circunstancias el P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mo disminuyen con la madurez de la planta.

ESPECIE Y PARTE DE LA PLANTA: La alta densidad de animales en el pastoreo afectará radicalmente la especie forrajera predominante y cambiará la relación hoja/tallo, teniendo como resultado que el contenido mineral de la planta también será afectado. En otro estudio los tallos presentaron un menor contenido de minerales que las hojas. Lo anterior confirma reportes previos que demuestran que las partes de los pastos difieren en calidad donde las hojas tienen mayor calidad nutritiva que los tallos (Ramírez *et al*, 2002).

SUELO Y FERTILIZACIÓN: Al introducir especies forrajeras más productivas en determinada zona los requerimientos de minerales aumentarán, por ende las deficiencias de minerales que se presentarán en el suelo serán mayores en menor tiempo. La sobre fertilización con nitrógeno (N) y K incrementa la incidencia de “tetania de los pastos” que se asocia a la deficiencia de Mg, a la vez que el K reduce el contenido de Na. El exceso de óxido de calcio (CaO) aplicado al suelo puede acentuar la toxicidad de Se y Mo en el ganado debido al incremento de estos elementos en la planta, al mismo tiempo que se pueden generar deficiencias de Co y Mn debidas a la disminución de la absorción de estos minerales por las plantas.

ÉPOCA DEL AÑO: El hecho de que la concentración de Na en el tejido vegetal es mayor en el período seco que en el lluvioso fue informado por Joshi y Bhoite (1988), quienes lo explicaban a partir de la propia variación de la concentración del elemento en el suelo. No obstante, desde un punto de vista fisiológico, que la absorción de Na por las plantas puede atribuirse al papel que puede jugar como regulador de la presión osmótica y, por tanto, en la nutrición hídrica (Demolón 1972; Blanco F y Seguí E, 1992).

2.5 Requerimientos minerales del ganado.

Definir las exigencias minerales para los animales no ha sido una tarea fácil, ya que son muchos los aspectos que deben ser considerados (Patiño PR y Da Silva FJ, 2011) entre ellos sobresalen: la raza y adaptación del animal, tipo y nivel de producción, edad, forma química del elemento, interrelación con los otros minerales, por ejemplo el Cu que principalmente se absorbe en intestino delgado y en rumiantes adultos solamente 1 a 3% de Cu es absorbido, esto es muy variable y se afecta por la presencia de antagonistas (Mo, S, Fe, Cd, Zn) (Patiño

PR y Da Silva FJ, 2011). El criterio de la cantidad adecuada se ilustra mejor con el hecho de que los requerimientos mínimos de Zn para el desarrollo testicular, y para la espermatogénesis en ovinos, son más altos que para el crecimiento del animal; del mismo modo los requerimientos de Mn son más bajos para el crecimiento que para la fertilidad de ovinos (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Las prácticas mejoradas de higiene y alimentación que resulten en mayor producción necesitarán que se ponga mayor atención con respecto a la nutrición mineral del ganado. Las deficiencias de minerales en condiciones de baja producción llegan a agravarse con el incremento de la producción. En general también los signos de deficiencias se manifiestan claramente con un incremento de la producción (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

La cantidad necesaria de los elementos para los tejidos es la suma de las necesidades de mantenimiento, lactación, gestación y crecimiento, y corresponde a la cantidad de elemento mineral que debe ser absorbida diariamente a partir de los minerales que integran la ración, considerando que no todos los minerales de la dieta están disponibles para su absorción (Spears JW, 2003).

Las deficiencias importantes en el metabolismo mineral pueden ser atribuidas a varios factores entre los que destacan la raza del animal y la alta demanda de producción como es el caso de las vacas de la raza Holstein donde el desbalance energético negativo por el que pasan muestra una alta susceptibilidad a padecer trastornos reproductivos especialmente la hipofosforemia e hipocupremia que afectan la fertilidad, provocando celos silenciosos e irregulares, repetición del servicio, inactividad ovárica y quistes foliculares, entre otros

(García DGJ *et al*, 2012). Se ha observado el efecto de las diferencias en las razas sobre los requerimientos minerales en los rumiantes. La variación dentro de razas de rumiantes en la eficiencia de absorción mineral de la dieta ha sido reportada y puede ser de 5 a 35% para Mg, 40-80% para P y 2-10% para Cu, donde el intestino delgado es considerado como el principal sitio de absorción de Ca y P en rumiantes (Patiño PR y Da Silva FJ, 2011). Normalmente el ganado vacuno introducido en un área muestra signos de deficiencias mientras que las razas nativas de crecimiento lento y madurez tardía no los exhiben al mismo grado. Los bovinos de ascendencia *Bos taurus* que no están adaptados a climas tropicales, pasan por un proceso de termorregulación donde sudan excesivamente perdiendo grandes cantidades de electrólitos por medio del sudor (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Es esencial que los rumiantes ingieran con el forraje las cantidades adecuadas de minerales. Pero hay factores para cubrir sus necesidades que reducen la ingestión de forrajes, por ejemplo el bajo nivel de proteína (<7.0%) o alto nivel de lignina, también reducen el consumo total de minerales (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

2.6 Concentraciones minerales de los forrajes en las épocas del año.

Puesto que los forrajes tropicales contienen menos minerales durante la época seca, es lógico que el ganado que pasta sufra deficiencias en dicha época ya que en un estudio de la variación estacional del contenido mineral en el zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.) los macrominerales y los microminerales fueron más elevados durante los meses con mayor precipitación (Ramírez RG, *et al*, 2002).

Durante la época húmeda, las deficiencias minerales aumentan, lo que está menos

relacionado a las concentraciones minerales en los forrajes. Esto se debe al incremento de las necesidades minerales del ganado en pastoreo, ya que en la época húmeda las fuentes de proteína y energía son suficientes; el ganado rápidamente gana peso, y los requerimientos minerales son altos. Durante la época seca, cuando los recursos no son suficientes, los animales pierden peso, y disminuyen dichos requerimientos (Underwood EJ y Suttle NF, 2003). Una excepción a esta diferencia por la época del año, se presenta en los llanos húmedos de Venezuela, Colombia y Bolivia, a la vez que el agua disminuye durante la época seca, el ganado entra a la tierra baja para pastorear una gran variedad de especies de plantas. Bajo estas condiciones, no se esperaría que fuera más prevalente la incidencia de deficiencias minerales durante la época húmeda por el arrastre de minerales hacia la parte más baja de la zona (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

2.7 La incidencia de deficiencias minerales y toxicidades

Las deficiencias minerales y los desbalances en herbívoros se reportan en casi todas las regiones tropicales del mundo. La extensión de dichas áreas afectadas está aumentando y es inevitable que los reportes de insuficiencias minerales se incrementen a medida que más países tropicales empiecen a hacer investigaciones de los minerales y con ello se puedan mejorar sus métodos de detección (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Los elementos minerales que tienen más probabilidad de faltar en condiciones tropicales son Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn y al haber un desbalance mineral (macro o micro) se provocan efectos significativos en la salud e incluso en la productividad animal en esta región del país (González E, 2012).

2.8 Elementos minerales

2.8.1 Calcio y Fósforo

El calcio es un metal blanco, muy alterable al aire y al agua y con oxígeno forma el óxido de Ca. Se encuentra en muchas rocas, como carbonato, fosfato, silicato y fluoruro; en la mayoría de las aguas naturales como bicarbonato, sulfato; en forma de cloruros en plantas, huesos y dientes; y como carbonato en el cascarón de los huevos y en la cobertura exterior de los moluscos y tortugas.

Aproximadamente, el 1% del Ca del cuerpo no está en el esqueleto sino distribuido ampliamente en los tejidos suaves, y con una mayor concentración en el plasma sanguíneo. El calcio extracelular es esencial para la formación del tejido óseo, participa en la transmisión de impulsos en el tejido nervioso, en la contracción del músculo esquelético y cardiaco, entre otras funciones. El Ca intracelular participa en la actividad de un amplio número de enzimas, por ejemplo, la enzima IP3-3-quinasa (IP3K), es una de las enzimas dependientes de Ca-calmodulina (CaM) activada luego del tratamiento con PGF2 α ; esta enzima fosforila a IP3 para producir una isoforma de IP4 que puede regular la entrada de Ca²⁺ a través de la membrana de las células luteales bovinas. Algunos efectos de la PGF2 α requieren la activación de las enzimas dependientes de CaM, que son activadas por el calcio intracelular (Olivera AM, *et al*, 2009).

Aproximadamente 20 a 30 % del Ca de los forrajes está ligado a oxalatos que lo hacen indisponible para los animales. La presencia de oxalatos en los forrajes inhibe la absorción del calcio en el intestino y puede producirse hiperparatiroidismo nutricional secundario cuando la relación calcio/oxalato de la ración es menor de 0.5 (Martínez MA, 2008).

El fósforo es un componente esencial de los vegetales, principalmente se encuentra formando complejos orgánicos fosforados con lípidos, proteínas y glúcidos, como la lecitina, las nucleoproteínas (componentes del núcleo celular) y la fitina (órganos de reproducción), aproximadamente el 20% del P corporal no está en el esqueleto, sino distribuido ampliamente en los tejidos suaves, estando concentrado especialmente en los glóbulos rojos y en el tejido nervioso y muscular respectivamente posee más funciones biológicas conocidas que cualquier otro de los elementos minerales. Por ejemplo interviene en la regulación del pH intra y extracelular, la acumulación de energía en forma de ATP, el transporte de lípidos y la formación de membranas biológicas (Brito SF, 2006) interactúa en otras moléculas que tienen enlaces de alta energía para la actividad del organismo. Además de su participación en la formación ósea, el P también es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen, especialmente aquellos que utilizan la celulosa de las plantas, la utilización de la energía de los alimentos, como amortiguador de la sangre y otros fluidos, numerosos sistemas enzimáticos, y el metabolismo de las proteínas (Church DC, *et al* 2006).

Dependiendo de la forma química en la que se encuentren los minerales por ejemplo el Ca: carbonato de calcio, fosfato bicalcico, y para el P: fosfato mono sódico, fosfato di amónico, fosfato defluorinado será la cantidad que se aproveche del mineral (Patiño PR y Da silva FJ, 2011) además se debe incluir una cantidad idónea de vitamina D en la dieta del animal como es el caso de las vacas que bajo condiciones donde no son expuestas a la luz solar y no consumen forrajes curados al sol, bajo estas condiciones las vacas lecheras necesitan de 5000 a 6 000 unidades internacionales (U.I.) de vitamina D por día para que la absorción de calcio y la regulación del fosforo se realicen en forma eficiente (Ocaña VMA, 2012).

La relación dietética Ca:P es entre 1:1 y 2:1, se asume que es ideal para el crecimiento y formación ósea, ya que esto es aproximadamente la proporción de éstos dos minerales en el hueso. Con cantidades excesivas de Ca o P en la ración, la disponibilidad de ciertos elementos traza pueden decrecer. En producciones pecuarias con problemas, cuando algunos factores son críticos, no es aconsejable incrementar la cantidad de los elementos minerales más allá de las cantidades tolerables (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Los signos de deficiencia marginal de Ca y P son difíciles de distinguir de otras deficiencias. Un consumo inadecuado de Ca puede causar huesos debilitados, una baja en el crecimiento y en la producción de leche. El déficit de calcio en vacas lecheras de alta producción trae consigo consecuencias como la enfermedad de la vaca caída (hipocalcemia) debido a su alto requerimiento, en especial después del parto (Angeles CS, 2006). Esto a su vez causa una inercia uterina la cual dificulta la eliminación de bacterias adquiridas durante el parto, propiciando un ambiente adecuado para su multiplicación y contaminación del tracto genital. Los signos de la deficiencia de P son igualmente difíciles de distinguir, excepto en los casos más severos cuando los huesos se ponen frágiles, hay un debilitamiento general, pérdida de peso, enflaquecimiento, rigidez, una reducción en la producción de leche, pica. Esta aumenta el desgaste de los dientes disminuyendo la vida útil del ganado y el riesgo a contraer ciertas enfermedades infecciosas como el botulismo (Church DC, *et al*, 2006). La aparición de pica guarda relación con la caída de fósforo en sangre y desaparece cuando éste alcanza los valores normales con la complementación (Soto C y Reinoso V, 2012). Bajo condiciones extremas de deficiencia de P, las vacas pueden tener de 2-3 años de intervalos entre partos o no entrar en estro. Las vacas generalmente no entran en estro regular hasta que los niveles de P en el organismo son restaurados con una complementación de P, o por la recesión de

lactancia (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

En la mayoría de los pastizales de los países tropicales, el suelo y las plantas presentan bajo contenido de P. Muchas especies de gramíneas contienen más del 3% de P durante la etapa temprana de crecimiento y es disponible para el ganado en pastoreo, pero solo por cortos períodos de tiempo. La mayor parte del tiempo, los forrajes maduros contienen menos que el 0.15% de P. En muchos países tropicales, las cantidades altas de Fe y Al en el suelo acentúan la deficiencia de P, debido a que se forman complejos insolubles de fosfatos (Church DC, *et al* 2006).

Las deficiencias de Ca y P pueden ser prevenidas o superadas con el tratamiento directo del animal a través de una suplementación en la dieta o en el agua, o indirectamente por una enmienda al suelo o la aplicación de Ca y P para así aprovecharlos por medio de la planta. La selección del procedimiento de suplementación depende de las condiciones. En el apacentamiento con una deficiencia de P, el método directo es preferido porque el uso de fertilizantes fosfatados conlleva costos altos de transporte y aplicación, y la productividad vegetal es usualmente limitada por el clima y los problemas de suelo. En áreas climáticamente favorecidas y de trabajo intensivo, aplicaciones fosfatadas están diseñadas principalmente para incrementar los rendimientos del pastizal y generalmente también incrementan las concentraciones de P, la suplementación con fosfatos de grado alimenticio, en la mayoría de los casos, es costosa, por lo que, frecuentemente, se utilizan fuentes de P no convencionales, como fosfatos sedimentarios y fertilizantes (Godoy S, 2005). La provisión directa de P adicionándolo a la dieta, puede permitir dosificar a los animales a intervalos regulares con fosfatos minerales, o por el tratamiento de abastecimiento del agua con

fosfatos solubles.

2.8.2 Sodio.

El sodio es el principal catión extracelular que se mantiene en concentraciones normales a través de la llamada bomba de sodio, que participa en el transporte activo por tanto necesita energía. La absorción aparente de Na en forrajes frescos va de 77 a 95 %, en promedio se considera un 85% (Underwood EJ y Suttle NF, 2003). El Na junto con el Cl funcionan como electrólitos en el fluido corporal y están específicamente relacionados en el metabolismo del agua a nivel celular, absorción de nutrientes y transmisión de impulsos nerviosos. El primer signo de una deficiencia de Na y Cl es el ansia por sal demostrado por un constante lamer madera, tierra y sudor de otros animales. Una prolongada deficiencia produce la falta de apetito, con la consecuente pérdida de peso y una baja en la producción (Ocaña VMA, 2012).

La deficiencia de Na es más probable que ocurra:

- 1) Durante la lactación, debido a la secreción de Na en la leche.
- 2) En animales de crecimiento rápido.
- 3) Bajo condiciones tropicales o semiáridas en donde ocurren grandes pérdidas de Na al sudar (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Debido a su reacción rápida para producir deficiencia, mucho antes de que aparezcan los primeros signos clínicos, el mejor criterio para establecer la concentración de estos minerales en el organismo y el estado del mineral, es mediante la concentración de Na y K en la saliva. La deficiencia de Na produce un aumento en el K.

Los pastos tropicales normalmente no contienen suficiente cantidad de Na para satisfacer los requerimientos del ganado de carne durante todo el año. Las necesidades de sal para el ganado en pastoreo, pueden ser llenadas con mezclas minerales que contengan de 20 a 35% de sal y que sean consumidas a una proporción de 45 g por cabeza diariamente. Se aconseja que las raciones para finalización contengan 0.25% de sal. La ventaja de usar baja cantidad de sal en las raciones de engorda consiste en la prevención de la acumulación de sal en el estiércol de los corrales; así se disminuyen los problemas del tratamiento de dicho desperdicio y su utilización como fertilizante (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

El ganado vacuno tolera aguas duras, pero cuando los niveles de salinidad sobrepasan las 9000 ppm se reduce la ingestión, se produce diarrea y enflaquecimiento. Se considera que el nivel de 7000 ppm es el máximo que toleran las vacas, los terneros son más sensibles a los niveles de salinidad elevados (Ocaña VMA, 2012).

2.8.3 Potasio

Este elemento se debe suplementar diariamente a través de la dieta debido a que su almacenamiento en el cuerpo es mínimo y las necesidades son elevadas. La aplicación de grandes cantidades de K al suelo mediante abono o fertilizantes puede resultar en un exceso de K en el medio ambiente y cantidades muy elevadas de K en los forrajes, esto puede causar problemas en el metabolismo de Ca y Mg y edema de la ubre, principalmente en las vacas al parto. El K es el mayor catión extracelular y su participación biológica se presenta en el equilibrio ácido y osmótico, es necesario para las enzimas que participan en la fosforilación de la creatina, donde interviene en la reacción de la piruvato cinasa. Tiene participación en el transporte activo que favorece la entrada de glucosa a las células (bomba de Na y K), es

necesario para la síntesis proteínica normal de los tejidos. Además participa en la actividad muscular y permeabilidad celular, es requerido en las reacciones enzimáticas donde participa la creatinina. Además influye en el metabolismo de los carbohidratos (Patiño PR y Da silva FJ, 2011).

La necesidad de K es mayor para rumiantes que para no rumiantes. La excitación tiende a incrementar las pérdidas de K a través de la orina, también las enfermedades que causan fiebre o diarrea en el ganado promueven el incremento de dicha pérdida. La literatura (Underwood EJ y Suttle NF, 2003) señala que la deficiencia de K manifiesta signos no específicos como crecimiento lento, reducción en el consumo de agua y alimento, baja eficiencia alimenticia, debilidad muscular, desórdenes nerviosos y rigidez. La posibilidad de una deficiencia de K era pequeña puesto que los forrajes jóvenes generalmente contienen considerablemente más K que el requerido por animales en pastoreo. En las regiones tropicales, las deficiencias de K pueden aparecer en vista de que el contenido de este mineral disminuye con la madurez del pasto, también la deficiencia puede manifestarse en largas estaciones secas, y se ha reportado la aparición de la deficiencia cuando se incluye urea en la ración sin que se suplemente alguna cantidad de este mineral.

El nivel máximo tolerable de K parece ser de 3% dentro de la dieta. Puesto que el consumo de K es mayor que el requerido, el exceso es rápidamente excretado por orina, cerca de 13% son pérdidas fecales y 12% en la leche (Patiño PR y Da silva FJ, 2011). El alto contenido de K en los forrajes durante los tiempos críticos en el año puede ser antagonista para la absorción y/o utilización de Mg, por lo tanto puede influir en la incidencia de tetania de los pastos (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

2.8.4 Magnesio

El magnesio no se encuentra en la naturaleza en estado libre (como metal), sino que forma parte de numerosos compuestos, en su mayoría óxidos y sales; es insoluble. Este elemento mineral es requerido para la oxidación celular y ejerce una influencia potente en la actividad neuromuscular empleándose en mitocondrias, músculo cardíaco y en demás tejidos en los que se efectúa la fosforilación oxidativa; es esencial para las enzimas que rompen y transfieren fosfatasas, y muchas enzimas en las que interviene el ATP. (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

En rumiantes el retículo y rumen son los principales sitios de absorción de Mg. Las condiciones en el rumen, como un pH alcalino arriba de 7 afectan adversamente la absorción del Mg y por ende elevan los requerimientos dietéticos. Entre los factores que afectan la absorción de Mg desde el rumen, la concentración de K en la ración es el más importante. Según Sykes (1993) concentraciones de K en la dieta superiores al 2% MS, disminuyen la absorción de Mg (Cseh SB, 2012). La disponibilidad dietética de Mg en pastos es un 33%, esta cantidad no siempre es la misma, particularmente en el caso de gramíneas jóvenes expuestas a una fertilización abundante en nitrógeno y K.

Los signos clínicos de hipomagnesemia también conocida como tetania del pasto o de la hierba, se encuentran tanto en rumiantes que pastan como en terneros alimentados demasiado tiempo exclusivamente con leche, sin tener acceso a otros alimentos. La susceptibilidad a la tetania producida por el pastizal es incrementada en rumiantes más viejos por la disminución en la habilidad para movilizar el Mg del esqueleto, conforme avanza la edad (Underwood EJ y Suttle NF, 2003). El cuadro clínico más característico de carencia

de magnesio en la tetania de los pastos, es cuando los niveles séricos del elemento pueden estar hasta diez veces abajo del normal. La hipomagnesemia producida por una absorción inadecuada de Mg dietético es la segunda causa más frecuente de fiebre de leche en vacas en el parto y es la causa más frecuente de fiebre de leche en mitad de la lactación en vacas lecheras (Álvarez A, 2012).

En la vaca adulta una concentración plasmática entre: 2.0-3.5 mg/mL, es usualmente adecuada. En cambio una cantidad presente entre: 1.0 – 2.0 mg/100 mL, pone al animal en peligro de tetania; sin embargo, la concentración de Mg en el plasma sanguíneo no decae hasta que hay una deficiencia severa.

La aplicación de fertilizante con Mg, o aplicación directa de MgO o Kieserite pueden aumentar significativamente la concentración del elemento en el pasto. Este método de control tiene sus limitantes en muchos tipos de suelos y usualmente tiene que estar acompañado de otros métodos de suplementación de Mg, adicionales (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

2.8.5 Hierro

Su principal función es integrar el núcleo heme de la hemoglobina y mioglobina. Otro papel muy importante es potencializar (como cofactor) la actividad de un grupo numeroso de enzimas (Church DC, *et al* 2006): enzimas metaloporfirinas (citocromo oxidasa, citocromo C, citocromos P-450, b₅, peroxidasa, catalasa y aldehidoxidasa), enzimas metaloflavina (NADH citocromo c reductasa, succino deshidrogenasa, glicerofosfato deshidrogenasa, lacto deshidrogenasa, colina deshidrogenasa, aldehido deshidrogenasa y xantin oxidasa); así

como otras metaloproteínas que no son enzimas por ejemplo la hemoglobina (> 10 % del Fe corporal), mioglobina (10 % del Fe corporal), transferrina, ovotransferrina, lactotransferrina y ferritina) (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

La deficiencia de Fe está presente cuando hay una pérdida de sangre considerable debida a parásitos o enfermedades. La anemia por deficiencia de Fe se caracteriza por la reducción o ausencia de depósitos de Fe, baja concentración de Fe sérico, baja saturación de transferrina, una concentración de hemoglobina baja y una reducción del hematocrito. Inicialmente, los depósitos corporales de Fe, la ferritina y la hemosiderina decrecen, mientras que el hematocrito y la hemoglobina permanecen normales. Después de esto, disminuye el nivel de Fe sérico y de forma paralela aumenta la capacidad de fijación de Fe, reduciéndose el porcentaje de saturación de la transferrina. Consecuentemente, hay una rápida reducción de las células rojas en la circulación. Este estado se conoce como “deficiencia de Fe sin anemia”. La anemia por deficiencia de Fe es un estado más avanzado de hiposiderosis, caracterizado por baja concentración de hemoglobina y descenso de hematocrito, con cambios en la citología y morfología del eritrocito, los cuales dan lugar a hematíes microcíticos e hipocrómicos, además de una disfunción del transporte de oxígeno (Herberg y Galan, 1992).

2.8.6 Cobre

El cobre (Cu) es integrante de enzimas tales como la citocromo oxidasa, necesaria para el transporte de electrones durante la respiración; lisil oxidasa que cataliza la formación de desmosina en los enlaces de colágeno y elastina, para el alargamiento del hueso y el tejido conectivo; ceruloplasmina para la absorción y el transporte de Fe; tirosinasa para la

producción del pigmento melanina a partir de tirosina; y superóxido dismutasa que protege a las células de los efectos tóxicos de los metabolitos del oxígeno. Además el Cu es necesario para la pigmentación normal del pelo y la lana (Church DC, *et al* 2006).

El Cu es esencial para la producción de hemoglobina, en el funcionamiento de sistemas enzimáticos, como componente de pigmentos del organismo, y está involucrado en el sistema nervioso central, en el metabolismo del hueso y en la función cardiaca. El exceso de Mo en la presencia de sulfuro causa una condición que puede ser tratada administrando Cu, interactúa metabólicamente con Mo, Zn, Cd, esteroides y en la respuesta inmune. El estatus de Cu es un enigma debido a estas interacciones (Patiño PR y Da silva FJ, 2011).

Las necesidades de Cu en rumiantes están altamente influenciadas por las interacciones de otros componentes dietéticos, especialmente Mo y S. Las interacciones con la cantidad de otros minerales deben ser tomadas en cuenta para cubrir las necesidades de este elemento, por ejemplo, cuando la contaminación del pasto con carbonato de Ca es alta, el requerimiento de Cu en ovinos de raza merino se ha señalado en 10 ppm, por el contrario, en la Australia Occidental, donde tal contaminación no ocurre, la concentración de Cu de 6 ppm, se halló adecuada. Los requerimientos de Cu del ganado vacuno para crecimiento y sanidad son más altos que los del ganado ovino. Incluso cuando la ingesta de Mo es baja, como fue en terneros de raza frisona, 8 ppm de Cu/Kg de dieta seca no fueron suficientes para satisfacer por completo sus necesidades y fueron sugeridos 10 ppm como requerimiento mínimo (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Con la excepción de P la deficiencia de Cu es la limitación mineral más severa del ganado en

pastoreo en regiones extensas de los trópicos. Las deficiencias de Cu en rumiantes aparecen principalmente bajo condiciones de pastoreo, y los signos severos de deficiencia son raros cuando se suministran alimentos concentrados. La mayoría de los informes mundiales indican preocupación por la deficiencia “condicionada” de Cu cuando la concentración del elemento (6-16 ppm) es inadecuada para satisfacer la necesidad debido a la cantidad más alta que lo normal de otros elementos tales como Mo, S y otros factores, que bloquean la utilización de Cu por el organismo. Las deficiencias de Cu ocurren normalmente cuando el Mo del forraje es mayor de 3 ppm y el nivel del Cu es inferior a 5 ppm. La deficiencia de Cu es común en alguna de las siguientes cuatro condiciones:

- 1) Los niveles altos de Mo (más de 20 ppm).
- 2) Los niveles bajos de Cu pero significativos de Mo (i.e. Relación <2:1).
- 3) El Cu deficiente (menos de 5 ppm).
- 4) El Cu normal y Mo bajo, con niveles altos de proteína soluble. Se sugiere que el último es el resultado de la ingesta alta de dicha proteína que proviene de pasto fresco, la cual incrementa la cantidad de sulfuro producido en el rumen, y así tiene por resultado sulfuro de Cu no disponible (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

El criterio más ampliamente usado para la deficiencia de Cu es la concentración en el hígado. Este es el órgano principal de almacenamiento de Cu en el cuerpo, la concentración de Cu en el hígado varía ampliamente con la especie y la edad del animal, ciertos estados de enfermedad, y la naturaleza de la dieta. En el ganado ovino y vacuno las concentraciones en dicho órgano varían del nacimiento a madurez, reflejan el estado dietético pero son influenciadas por las proporciones de Mo y S en la ración, por ingestas altas de Zn y carbonato de Ca y otros compuestos de la dieta. La evidencia sugiere que los niveles de Cu

de 25 a 75 ppm en materia seca del hígado, pueden ser utilizados para diferenciar animales deficientes de los normales. Las concentraciones en sangre o plasma reflejan también el estado dietético de Cu aunque el rango normal es amplio. Para el ganado ovino, vacuno y caprino una cantidad entre 0.6 a 1.5 μg Cu/mL se considera normal. La variación está determinada por edad, gestación y enfermedad; así como por las ingestas de Cu, Mo y S. Es ampliamente aceptado que concentración de Cu en sangre o plasma consistentemente por debajo de 0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$, es indicativa de deficiencia en ganado ovino y vacuno.

Los cambios en la actividad de un número de metaloenzimas de Cu en la sangre y tejidos ocurren durante el desarrollo de la deficiencia de Cu en el ganado, los cuales ofrecen posibilidades de diagnóstico. La estimación de ceruloplasmina (ferroxidasa I) en el suero provee ventajas sobre la determinación de Cu en sangre o plasma, debido a la estabilidad relativa de la enzima, al pequeño tamaño de la muestra de suero y a la conveniencia técnica del ensayo.

Bajo condiciones de pastoreo extensivo en los trópicos la deficiencia puede ser prevenida mediante provisión de suplementos que contengan Cu, dosificado a los animales periódicamente con compuestos de Cu o por inyección de complejos orgánicos de Cu. Los suplementos minerales que contienen de 0.1 a 0.2% de sulfato de Cu son en general, consumidos voluntariamente por animales en pastoreo en cantidades suficientes para mantener adecuada y segura ingesta de Cu total (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

La inyección subcutánea o intramuscular de alguna forma de Cu segura y absorbida lentamente, constituye un medio satisfactorio como tratamiento de los animales en áreas

deficientes de Cu, donde los contenidos de Mo en el pasto son moderados, incluso a intervalos de tres meses (Pechin GH, 2006).

La experiencia australiana indica que una simple aplicación de 5-7 Kg/ha de sulfato de Cu, usualmente suficiente por tres o cuatro años, salvo en suelos calcáreos (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Al examinar la toxicidad de Cu, se advierte que una intoxicación crónica en rumiantes es en el ganado ovino, una cantidad de Cu en el alimento mayor a 25 mg/Kg; 100 mg/Kg para el caso de los bovinos productores de leche y de carne puede causar una toxicosis crónica en este ganado (NRC 2007,1989, 1996). Asimismo la literatura sugiere que los niveles normales de Cu combinados con bajos de Mo y S pueden resultar en la toxicidad de Cu en ganado ovino (Church DC, *et al* 2006).

Tanto la toxicidad de Mo como la deficiencia de Cu son corregidas generalmente por el suministro de Cu adicional en la dieta del animal. En áreas donde la cantidad de Mo es elevada en suelo y alimento, la inyección de compuestos de Cu es a menudo el método de administración preferido ya que la absorción de Cu y Mo ocurre principalmente en el intestino delgado, en rumiantes solamente 1 a 3% de Cu es absorbido debido a que es afectada por la presencia de antagonistas (Mo, S, Fe, Cd, Zn) (Patiño PR y Da silva FJ, 2011).

2.8.7 Manganeso

Forma parte de enzimas relacionadas con el metabolismo energético. Además es esencial para la formación de condroitinsulfato, un compuesto de los mucopolisacáridos de la matriz

orgánica del hueso, por lo tanto es esencial para la formación normal del esqueleto (Church DC, *et al* 2006). El Mn previene la ataxia y la falta de equilibrio en los animales recién nacidos; es parte de la piruvato carboxilasa y activa a la fosfoenol piruvato carboxicinasa. Es cofactor de la enzima que cataliza la transformación del ácido mevalónico en escualeno, por lo que favorece la síntesis de colesterol y ácidos grasos en hígado, manifestando una función muy importante en el metabolismo de las grasa (Spears JW, 2003). Los requerimientos de Mn son sustancialmente más bajos para el crecimiento que para un comportamiento reproductivo óptimo; y generalmente deben ser incrementados cuando se tienen altos consumos de Ca y P. La deficiencia de Mn se manifiesta como falla reproductiva degenerativa en ambos sexos, malformación de huesos y lesiones, ataxia, despigmentación, degeneración del sistema nervioso central, el crecimiento lento y las anomalías del esqueleto. Los signos clínicos que sugieren deficiencias de Mn han sido observados en Costa Rica y en Mato Grosso, Brasil (Underwood EJ y Suttle NF, 2003). El diagnóstico de la deficiencia de Mn es con base en el análisis de su concentración en el hígado.

La complementación con Fe y Mn es menos importante que en el caso de otros minerales trazas. Para el Fe y para el Mn el nivel tolerable máximo es de aproximadamente 1000 ppm. Los primeros efectos observados de un exceso de Mn en la dieta son la baja de la hemoglobina sanguínea, reducción en el consumo de alimento y crecimiento lento. Los desbalances minerales tipificados por excesos de Fe y Mn asociados frecuentemente con forrajes tropicales, pueden interferir con el metabolismo de otros minerales. En una región de Costa Rica caracterizada por suelos volcánicos, concentraciones altas de Mn en el forraje han sido observadas lo cual ha resultado en bajos índices de reproducción del ganado.

2.8.8 Zinc

El zinc (Zn) es un microelemento cuya función esencial en los organismos vivos se conoce desde 1869 (McCall, *et al* 2000). En 1926, se le asoció a la viabilidad de las plantas superiores (Torres AR, Bahr VP, 2004). Este mineral interviene en una amplia variedad de procesos celulares como la proliferación, la función inmune y la defensa antioxidante (Bray TM, Bettger WJ, 1990) (Powell SR, 2000). Además, participa en la estabilidad y regulación génica, en los llamados «dedos de zinc», estos son proyecciones externas de la estructura espacial de los receptores en la región en que se encuentran los DBD (DNA Binding Dominiun) formados por átomos de zinc que al unirse a determinados residuos de aminoácidos, generalmente de cisteína o histidina forman parte de los receptores nucleares; también interviene en más de trescientas enzimas incluyendo la cobre/zinc superóxido dismutasa (Cu/Zn-SOD) y de varias proteínas involucradas en la reparación del ADN (Dreosti IE, 2001). El Zn se encuentra presente en casi todas las células animales, sin embargo, las concentraciones presentes en el músculo esquelético y en el hueso representan el 90 % del Zn total del individuo. El Zn es considerado el oligoelemento intracelular más abundante, formando parte de las metaloproteínas dependientes de Zn que se encuentran en el interior del citoplasma, núcleo y organelos incluyendo el retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vesículas secretoras y las mitocondrias (Anchordoquy JM, 2012).

De la ingestión de Zn se absorbe solo del 5 al 40 %, en abomaso y el resto en intestino delgado, después es transportado al hígado en donde se metaboliza, se almacena por saturación intracelular primero en músculos, después en hígado, páncreas y riñón; se excreta principalmente por las secreciones del páncreas, en las heces, y en el sudor (Patiño PR y Da silva FJ, 2011).

El requerimiento mínimo de Zn de los rumiantes varía con la forma química de combinación en la cual el elemento ocurre con otros componentes de la dieta. Deficiencias de Zn se han reportado bajo condiciones de campo cuando los forrajes contuvieron de 18 a 83 ppm. Los primeros efectos de la deficiencia de Zn incluyen reducción del consumo, falta de crecimiento y eficiencia alimenticia, seguido por desórdenes en la piel. Los signos de deficiencia severa de Zn incluyen secamiento, escamosidad y agrietamiento de la piel de la cabeza, cuello, parte ventral, escroto y piernas. Los animales jóvenes machos frecuentemente pueden mostrar primero lesiones de la piel. Otros signos incluyen inflamación de la nariz y boca, y endurecimiento de las uniones epiteliales, pérdida del pelo y aspereza del mismo. Los efectos importantes de deficiencias de Zn ocurren en casos marginales donde los signos clínicos pueden ser no expresados. La espermatogénesis, el crecimiento testicular y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho, y todas las fases de los procesos reproductivos en la hembra desde el estro al parto y lactancia, pueden ser afectados adversamente en deficiencias de Zn (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

Bajo condiciones tropicales parece lógico añadir 20 a 30 ppm de Zn como complemento a raciones para rumiantes, al menos que los análisis de forrajes sugiera niveles de adecuados a altos de este elemento. Este nivel de Zn debe ser adecuado para corregir cualquier probable deficiencia marginal. La mayoría de mezclas de sales minerales trazas indican algo de Zn en la etiqueta pero la mayoría de dichas mezclas comerciales contienen una insignificante cantidad del elemento con respecto al requerimiento del animal.

El ganado vacuno, ovino y la mayoría de mamíferos exhiben una tolerancia considerable a consumos altos de Zn. El límite de la tolerancia depende principalmente de los contenidos

relativos de Ca, Cu, Fe y Cd con los cuales el Zn interactúa en el proceso de absorción y utilización. Corderos consumiendo dietas que contenían 1,000 ppm de Zn como óxido redujeron las ganancias de peso y disminuyeron la eficiencia de utilización de alimento, 1500 ppm disminuyó el consumo del alimento y 1700 ppm indujo a un apetito depravado al masticar maderas. Los niveles de Zn en la dieta en exceso a 500 ppm son suficientes para tener efectos negativos en el comportamiento del ganado en pastoreo (Underwood EJ y Suttle NF, 2003).

III. JUSTIFICACIÓN.

En la ganadería del trópico de México, la práctica de suplementar minerales es escasa o nula; por lo tanto, es posible que se presenten desequilibrios asociados con los minerales. En todo sistema de producción pecuaria es indispensable conocer el contenido de minerales que aportan los alimentos que consumen los animales para que no padezcan afecciones causadas por un desbalance de minerales. En el caso particular de los forrajes de trópico es necesario conocer el contenido mineral en los forrajes que son la base de la alimentación de los rumiantes domésticos. Sin embargo en los forrajes introducidos al trópico de Guerrero, es escasa la información acerca de esta composición mineral, por esa razón se realizó la presente investigación con la siguiente:

IV. HIPÓTESIS.

El contenido de elementos minerales de algunas gramíneas introducidas al trópico seco de Guerrero aumenta con la edad, en la época de lluvias.

V. OBJETIVOS.

Cuantificar el contenido mineral (Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn) en 3 géneros de gramíneas (*Brachiaria*, *Panicum* y *Andropogon*) cosechadas a las cuatro, seis y ocho semanas de rebrote en la época de lluvias, en Cocula, Gro.

Comparar la variación en el contenido mineral entre géneros cuando el forraje se cosecha a las cuatro, seis y ocho semanas de rebrote, en la época de lluvias.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1 Descripción del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en el jardín de introducción del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario (CSAEGRO) en el municipio de Cocula, Guerrero, localizado en el km. 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, Gro., situado a 18°15'52'' latitud Norte y 99°38'52'' longitud Oeste del meridiano de Greenwich; a una altitud de 630 m.s.n.m. (C.E.T.E.N.A.P., 1970). Con clima cálido húmedo con lluvias en verano (Awo) correspondiente más al tipo Awo (w) (i) g, clima cálido sub húmedo (el más seco de los cálidos); una oscilación anual de temperaturas entre 5 y 7°C. La temperatura medial anual es de 25°C, la máxima de 40°C y una mínima de 10°C; las temperaturas mínimas se registran de Octubre a Febrero mientras que las máximas en los meses de Marzo a Junio.

En parcelas de 3 m de ancho x 6 m de largo con un suelo de origen coluvial e *in-situ*, somero (0 a 25 cm), textura arcillo-arenosa, estructura blocosa-subangular, consistencia suave y medianamente dura, color castaño oscuro, drenaje interno medio, erosión en surcos y pH de 6.6. En el año 2009 se establecieron 3 géneros de distintas gramíneas forrajeras: *Brachiaria*, *Panicum* y *Andropogon*. Las parcelas cuentan con 3 surcos con una separación de 75 cm entre cada uno. Para analizar el contenido de elementos minerales primeramente se realizó un corte de uniformización del forraje. En distinta fecha dentro de la época de lluvias se cosechó a los 4, 6 y 8 semanas de rebrote un surco dentro de cada parcela respectivamente en cada fecha se hizo el corte del forraje presente en toda la longitud de un surco, a 15 cm del suelo. Se obtuvieron dos muestras por surco (por el método de cuarteo).

6.2 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental de medidas repetidas donde se observó la concentración de minerales de los géneros *Brachiaria spp.*, *Panicum spp.* y *Andropogon spp.* en una frecuencia de cosecha a las 4, 6 y 8 semanas de rebrote utilizando cuatro repeticiones por género para cada semana de cosecha (Anexo 1).

6.3 Análisis de laboratorio.

6.3.1 Preparación de la muestra.

Los análisis para cuantificar el contenido mineral de las gramíneas, se realizaron en el laboratorio de Bromatología perteneciente al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ-UNAM). Se deshidrataron 250 g de la muestra del forraje recolectado en un horno de convección a 55 °C alrededor de 48 horas a confirmar peso constante de la muestra. Una vez deshidratado se molió en un molino Wiley con criba de 1 mm. Se peso 1 gramo del forraje y se incineró en crisoles de porcelana en una mufla a 500 °C durante 16 horas para posteriormente pesarse en una balanza analítica y adicionarle 10 mL de ácido clorhídrico (1+3) para llevarlas a ebullición en una parrilla de calentamiento a 250 °C por 20 minutos. Las muestras se filtraron y aforaron a 50 mL con agua desionizada. Estas soluciones se almacenaron en recipientes de plástico con tapa hasta su análisis (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, y Zn) mediante espectrofotometría de absorción atómica, (Na y K) por el método de emisión atómica. Para ambos métodos se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer TM modelo 3110, Northwalk, E.U.A.) de acuerdo con las condiciones de trabajo especificadas por el fabricante. El P se cuantificó por espectrofotometría UV visible utilizando la técnica de molibdo vanadato (965.17, AOAC, 1995).

6.4 Análisis estadístico.

Los resultados por género y distinta edad de rebrote se evaluaron por medio del análisis de varianza para el diseño experimental anteriormente descrito. Cuando existió diferencia significativa entre tratamientos (géneros) se realizó la comparación de medias a través de la prueba de Tukey (SAS, 2000). El modelo estadístico utilizado para el análisis de los resultados fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \eta_i + \varepsilon_{ij} \quad (i = 1 \dots N; j = 1 \dots p)$$

Donde:

Y_{ij} = observación del sujeto i bajo el tratamiento j .

μ = constante que refleja la media poblacional.

α_j = corresponde el efecto del tratamiento j .

η_i = representa el efecto del sujeto i .

ε_{ij} = término error aleatorio $NID(0, \sigma^2_\varepsilon)$

VII. RESULTADOS

7.1 Concentración de minerales en el suelo de estudio.

La concentración de los elementos minerales correspondiente al suelo de las parcelas donde se obtuvieron las muestras de forraje para el presente estudio, se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1.
Contenido mineral del suelo experimental (Cocula, Gro.).

	%Ca	%P	%Na	%K	%Mg	mgFe/Kg	mgCu/Kg	mgMn/Kg	mgZn/Kg
1	4.4	0.0008	0.03	0.12	0.44	3851	3	229	95
2	4.2	0.0007	0.02	0.12	0.39	3957	5	240	107

7.2 Variación en el contenido de minerales.

Todos los minerales fueron cuantificados sin mayor problema a excepción del Cu ya que el contenido de ese mineral fue insuficiente para ser encontrado. Los datos que se muestran a continuación son de acuerdo a la semana de cosecha en cada género.

7.2.1 Calcio.

El análisis de varianza (Cuadro 20, Anexo II) no mostró efectos en el contenido de calcio atribuidos a la semana de corte ($P=0.9367$), género ($P=0.1381$) ó interacción de ambos ($P=0.7664$). La figura 1 muestra el contenido de Ca de los 3 géneros de gramíneas apreciándose que el contenido del elemento se mantuvo relativamente constante a lo largo del periodo de experimentación.

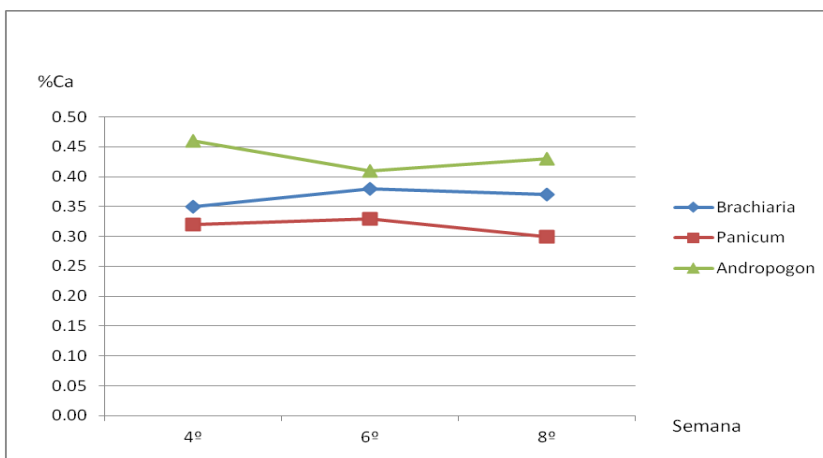


Figura 1. Contenido de calcio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.2 Fósforo.

El análisis de varianza encontró una diferencia en la concentración de fósforo atribuido a la semana de rebrote (Cuadro 21, Anexo II). En la semana 4 el contenido de P en los pastos fue mayor ($P=0.0296$) respecto al contenido de la semana 8. En cuanto a la semana 6 no fue diferente ($P>0.05$) respecto a las semanas 4 y 8. Por otro lado no se observó efecto atribuible al género y a la interacción género por semana ($P>0.05$). La figura 2 presenta el comportamiento del P en las gramíneas estudiadas.

Cuadro 2.
Contenido de fósforo en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte.

Semana	%P
4	0.13 ^a
6	0.10 ^{ab}
8	0.09 ^b

Literales diferentes indica diferencia estadística ($P<0.05$)

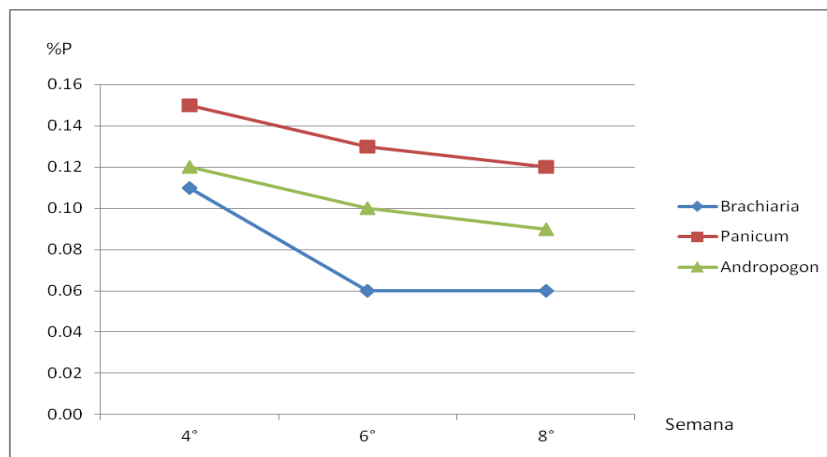


Figura 2. Contenido de fósforo en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.3 Sodio.

El análisis de varianza encontró una diferencia en la concentración de sodio atribuido a la semana de rebrote y al género. En la semana 6 el contenido de Na en los pastos fue mayor ($P=0.0277$) respecto al contenido de la semana 8 (Cuadro 22, Anexo II). Por otro lado se observó un efecto atribuible al género siendo mayor el contenido de Na en el género *Panicum spp* ($P=0.0186$) respecto al género *Brachiaria spp* y también hubo una diferencia ($P=0.0169$) respecto al género *Andropogon spp* (cuadro 4). El efecto género semana no mostró diferencia significativa ($P>0.05$). La figura 3 presenta el contenido mineral en las gramíneas estudiadas.

Cuadro 3.

Contenido de sodio en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte.

Semana	%Na
4	0.06 ^{ab}
6	0.08 ^a
8	0.05 ^b

Literales diferentes indica diferencia estadística ($P<0.05$)

Cuadro 4.

Contenido de sodio en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.

Género	%Na
<i>Brachiaria</i>	0.04 ^b
<i>Panicum</i>	0.10 ^a
<i>Andropogon</i>	0.04 ^b

Literales diferentes indica diferencia estadística ($P<0.05$)

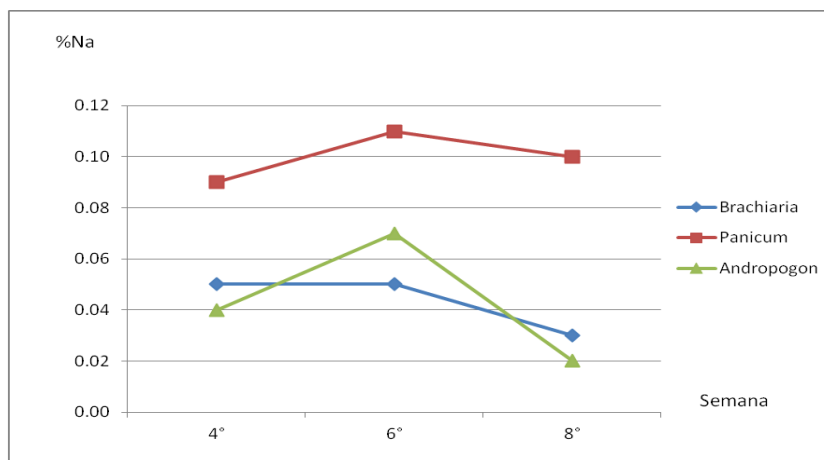


Figura 3. Contenido de sodio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.4 Potasio.

El análisis de varianza en el contenido del K solo registró diferencia significativa ($P=0.0031$) entre la semana 4, mayor a las semanas 6 y 8 en los tres géneros (Cuadro 23, Anexo II); sobre el efecto género y el efecto de interacción entre género y semana de corte en los forrajes del estudio, no se encontró diferencia ($P>0.05$). La figura 3 señala el contenido mineral de las gramíneas en estudio.

Cuadro 5.
Contenido de potasio en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte.

Semana	%K
4	2.20 ^a
6	1.80 ^b
8	1.69 ^{bc}

Literales diferentes indica diferencia estadística ($P<0.05$)

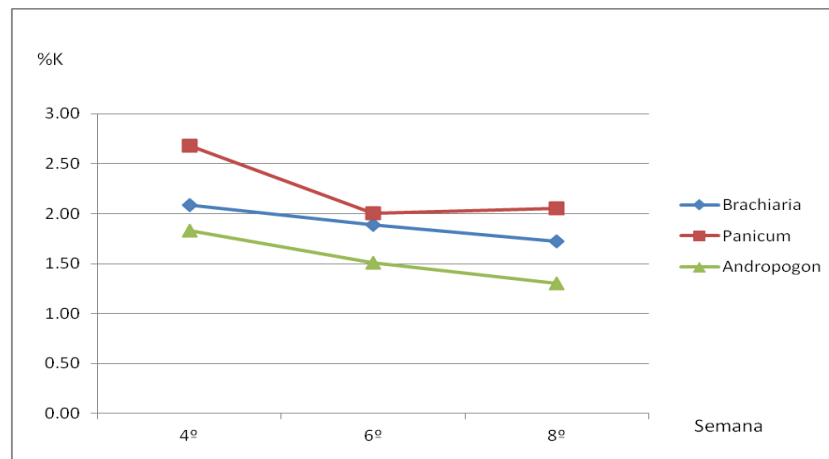


Figura 4. Contenido de potasio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.5 Magnesio.

En la Figura 5 se muestra la concentración de Mg registrada en las gramíneas del municipio de Cocula, Gro. Los resultados del análisis de varianza de la concentración de Mg en las gramíneas del presente estudio no (Cuadro 24, Anexo II) mostraron diferencia significativa ($P>0.05$) en la semana de corte y tampoco en la interacción género por edad. A pesar de que no hubo diferencia de la edad de rebrote a la cosecha sobre el contenido de Mg en las gramíneas estudiadas ($P>0.05$), hubo efecto significativo del género sobre el contenido de Mg ($P=0.0409$) donde el género *Panicum* presentó mayor concentración de Mg comparado con el género *Andropogon* ($P = 0.0382$).

Cuadro 6.
Contenido de magnesio en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.

Género	%Mg
<i>Brachiaria</i>	0.22 ^{ab}
<i>Panicum</i>	0.26 ^a
<i>Andropogon</i>	0.19 ^b

Literales diferentes indica diferencia estadística ($P<0.05$)

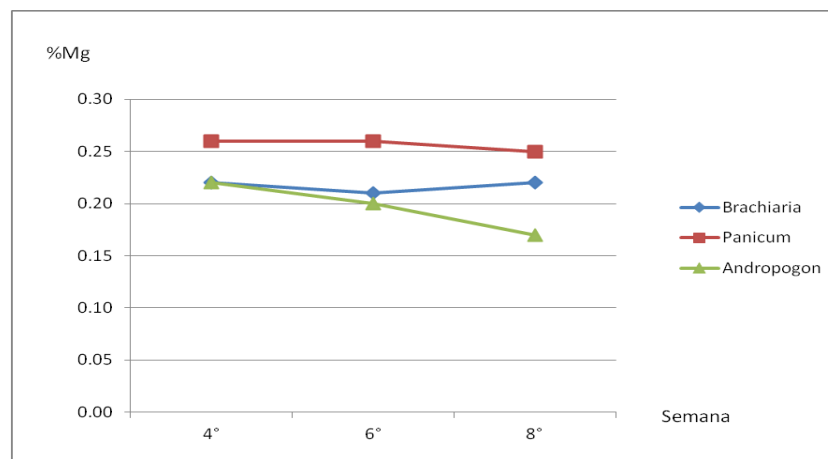


Figura 5. Contenido de magnesio en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.6 Hierro.

De acuerdo al análisis de varianza, no se encontró una diferencia significativa debida a la edad, por el género e incluso por la interacción de la edad por el género (Cuadro 25, Anexo II) en las gramíneas del presente estudio ($213 \pm_{111}$).

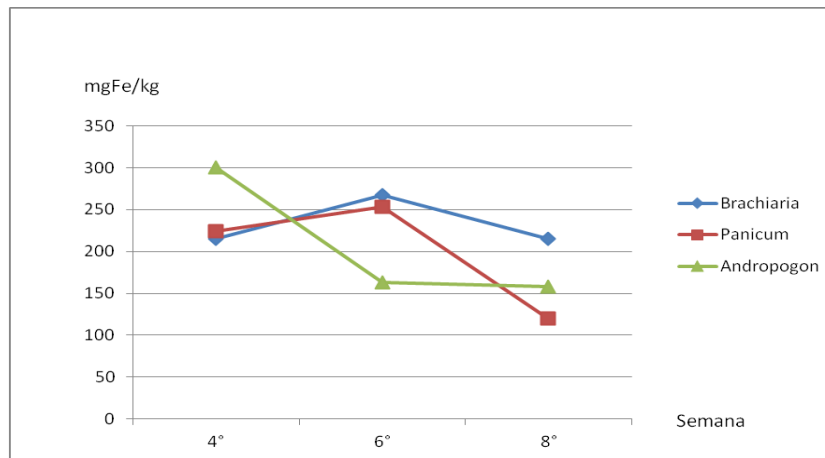


Figura 6. Contenido de hierro en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.7 Manganeso.

El análisis de varianza de los resultados de la concentración de Mn en las gramíneas del presente estudio (Cuadro 26, Anexo II), indicó que no hubo interacción ($P>0.05$) entre semana de corte y tampoco en la interacción de edad por género. El efecto de género sobre la concentración de este elemento fue significativo ($P=0.0104$) observando que el género *Brachiaria spp* presento un contenido mayor de Mn respecto a los géneros *Panicum spp* y *Andropogon spp*.

Cuadro 7.
Contenido de manganeso en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.

Género	Mn (mg/Kg Ms)
<i>Brachiaria</i>	42.06 ^a
<i>Panicum</i>	25.21 ^b
<i>Andropogon</i>	19.68 ^b

Literales diferentes indica diferencia estadística ($P<0.05$)

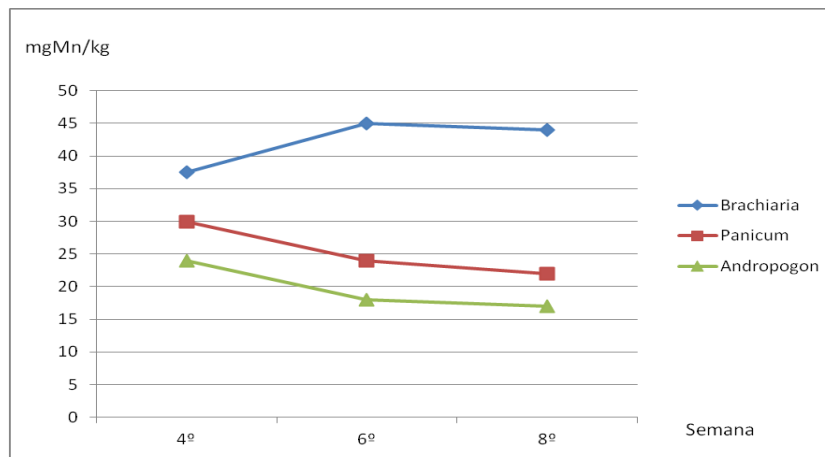


Figura 7. Contenido de manganeso en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

7.2.8 Zinc.

En cuanto a la concentración de Zn, el análisis de varianza de los resultados (Cuadro 27, Anexo II), mostró que no hubo efecto de edad ($P > 0.05$) de la gramínea a la cosecha e indicó que hubo diferencia significativa de género siendo mayor para *Brachiaria* seguido por *Andropogon* y finalmente por *Panicum*. En la interacción de género por edad hubo diferencia significativa ($P = 0.0292$). Una clara diferencia se estableció entre el género *Brachiaria* a las 8 semanas de edad y el género *Panicum* a las 4, 6 y 8 semanas.

Cuadro 8.

Contenido de zinc en gramíneas de trópico seco en 3 diferentes géneros.

Género	Zn (mg/Kg Ms)
<i>Brachiaria</i>	16.08 ^{ab}
<i>Panicum</i>	10.90 ^c
<i>Andropogon</i>	15.37 ^b

Literales diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

Cuadro 9.

Contenido de zinc en gramíneas de trópico seco cosechadas a 3 edades diferentes de corte en 3 diferentes géneros.

Género	Semana	Zn (mg/Kg Ms)
<i>Brachiaria</i>	4	12.5155 ^{abc}
	6	17.5527 ^{ab}
	8	18.1654 ^a
<i>Andropogon</i>	4	17.6208 ^{ab}
	6	15.1702 ^{abc}
	8	13.3323 ^{abc}
<i>Panicum</i>	4	11.8347 ^{bc}
	6	10.3372 ^c
	8	10.5414 ^c

Literales diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

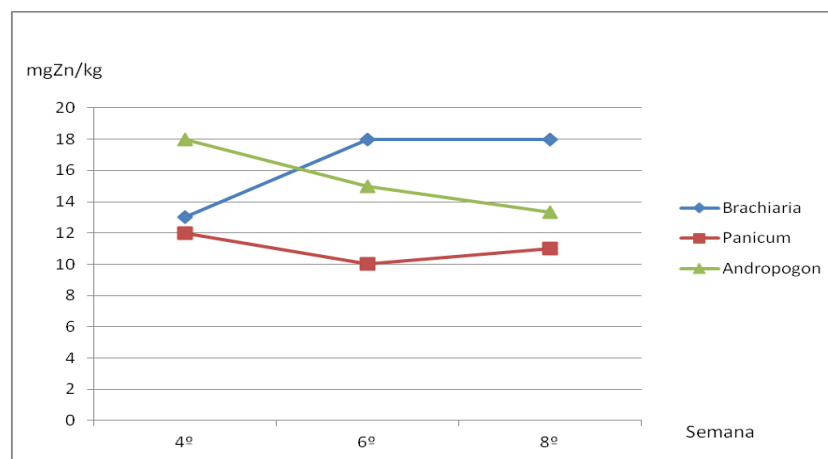


Figura 8. Contenido de zinc en gramíneas del trópico seco a diferente semana de rebrote en Cocula, Gro.

VIII. DISCUSIÓN.

8.1 Variación en el contenido de minerales en las gramíneas

La concentración de elementos minerales en las gramíneas de trópico evaluadas en el presente estudio, manifestó el siguiente orden en concentración de elementos minerales: K>Ca>Mg>P>Na>Fe>Mn>Zn>Cu. Similar resultado obtuvieron López *et al.* (2007) en el contenido mineral de los principales pastos de Tabasco, excepto porque registraron un mayor contenido de P que de Mg, esos investigadores señalaron que el contenido de elementos minerales de distintos forrajes presentó variación en las distintas épocas del año.

Señalaron López *et al.* (2007) que la principal fuente de variación en la composición mineral fue el distinto tipo de suelo, y ese factor fue superior en la variación de la concentración mineral de los forrajes al que se registró por efecto de la época de cosecha.

8.1.1 Calcio

En los trabajos de López *et al.* (2007) y de González (2012) se obtuvo una concentración de calcio de 0.32% para diferentes pastos cuando se cosecharon a los 21 días, y disminuyó en relación con la edad a la cosecha. Contario a los resultados del presente estudio, donde la diferencia atribuible a la edad de corte no fue detectada.

Al comparar la cantidad de Ca presente en las gramíneas de este estudio a las distintas semanas de rebrote, con las necesidades para producción de las diferentes especies de rumiantes domésticos (NRC 1999, 2007), se observa que la cantidad reportada (promedio= 0.37%) es suficiente para satisfacer las necesidades de bovinos de carne en lactación temprana, ovinos en mantenimiento y caprinos en mantenimiento. Sin embargo, no cubre las necesidades de alimentación para animales con alto nivel de producción.

Cuadro 10.
Contenido de calcio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (%) de Ca en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
% Ca						
<i>Brachiaria</i>	0.35	0.38	0.37	6-18 meses 0.41 – 0.37	Crecimiento 0.40 – 0.37	Crec 15-40 Kg 0.30 – 0.73
<i>Panicum</i>	0.32	0.33	0.30			
<i>Andropogon</i>	0.46	0.41	0.43			
Media = 0.37				Creci y finalización 0.54 – 0.19	Mantenimiento 0.25-0.21	Mant y Crec 0.24–0.17
				Lact temprana 0.22-0.20	Lact simple 0.32-0.28 Lact gemelar, 0.42-0.32	Lact simple 0.40-0.26, lact gemelar 0.43-0.31

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.2 Fósforo.

López *et al.* (2007) señalaron que la concentración deseable de P en el forraje debe ser superior al 0.3% para satisfacer las necesidades de los bovinos productores de carne. Al comparar la cantidad de P presente en las gramíneas cosechadas a diferentes edades de rebrote con las necesidades para producción de las distintas especies de rumiantes (NRC 1996, 2007. Cuadro 11), se observa que a *grosso modo* no satisfacen las necesidades de P de bovinos de carne, ovinos y caprinos.

En el presente estudio se encontró que el contenido de P de los forrajes estudiados disminuye con la edad al corte. Esto podría explicarse por la movilización del elemento de las partes vegetativas hacia las reproductivas, lo cual sucede con el incremento en la edad de las plantas como en el caso del maíz donde en una deficiencia de fósforo se tiene como resultado mazorcas pequeñas con hileras incompletas en uno de sus lados en un reporte de Ramírez, R (1995).

Cuadro 11.
Contenido de fósforo (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (%) de P en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
% P						
<i>Brachiaria</i>	0.11	0.06	0.06	6-18 meses 0.28 – 0.18	Crecimiento 0.26 – 0.29	Crec 15-40 Kg 0.17 – 0.36
<i>Panicum</i>	0.15	0.13	0.12			
<i>Andropogon</i>	0.12	0.10	0.09	Creci y finalización 0.22 – 0.08	Mantenimiento 0.18-0.19	Mant y Crec 0.16 – 0.17
Media	0.13	0.10	0.09			
				Lact temprana 0.14-0.12	Lact simple 0.28– 0.27. lact gemelar 0.35-0.31	Lact simple 0.25-0.19, lact gemelar 0.27-0.22

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.3 Sodio

Mc Dowell, Minson, Underwood y Suttle (2003) encontraron en los pastos tropicales valores deficientes de P y Na. Lo que resulta crítico ya que la demanda del animal por este último elemento es mayor si se toma en cuenta el estrés calórico de los animales en los trópicos. Las especies vegetales son en general poco tolerantes al sodio, sin embargo hay algunos cultivos más resistentes que otros a este elemento. Por ejemplo, las plantas halófitas tienen la particularidad de tolerar condiciones de salinidad importantes; crecer, florecer y producir semillas en presencia de 200 mm NaCl Navarro-Aviñó (2011). Esta diferencia en la captación de sodio, por las diferentes especies estudiadas podría explicar el efecto atribuido al género. Posiblemente el desplazamiento de Na hacia la radícula de la planta en la semana 6 provocó una disminución del elemento en la parte aérea ya que en ese sitio se aloja al sodio siendo este elemento el que lleva a cabo la captación de nutrientes y agua regulando una adecuada presión osmótica. En un estudio del pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) reportado por Ayala RC *et al* (2011) una alta concentración de sales afectó el crecimiento de la radícula del pasto en comparación a la parte aérea determinando que el Na es atrapado en la raíz.

Al comparar la cantidad de Na presente en las gramíneas de la presente investigación con las necesidades para producción de las distintas especies de animales rumiantes, de acuerdo con el NRC (1997, 2001, 2007; Cuadro 12), solo resalta que el género *Panicum* en la 6° semana cubriría los requerimientos de los bovinos de carne en crecimiento y finalización. Pero, no se alcanzan a satisfacer las necesidades de alimentación para animales que se encuentran en un proceso intensivo de producción.

Cuadro 12.

Contenido de sodio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (%) de Na en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
% Na						
<i>Brachiaria</i>	0.05	0.05	0.03	6-18 meses 0.47-0.46	Crecimiento 0.06	Crec 15-40 Kg 0.05 – 0.10
<i>Panicum</i>	0.09	0.11	0.10			
<i>Andropogon</i>	0.04	0.07	0.02			
				Creci y finalización 0.06 – 0.10	Mantenimiento 0.04-0.05	Mant y Crec 0.06 – 0.09
				Lact temprana 0.1	Lact simple 0.06 – 0.07, lact gemelar 0.07-0.06	Lact simple 0.07–0.09, lact gemelar 0.09 0.11

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.4 Potasio.

López *et al.*, (2007) encontraron que la concentración de K en el suelo siempre fue inferior a la que se registró en los pastos. Resultado similar se obtuvo en la presente investigación ya que el contenido de K en el suelo de estudio fue de 0.12% mientras que la concentración en las gramíneas fluctuó entre 1.30 y 2.68 %.

Al comparar la cantidad de K presente en las gramíneas de la presente investigación con las necesidades para producción de las distintas especies de rumiantes domésticos, de acuerdo con el National Research Council (NRC) (Cuadro 13), se tiene que el contenido de las gramíneas de trópico satisface las necesidades de bovinos de carne, ovinos y caprinos, y supera aún las necesidades de alimentación para animales que se encuentran en un proceso intensivo de producción en los que la demanda de minerales es mayor.

Cuadro 13.

Contenido de potasio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (%) de K en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
% K						
<i>Brachiaria</i>	2.09	1.89	1.72	6-18 meses 0.11-0.10	Crecimiento 0.46-0.44	Crec 15-40 Kg 0.46 – 0.50
<i>Panicum</i>	2.68	2.00	2.05			
<i>Andropogon</i>	1.83	1.51	1.30			
Media	2.2	1.8	1.69	Creci y finalización 0.6	Mantenimiento 0.44-0.46	Mant y Crec 0.47 – 0.56
				Lact temprana 0.7	Lact simple 0.49 – 0.53, lact gemelar 0.53-0.52	Lact simple 0.55-0.60, lact gemelar 0.65-0.61

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.5 Magnesio.

Pérez-Silva *et al.* (1999) y Juárez *et al.* (2006) observaron que, en suelos ácidos, los pastos del género *Brachiaria*, *Andropogon* y *Panicum* incrementan su altura con la edad de corte, teniendo un mayor contenido de materia seca esperando también un mayor contenido de minerales entre dichas especies.

Al comparar la cantidad de Mg presente en las gramíneas de la presente investigación con las necesidades para producción de las distintas especies de rumiantes domésticos, de acuerdo con el National Research Council (NRC) (Cuadro 14), se observa que el contenido de las gramíneas de trópico satisface las necesidades de bovinos de carne, ovinos y caprinos, sin embargo no alcanza a cubrir las necesidades de alimentación de las vacas en producción de leche que requieren más de este elemento.

Cuadro 14.
Contenido de magnesio (%) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (%) de Mg en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
	% Mg					
<i>Brach.</i>	0.22	0.22	0.21	6-18 meses 0.11-0.08	Crecimiento 0.09	Crec 15-40 Kg 0.05 – 0.09
<i>Pan.</i>	0.26	0.26	0.25			
<i>Andr.</i>	0.20	0.22	0.20			
				Creci y finalización 0.1	Mantenimiento 0.07-0.08	Mant y Crec 0.06 – 0.08
				Lact temprana 0.2	Lact simple 0.10-0.12, lact gemelar 0.13-0.12	Lact simple 0.08-0.10, lact gemelar 0.11-0.10

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.6 Hierro.

Mc Dowell y Conrad (1977) señalaron que un contenido deseable de Fe es mayor a 500 mg/kg MS. Para evitar anemia y otros signos de deficiencia en el ganado. En este trabajo el contenido de Fe en los diferentes forrajes y edades fue de 213 ± 111 .

Al comparar la cantidad de Fe presente en las gramíneas de la presente investigación (Cuadro 15), con las necesidades para producción que demandan distintas especies de rumiantes domésticos de acuerdo con el National Research Council (NRC), se tiene que el contenido mineral de las gramíneas de trópico satisface las necesidades de bovinos de carne, ovinos y caprinos, sin embargo no alcanza a cubrir las necesidades de alimentación para animales que se encuentran en un proceso intensivo de producción, ya que la demanda de este micro elemento esencial es aún mayor.

Cuadro 15.

Contenido de hierro (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (mg/d) de Fe en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
Fe (mg/kgMS)						
<i>Brachiaria</i>	215	267	215	6-18 meses 43-13	Crecimiento 51 – 54	Crec 15-40 Kg 2.9 – 70.9
<i>Panicum</i>	224	253	120			
<i>Andropogon</i>	300	163	158			
Promedio = 213				Creci y finalización 50	Mantenimiento 14.4–16.99	Mant y Crec 5 – 6.99
				Lact temprana 50	Lact simple 5.71-7.34, lact gemelar 6.29-6.48	Lact simple 9.38-10.31, lact gemelar 13.59-11.40

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.7 Cobre

El nivel crítico de Cu en los forrajes es < 4 mg/kgMS. Es muy probable que se presente una situación deficitaria de este elemento en el ganado del municipio de Cocula, Guerrero; al respecto Minson DJ, (1990) señala una concentración promedio de 6 mg/kgMS en 1278 muestras de forraje cosechadas en la mayoría de países del mundo. Mc Dowell *et al* (1997) reportaron valores por debajo de los recomendados por el NRC (1996) en distintos países de América Latina.

Al comparar la cantidad de Cu presente en los géneros de las gramíneas (cuadro 16) de la presente investigación, con las necesidades para producción de las distintas especies de rumiantes domésticos de acuerdo con el National Research Council (NRC), se tiene que el contenido de las gramíneas de trópico analizadas no satisface las necesidades de bovinos de carne, ovinos y caprinos, sobre todo no alcanza a cubrir las necesidades de alimentación para animales que se encuentran en un proceso intensivo de producción, ya que la demanda de este elemento es aún mayor.

Cuadro 16.

Contenido de cobre (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (mg) de Cu en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
	Cu (mg/kgMS)			6-18 meses	Crecimiento	Crec 15-40 Kg
<i>Brachiaria</i>	0	0	0	10-- 9	4.92 – 4.95	25.71-24.82
<i>Panicum</i>	1.5	0	1.5	Creci y finalización 10	Mantenimiento	Mant y Crec 20-19.89
<i>Andropogon</i>	4	2.5	1		Lact temprana 10	Lact simple 4.57-5.42, Lact gemelar 5.73-5.30
Media:		1.17				

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.8 Manganeso

Posiblemente la diferencia significativa que se observa es debido a los mecanismos de traslocación del micromineral en el género *Brachiaria*, ya que cuando hay un incremento del nutriente los tejidos internos de la planta tienen una respuesta de tolerancia a altas concentraciones de manganeso donde las hojas o raíces almacenan este micro nutriente para no tener un efecto tóxico aparente, observando la diferencia con respecto al género *Andropogon* (Puga AP, 2011). El valor crítico de Mn en los forrajes es <20 mg/kgMS teniendo en los forrajes estudiados valores inferiores a este valor.

Al comparar la cantidad de Mn presente en las gramíneas de la presente investigación con las necesidades para producción de las distintas especies de rumiantes domésticos, de acuerdo con el National Research Council (NRC) (Cuadro 17), se tiene que el contenido de las gramíneas de trópico satisface las necesidades de bovinos de carne, ovinos y caprinos. Sin embargo no alcanza a cubrir las necesidades de alimentación para animales que se encuentran en un proceso intensivo de producción.

Cuadro 17.
Contenido de manganeso (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (mg) de Mn en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
Mn (mg/kgMS)						
<i>Brach.</i>	42	37	45	6-18 meses 22-14	Crecimiento 19-18.47	Crec 15-40 Kg 8.57-20.57
<i>Pan.</i>	25	30	24			
<i>Andr.</i>	20	24	18			
				Creci y finalización 20	Mantenimiento 11.02-13.07	Mant y Crec 8.33-12.9
				Lact temprana 40	Lact simple 10.71-13.64, lact gemelar 12.59-12.39	Lact simple 10.42-12.98, lact gemelar 12.62-12.28

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

8.1.9 Zinc.

De acuerdo con Khan ZI, *et al* (2007) sobre el contenido de zinc en un estudio de la evaluación en la composición mineral de diferentes pastos, encontró una diferencia significativa durante el verano e invierno en los pastos de la especie Bahia (88.5 µg/g) y Bermuda (83.5 µg/g) con respecto al pasto Guinea perteneciente al género *Panicum* y al pasto Estrella (*Cynodon nlemfluensis*). El pasto estrella tuvo la concentración más baja durante el invierno y verano (63.8 a 59.2 µg/g) respectivamente; la concentración de zinc disminuyó en las fechas del muestreo final en todos los géneros durante ambas estaciones del año, posiblemente la concentración del zinc en las diferentes edades de corte de los forrajes se le puede atribuir este efecto. Comparado con el presente estudio donde hubo efecto de la interacción género de la especie productora de forraje por edad a la cosecha sobre el contenido de Zn, por esa razón no se toma en cuenta la concentración de este mineral registrada a la edad de la planta a la cosecha.

López *et al*, (2007) señalaron que el nivel crítico del Zn se encuentra cuando la cantidad es <30 mg/kgMS. Por su parte Minson DJ (1990) indicó que la mayoría de los forrajes tropicales causan deficiencias de Zn en el ganado cuando los forrajes registran una concentración menor a la anterior descrita. Al comparar la cantidad de Zn en las gramíneas de la presente investigación con las necesidades para producción de las distintas especies de rumiantes domésticos, de acuerdo con el National Research Council (NRC) (Cuadro 18), se tiene que el contenido de las gramíneas de trópico no satisface las necesidades de bovinos de carne, ovinos y caprinos, sobre todo no alcanza a cubrir las necesidades de alimentación para animales que se encuentran en un proceso intensivo de producción.

Cuadro 18.

Contenido de zinc (mg) en gramíneas de trópico a diferente edad de rebrote y comparación con las necesidades del elemento en los rumiantes domésticos.

Gramínea	Edad de rebrote (semanas)			Necesidades (mg/d^{-1}) de Zn en rumiantes		
	4	6	8	Bovinos de carne ¹	Ovinos ²	Caprinos ²
Zn (mg/kgMS)						
<i>Brachiaria</i>	13	18	18	6-18 meses 32-18	Crecimiento 21-31.4	Crec 15-40 Kg 5.71-21.99
<i>Panicum</i>	12	10	11			
<i>Andropogon</i>	18	15	13			
				Creci y finalización 30	Mantenimiento 22.88-26.14	Mant y Crec 10 – 14.52
				Lact temprana 30	Lact simple 31.43-35.66, Lact gemelar 41.96-36.34	Lact simple 30.21-30.15, Lact gemelar 44.66-35.09

¹ Nutrient requirements of beef cattle. NRC, 1996

² Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. NRC, 2007

IX. CONCLUSIONES.

De acuerdo con la hipótesis planteada sobre el contenido de elementos minerales de algunas gramíneas introducidas al trópico seco de Guerrero esperando que aumentaran con la edad de corte, en la época de lluvias, no se comprobó está ya que; para el caso del Ca, Mg, Fe, Mn y Zn no hubo diferencia significativa atribuible a la semana de corte. En tanto para P, Na y K se observó lo opuesto a la hipótesis ya que el contenido de estos elementos en los tres géneros (*Brachiaria*, *Panicum* y *Andropogon*) disminuyó conforme aumento la edad del forraje.

Bajo las condiciones del presente estudio el contenido de Ca, K, Mg, Fe y Mn satisfacen los requerimientos de mantenimiento, crecimiento y lactación de los bovinos productores de carne, ovinos y caprinos sin embargo, el contenido de P, Na, Cu y Zn de las gramíneas a grandes rasgos no satisface las necesidades de dichas especies animales. Por ello es necesario diseñar una complementación mineral adecuada para cubrir los requerimientos específicos de los animales en cada etapa de producción, no solo para la unidad de estudio sino para cualquier unidad pecuaria.

X. REFERENCIAS

1. Anchordoquy JM. Efecto del zinc sobre la maduración de los ovocitos de bovino y su impacto sobre la capacidad de desarrollo embrionario posterior (tesis de licenciatura). La Plata (Provincia de Buenos Aires) Argentina: Univ Nacional de la Plata, 2012.
2. Angeles CS. Alimentación de vacas en el periodo de pre-parto y postparto. Selecciones Veterinarias número 2. México 2006; 6.
3. Ávila A. Evaluación de micro elementos a nivel sanguíneo en vacas de producción lechera, mediante la administración de sal mineral comercial y componentes quelatados inyectables en la hacienda Aychapicho Agro's del cantón Mejía. (Tesis de licenciatura). Cotopaxi (Latacunga) Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2012.
4. Ayala RC *et al.* Efecto de la salinidad y la temperatura sobre el crecimiento del pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]. Ciencia Ergo Sum, 2011; 18: 59-69.
5. Blanco F, Seguí E. Variación del contenido de Na en cultivares de *Panicum maximum* y su relación con el rendimiento. Pastos y Forrajes 1992; 15: 123-131.
6. Brito SF. Efecto de la fitasa y complejo enzimático probiótico sobre el desarrollo reproductivo y productivo de cerdas en las etapas de gestación y lactancia. (Tesis de licenciatura). Riobamba (Chimborazo) Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2006.

7. Bray TM, Bettger WJ. The physiological role of zinc as an antioxidant. *Free Radic Biol Med* 1990; 8: 281–291.
8. Cerdas R. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste. *InterSedes* 2012; 12:109-128.
9. Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2ª ed. México: Limusa-Wiley, 2006.
10. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana, Estado de Guerrero. Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos comisión técnico consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero 1980. México D.F.
11. Cseh SB., Rodríguez GM., Sciotti A. y Campero CM. Efecto de la suplementación con Mg sobre diversos parámetros en vacas con restricción alimentaria. *Archivos de zootecnia* 2012; 61(236): 525-536.
12. Díaz G. Desequilibrios metabólicos con especial referencia a las carenciales de minerales asociadas a problemas reproductivos en vacas lecheras de Cuba. *REDVET-Rev. electrón. vet.-Revista electrónica de Veterinaria* 2011; 12: 12.
13. Dreosti IE. Zinc and the gene. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 2001; 475: 161-167.

14. Gallegos JA. Una secuencia de aprendizaje para el aula: la materia mineral y su anisotropía. *Enseñanza de las ciencias* 1998; 16: 159-167.
15. García DGJ, Ramírez LRG, Foroughbakhch R, Morales RR. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2012; 41(2): 209-218.
16. Godoy S. Absorción del fósforo y cinética de fósforo y calcio de ovinos alimentados con diferentes fosfatos. *Revista de ciencia y tecnología de América* 2005; 30(07): 414-418.
17. González E. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes* 2012; 25: 1.
18. González E. Y Cáceres O. Valoración potencial y perspectiva de la cría caprina en el trópico contemporáneo. *Pastos y Forrajes*; 19 (1), 1996 1.
19. Juárez J., et al. Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* Rendle Schweick. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 2011; 45(3): 321.
20. Khan ZI, et al. Evaluation of micro minerals composition of different grasses in relation to Livestock requirements. *Pak. J. Bot*, 2007; 9(3): 719-728.
21. Khouri EA. Y Prendes J. Pérdida de disponibilidad y niveles críticos de fósforo Mehlich 3 en suelos no calcáreos de Asturias. *Pastos*; 35(2), 2011; 163:178.

22. López J, *et al.* Minerales en la ganadería bovina extensiva en Tabasco. Libro científico núm 3. México: INIFAB Pecuario, 2007.
23. Martínez MA. Factores nutricionales que deben considerarse en el diseño de raciones basadas en forrajes secos y concentrados para caballos de ocio. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 2008; 1695: 7504.
24. McCall, Keith A, HUANG Ch, FIERKE CA. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. The Journal of nutrition 2000; 130: 1437S-1446S.
25. McDowell LR. Feeding minerals to cattle on pasture. Animal Feed Science and Technology 1996; 60(3): 247-271.
26. Minson DJ. Forages in ruminant nutrition. New York: Academic Press, 1990.
27. Morales AE, Domínguez VI, González RM, Jaramillo EG, Castelán OO, Pescador SN *et al.* Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. Técnica Pecuaria en México 2012; 45(3): 329-344.
28. Mufarrege DJ. Los minerales en la alimentación de vacunos de carne en la Argentina. EEA INTA Mercedes 1999: 15-20.
29. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids, 6th ed. National Academy Press Washington DC 2007: 244-298.
30. Nutrient requirements of beef cattle. National research Council. National Academy Press

Washington DC 1996: 11-25.

31. Prasad AS, Kucuk O. Zinc in cancer prevention. *Cancer and Metastasis Reviews* 2002; 21(3-4): 291-295.
32. Ocaña VMA. Análisis de la suplementación con bloques nutricionales en vacas lecheras (tesis de licenciatura). Riobamba (Chimborazo) Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2012.
33. Olivera AM, Tarazona AM, Ruíz T, Giraldo CA. Vías implicadas en la luteólisis bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2009; 20(3): 387-393.
34. Patiño PR, Da silva FJ. Modelos de predicción de exigencias minerales para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 2011; 3(2): 344-365.
35. Patiño PR, Barragán W, Vergara GÓ, Angulo LM. Mecanismos reguladores de la absorción de fósforo. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 2012; 4(2): 473-497.
36. Pechin GH, Sánchez LO, Cseh S. Evaluación de dos formas de administración (bolos de liberación lenta vs. EDTA Cu inyectable) en la prevención de la deficiencia de cobre. *Rev. Arg. Prod. Anim* 2006; 26(Supl 1): 46-47.
37. Powell SR. The antioxidant properties of zinc. *The Journal of nutrition* 2000; 130(5): 1447-1454.

38. Puga AP et al. Effects of manganese on growth, nutrition and dry matter production of plants of *Brachiaria brizantha* (cv. MG4) in greenhouse conditions. *Revista Ceres* 2011; 58(6): 811-816.
39. RAMÍREZ R. Relación de la germinación prematura del maíz con el encalado y el molibdeno de la semilla. *Agronomía Tropical* 1995; 45(4): 595-608.
40. Ramírez RG, Foroughbackhch R, González-Rodríguez H, García-Castillo CG, Alba-Ávila J, Hauad LA. Variación estacional del contenido mineral en el zacate buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.). *Livestock Research for Rural Development* 2002: 14(2).
41. Salamanca A. Suplementación de minerales en la producción bovina. *REDVET Revista electrónica de Veterinaria* 2010; 1695: 7504.
42. Sánchez MD. Alimentación de pequeños rumiantes y herbívoros en los trópicos. Conferencia presentada en el tercer Taller Internacional Silvopastoril: Los árboles y arbustos en la ganadería; 1998 noviembre 25-27; (Matanzas) Cuba. *Pastos y Forrajes*, 2012; 23(2).
43. Sanhueza CJ, Valenzuela BA. Receptores nucleares y regulación de la expresión génica por ácidos grasos poliinsaturados: algo más que producción de energía y esencialidad. *Rev Chil Nutr* 2006; 33(2): 150-161.
44. Shali UT, Maltz E, Silanikove N, Berman A. Water, sodium, potassium, and chlorine metabolism of dairy cows at the onset of lactation in hot weather. *J Dairy Sci* 1991; 74: 1874-1883.

45. Soto C, Reinoso V. Suplementación con fósforo en ganado de carne a pastoreo. REDVET Rev. electrón. vet. 2012; 13 (7).
46. Spears JW. Trace mineral bioavailability in ruminants. Journal of Nutrition 2003; 133: 15065 – 15095.
47. Tejada de Hernández, I. R. M. A. "Control de calidad y análisis de alimentos para animales." México (DF) 1992; Sistema de Educación Continua en Producción Animal, AC.
48. Tittarelli CM, Giuliadori MJ, Mattioli GA, Ramírez CE. Efecto de las lluvias sobre la composición mineral de gramíneas y *Lotus glaber mill* del partido de Magdalena. Analecta Veterinaria 2001; 21 (1):54-57.
49. Torres AR, Bahr VP. El zinc: la chispa de la vida. Revista cubana de pediatría 2004; 76 (4).
50. Underwood EJ, Suttle NF. Los minerales en la nutrición del ganado. 3ªed. España: ACRIBIA, 2003.
51. Velásquez-Pereira J, McDowell L, Conrad J, Wilkinson N, Martin F. Nivel mineral existente en suelos, forrajes y ganado bovino en Nicaragua. II. Macrominerales y composición orgánica de forrajes. Rev. Fac. Agron, 1997; 14: 91.
52. Verdecia DM. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum cv. Tanzania*. REDVET Revista electrónica de Veterinaria 2008; 5:1695-7504.

ANEXOS

ANEXO I

Cuadro 19. Base de datos utilizada para el análisis de varianza de los resultados del experimento.

Género	Especie	Repetición	Semana	%Ca	%P	%Na	%K	%Mg	mgFe/Kg	mgMn/Kg	mgZn/Kg
<i>Brachiaria</i>	Insurgente	1	4	0.38	0.12	0.09	1.24	0.23	158	17	8
<i>Brachiaria</i>	Insurgente	1	6	0.34	0.06	0.03	1.78	0.19	120	43	16
<i>Brachiaria</i>	Insurgente	1	8	0.47	0.04	0.03	1.73	0.26	82	49	19
<i>Brachiaria</i>	Insurgente	2	4	0.24	0.10	0.03	1.75	0.19	177	37	14
<i>Brachiaria</i>	Insurgente	2	6	0.29	0.10	0.05	1.85	0.21	404	49	20
<i>Brachiaria</i>	Insurgente	2	8	0.20	0.09	0.04	1.91	0.20	291	37	19
<i>Brachiaria</i>	Mulato	1	4	0.44	0.11	0.06	2.54	0.22	272	52	13
<i>Brachiaria</i>	Mulato	1	6	0.52	0.03	0.03	1.53	0.20	234	46	17
<i>Brachiaria</i>	Mulato	1	8	0.42	0.06	0.04	1.81	0.21	139	37	13
<i>Brachiaria</i>	Mulato	2	4	0.33	0.12	0.03	2.81	0.23	253	40	15
<i>Brachiaria</i>	Mulato	2	6	0.38	0.06	0.09	2.41	0.24	310	43	17
<i>Brachiaria</i>	Mulato	2	8	0.38	0.05	0.02	1.45	0.20	347	52	22
<i>Panicum</i>	Mombasa	1	4	0.32	0.08	0.05	2.50	0.22	177	46	14
<i>Panicum</i>	Mombasa	1	6	0.32	0.15	0.12	1.78	0.21	101	17	8
<i>Panicum</i>	Mombasa	1	8	0.33	0.14	0.13	1.74	0.25	101	26	9
<i>Panicum</i>	Mombasa	2	4	0.27	0.19	0.13	2.27	0.28	291	20	11
<i>Panicum</i>	Mombasa	2	6	0.31	0.13	0.14	1.67	0.29	480	23	12
<i>Panicum</i>	Mombasa	2	8	0.23	0.13	0.10	2.25	0.25	158	20	13
<i>Panicum</i>	Tanzania 1	1	4	0.43	0.13	0.09	2.50	0.27	196	35	10
<i>Panicum</i>	Tanzania 1	1	6	0.37	0.10	0.09	2.16	0.25	120	26	9
<i>Panicum</i>	Tanzania 1	1	8	0.35	0.12	0.09	2.27	0.23	26	26	8
<i>Panicum</i>	Tanzania 1	2	4	0.24	0.20	0.08	3.45	0.27	234	20	13
<i>Panicum</i>	Tanzania 1	2	6	0.32	0.16	0.11	2.41	0.31	310	29	13
<i>Panicum</i>	Tanzania 1	2	8	0.30	0.10	0.07	1.93	0.27	196	14	12
<i>Andropogon</i>	Llanero	1	4	0.41	0.11	0.03	1.86	0.21	177	23	15
<i>Andropogon</i>	Llanero	1	6	0.45	0.09	0.05	1.27	0.16	158	17	13
<i>Andropogon</i>	Llanero	1	8	0.50	0.10	0.01	1.43	0.18	101	23	12
<i>Andropogon</i>	Llanero	2	4	0.47	0.16	0.02	1.70	0.26	366	29	22
<i>Andropogon</i>	Llanero	2	6	0.36	0.15	0.10	1.56	0.28	196	23	20
<i>Andropogon</i>	Llanero	2	8	0.38	0.11	0.03	1.21	0.18	177	14	14
<i>Andropogon</i>	Llanerito	1	4	0.46	0.06	0.06	1.96	0.16	158	17	15
<i>Andropogon</i>	Llanerito	1	6	0.43	0.06	0.03	1.63	0.13	82	14	12
<i>Andropogon</i>	Llanerito	1	8	0.37	0.08	0.04	1.05	0.17	101	17	11
<i>Andropogon</i>	Llanerito	2	4	0.50	0.15	0.02	1.78	0.24	499	26	19
<i>Andropogon</i>	Llanerito	2	6	0.39	0.09	0.10	1.60	0.23	215	17	16
<i>Andropogon</i>	Llanerito	2	8	0.46	0.08	0.01	1.49	0.16	253	14	16

ANEXO II.

Cuadro 20. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de calcio.

	Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
	S	2	24	0.07	0.9367
	genero	2	3	4.11	0.1381
	genero*S	4	24	0.46	0.7664

Least Squares Means			Error				
Effect	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t
S		4	0.3754	0.02308	10.4	16.26	<.0001
S		6	0.3729	0.02308	10.4	16.16	<.0001
S		8	0.3656	0.02308	10.4	15.84	<.0001
genero	1		0.3659	0.02852	3	12.83	0.0010
genero	2		0.3164	0.02852	3	11.09	0.0016
genero	3		0.4317	0.02852	3	15.14	0.0006
genero*S	1	4	0.3493	0.03998	10.4	8.74	<.0001
genero*S	1	6	0.3810	0.03998	10.4	9.53	<.0001
genero*S	1	8	0.3674	0.03998	10.4	9.19	<.0001
genero*S	2	4	0.3171	0.03998	10.4	7.93	<.0001
genero*S	2	6	0.3302	0.03998	10.4	8.26	<.0001
genero*S	2	8	0.3018	0.03998	10.4	7.55	<.0001
genero*S	3	4	0.4599	0.03998	10.4	11.50	<.0001
genero*S	3	6	0.4075	0.03998	10.4	10.19	<.0001
genero*S	3	8	0.4277	0.03998	10.4	10.70	<.0001

Procedimiento Mixed											
Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
S		4		6	0.002530	0.02802	24	0.09	0.9288	Tukey-Kramer	0.9955
S		4		8	0.009774	0.02802	24	0.35	0.7303	Tukey-Kramer	0.9353
S		6		8	0.007244	0.02802	24	0.26	0.7982	Tukey-Kramer	0.9639
genero	1		2		0.04951	0.04033	3	1.23	0.3071	Tukey	0.5171
genero	1		3		-0.06579	0.04033	3	-1.63	0.2013	Tukey	0.3607
genero	2		3		-0.1153	0.04033	3	-2.86	0.0646	Tukey	0.1258
genero*S	1	4	1	6	-0.03170	0.04853	24	-0.65	0.5198	Tukey-Kramer	0.9990
genero*S	1	4	1	8	-0.01816	0.04853	24	-0.37	0.7116	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	4	0.03215	0.05654	10.4	0.57	0.5817	Tukey-Kramer	0.9996
genero*S	1	4	2	6	0.01905	0.05654	10.4	0.34	0.7429	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	8	0.04748	0.05654	10.4	0.84	0.4200	Tukey-Kramer	0.9942
genero*S	1	4	3	4	-0.1106	0.05654	10.4	-1.96	0.0779	Tukey-Kramer	0.5851
genero*S	1	4	3	6	-0.05820	0.05654	10.4	-1.03	0.3267	Tukey-Kramer	0.9788
genero*S	1	4	3	8	-0.07844	0.05654	10.4	-1.39	0.1944	Tukey-Kramer	0.8918
genero*S	1	6	1	8	0.01354	0.04853	24	0.28	0.7826	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	4	0.06385	0.05654	10.4	1.13	0.2842	Tukey-Kramer	0.9635
genero*S	1	6	2	6	0.05075	0.05654	10.4	0.90	0.3897	Tukey-Kramer	0.9910
genero*S	1	6	2	8	0.07918	0.05654	10.4	1.40	0.1905	Tukey-Kramer	0.8868
genero*S	1	6	3	4	-0.07889	0.05654	10.4	-1.40	0.1921	Tukey-Kramer	0.8889
genero*S	1	6	3	6	-0.02649	0.05654	10.4	-0.47	0.6490	Tukey-Kramer	0.9999
genero*S	1	6	3	8	-0.04674	0.05654	10.4	-0.83	0.4270	Tukey-Kramer	0.9948
genero*S	1	8	2	4	0.05031	0.05654	10.4	0.89	0.3937	Tukey-Kramer	0.9915
genero*S	1	8	2	6	0.03721	0.05654	10.4	0.66	0.5248	Tukey-Kramer	0.9989
genero*S	1	8	2	8	0.06564	0.05654	10.4	1.16	0.2717	Tukey-Kramer	0.9573
genero*S	1	8	3	4	-0.09243	0.05654	10.4	-1.63	0.1320	Tukey-Kramer	0.7772
genero*S	1	8	3	6	-0.04004	0.05654	10.4	-0.71	0.4944	Tukey-Kramer	0.9982
genero*S	1	8	3	8	-0.06028	0.05654	10.4	-1.07	0.3105	Tukey-Kramer	0.9739
genero*S	2	4	2	6	-0.01310	0.04853	24	-0.27	0.7895	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	4	2	8	0.01533	0.04853	24	0.32	0.7548	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	4	3	4	-0.1427	0.05654	10.4	-2.52	0.0294	Tukey-Kramer	0.2693
genero*S	2	4	3	6	-0.09035	0.05654	10.4	-1.60	0.1400	Tukey-Kramer	0.7968
genero*S	2	4	3	8	-0.1106	0.05654	10.4	-1.96	0.0779	Tukey-Kramer	0.5851
genero*S	2	6	2	8	0.02843	0.04853	24	0.59	0.5635	Tukey-Kramer	0.9995
genero*S	2	6	3	4	-0.1296	0.05654	10.4	-2.29	0.0439	Tukey-Kramer	0.3839
genero*S	2	6	3	6	-0.07725	0.05654	10.4	-1.37	0.2007	Tukey-Kramer	0.8996
genero*S	2	6	3	8	-0.09749	0.05654	10.4	-1.72	0.1143	Tukey-Kramer	0.7268
genero*S	2	8	3	4	-0.1581	0.05654	10.4	-2.80	0.0183	Tukey-Kramer	0.1682
genero*S	2	8	3	6	-0.1057	0.05654	10.4	-1.87	0.0901	Tukey-Kramer	0.6393
genero*S	2	8	3	8	-0.1259	0.05654	10.4	-2.23	0.0492	Tukey-Kramer	0.4207
genero*S	3	4	3	6	0.05239	0.04853	24	1.08	0.2910	Tukey-Kramer	0.9719
genero*S	3	4	3	8	0.03215	0.04853	24	0.66	0.5140	Tukey-Kramer	0.9989
genero*S	3	6	3	8	-0.02024	0.04853	24	-0.42	0.6803	Tukey-Kramer	1.0000

Cuadro 21. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de fósforo.

		Num	Den								
Effect		DF	DF	F-Valor	Pr > F						
S		2	24	4.15	0.0283						
genero		2	3	8.34	0.0595						
genero*S		4	24	0.37	0.8259						
Least Squares Means											
Effect	genero	S	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t				
S		4	0.1257	0.009263	16.3	13.57	<.0001				
S		6	0.09833	0.009263	16.3	10.62	<.0001				
S		8	0.09067	0.009263	16.3	9.79	<.0001				
genero	1		0.07853	0.009715	3	8.08	0.0040				
genero	2		0.1344	0.009715	3	13.83	0.0008				
genero	3		0.1018	0.009715	3	10.47	0.0019				
genero*S	1	4	0.1112	0.01604	16.3	6.93	<.0001				
genero*S	1	6	0.06404	0.01604	16.3	3.99	0.0010				
genero*S	1	8	0.06033	0.01604	16.3	3.76	0.0017				
genero*S	2	4	0.1464	0.01604	16.3	9.12	<.0001				
genero*S	2	6	0.1347	0.01604	16.3	8.40	<.0001				
genero*S	2	8	0.1220	0.01604	16.3	7.60	<.0001				
genero*S	3	4	0.1194	0.01604	16.3	7.44	<.0001				
genero*S	3	6	0.09621	0.01604	16.3	6.00	<.0001				
genero*S	3	8	0.08967	0.01604	16.3	5.59	<.0001				
Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
S		4		6	0.02733	0.01277	24	2.14	0.0427	Tukey-Kramer	0.1028
S		4		8	0.03499	0.01277	24	2.74	0.0114	Tukey-Kramer	0.0296
S		6		8	0.007664	0.01277	24	0.60	0.5540	Tukey-Kramer	0.8213
genero	1		2		-0.05584	0.01374	3	-4.06	0.0269	Tukey	0.0537
genero	1		3		-0.02322	0.01374	3	-1.69	0.1896	Tukey	0.3419
genero	2		3		0.03262	0.01374	3	2.37	0.0981	Tukey	0.1868
genero*S	1	4	1	6	0.04718	0.02211	24	2.13	0.0433	Tukey-Kramer	0.4757
genero*S	1	4	1	8	0.05089	0.02211	24	2.30	0.0304	Tukey-Kramer	0.3795
genero*S	1	4	2	4	-0.03517	0.02269	16.3	-1.55	0.1404	Tukey-Kramer	0.8210
genero*S	1	4	2	6	-0.02352	0.02269	16.3	-1.04	0.3151	Tukey-Kramer	0.9779
genero*S	1	4	2	8	-0.01078	0.02269	16.3	-0.48	0.6411	Tukey-Kramer	0.9999
genero*S	1	4	3	4	-0.00815	0.02269	16.3	-0.36	0.7240	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	3	6	0.01500	0.02269	16.3	0.66	0.5177	Tukey-Kramer	0.9989
genero*S	1	4	3	8	0.02155	0.02269	16.3	0.95	0.3561	Tukey-Kramer	0.9871
genero*S	1	6	1	8	0.003705	0.02211	24	0.17	0.8683	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	4	-0.08235	0.02269	16.3	-3.63	0.0022	Tukey-Kramer	0.0301
genero*S	1	6	2	6	-0.07070	0.02269	16.3	-3.12	0.0066	Tukey-Kramer	0.0905
genero*S	1	6	2	8	-0.05796	0.02269	16.3	-2.55	0.0210	Tukey-Kramer	0.2564
genero*S	1	6	3	4	-0.05533	0.02269	16.3	-2.44	0.0266	Tukey-Kramer	0.3089
genero*S	1	6	3	6	-0.03218	0.02269	16.3	-1.42	0.1750	Tukey-Kramer	0.8799
genero*S	1	6	3	8	-0.02563	0.02269	16.3	-1.13	0.2750	Tukey-Kramer	0.9634
genero*S	1	8	2	4	-0.08606	0.02269	16.3	-3.79	0.0016	Tukey-Kramer	0.0208
genero*S	1	8	2	6	-0.07440	0.02269	16.3	-3.28	0.0046	Tukey-Kramer	0.0645
genero*S	1	8	2	8	-0.06166	0.02269	16.3	-2.72	0.0151	Tukey-Kramer	0.1937
genero*S	1	8	3	4	-0.05904	0.02269	16.3	-2.60	0.0191	Tukey-Kramer	0.2368
genero*S	1	8	3	6	-0.03588	0.02269	16.3	-1.58	0.1330	Tukey-Kramer	0.8053
genero*S	1	8	3	8	-0.02933	0.02269	16.3	-1.29	0.2141	Tukey-Kramer	0.9239
genero*S	2	4	2	6	0.01165	0.02211	24	0.53	0.6031	Tukey-Kramer	0.9998
genero*S	2	4	2	8	0.02439	0.02211	24	1.10	0.2810	Tukey-Kramer	0.9681
genero*S	2	4	3	4	0.02702	0.02269	16.3	1.19	0.2508	Tukey-Kramer	0.9509
genero*S	2	4	3	6	0.05017	0.02269	16.3	2.21	0.0417	Tukey-Kramer	0.4297
genero*S	2	4	3	8	0.05672	0.02269	16.3	2.50	0.0235	Tukey-Kramer	0.2803
genero*S	2	6	2	8	0.01274	0.02211	24	0.58	0.5699	Tukey-Kramer	0.9996
genero*S	2	6	3	4	0.01537	0.02269	16.3	0.68	0.5078	Tukey-Kramer	0.9987
genero*S	2	6	3	6	0.03852	0.02269	16.3	1.70	0.1086	Tukey-Kramer	0.7421
genero*S	2	6	3	8	0.04507	0.02269	16.3	1.99	0.0641	Tukey-Kramer	0.5661
genero*S	2	8	3	4	0.002627	0.02269	16.3	0.12	0.9092	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	8	3	6	0.02578	0.02269	16.3	1.14	0.2723	Tukey-Kramer	0.9622
genero*S	2	8	3	8	0.03233	0.02269	16.3	1.42	0.1731	Tukey-Kramer	0.8772
genero*S	3	4	3	6	0.02315	0.02211	24	1.05	0.3055	Tukey-Kramer	0.9765
genero*S	3	4	3	8	0.02970	0.02211	24	1.34	0.1918	Tukey-Kramer	0.9077
genero*S	3	6	3	8	0.006548	0.02211	24	0.30			

Cuadro 22. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Sodio.

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
S	2	24	4.01	0.0314
genero	2	3	25.05	0.0134
genero*S	4	24	0.93	0.4653

Least Squares Means							
Effect	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t
S		4	0.05913	0.006965	20	8.49	<.0001
S		6	0.07830	0.006965	20	11.24	<.0001
S		8	0.05028	0.006965	20	7.22	<.0001
genero	1		0.04456	0.006571	3	6.78	0.0066
genero	2		0.1005	0.006571	3	15.30	0.0006
genero	3		0.04262	0.006571	3	6.49	0.0074
genero*S	1	4	0.05234	0.01206	20	4.34	0.0003
genero*S	1	6	0.05103	0.01206	20	4.23	0.0004
genero*S	1	8	0.03031	0.01206	20	2.51	0.0207
genero*S	2	4	0.08866	0.01206	20	7.35	<.0001
genero*S	2	6	0.1149	0.01206	20	9.52	<.0001
genero*S	2	8	0.09807	0.01206	20	8.13	<.0001
genero*S	3	4	0.03638	0.01206	20	3.02	0.0068
genero*S	3	6	0.06901	0.01206	20	5.72	<.0001
genero*S	3	8	0.02245	0.01206	20	1.86	0.0775

Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
S		4		6	-0.01917	0.01012	24	-1.90	0.0702	Tukey-Kramer	0.1618
S		4		8	0.008852	0.01012	24	0.87	0.3903	Tukey-Kramer	0.6609
S		6		8	0.02802	0.01012	24	2.77	0.0106	Tukey-Kramer	0.0277
genero	1		2		-0.05597	0.009293	3	-6.02	0.0092	Tukey	0.0186
genero	1		3		0.001945	0.009293	3	0.21	0.8476	Tukey	0.9763
genero	2		3		0.05791	0.009293	3	6.23	0.0083	Tukey	0.0169
genero*S	1	4	1	6	0.001310	0.01752	24	0.07	0.9410	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	1	8	0.02203	0.01752	24	1.26	0.2208	Tukey-Kramer	0.9342
genero*S	1	4	2	4	-0.03632	0.01706	20	-2.13	0.0459	Tukey-Kramer	0.4784
genero*S	1	4	2	6	-0.06252	0.01706	20	-3.66	0.0015	Tukey-Kramer	0.0278
genero*S	1	4	2	8	-0.04573	0.01706	20	-2.68	0.0144	Tukey-Kramer	0.2069
genero*S	1	4	3	4	0.01596	0.01706	20	0.94	0.3608	Tukey-Kramer	0.9883
genero*S	1	4	3	6	-0.01667	0.01706	20	-0.98	0.3401	Tukey-Kramer	0.9846
genero*S	1	4	3	8	0.02989	0.01706	20	1.75	0.0951	Tukey-Kramer	0.7105
genero*S	1	6	1	8	0.02072	0.01752	24	1.18	0.2486	Tukey-Kramer	0.9527
genero*S	1	6	2	4	-0.03763	0.01706	20	-2.21	0.0393	Tukey-Kramer	0.4330
genero*S	1	6	2	6	-0.06383	0.01706	20	-3.74	0.0013	Tukey-Kramer	0.0234
genero*S	1	6	2	8	-0.04704	0.01706	20	-2.76	0.0121	Tukey-Kramer	0.1805
genero*S	1	6	3	4	0.01465	0.01706	20	0.86	0.4008	Tukey-Kramer	0.9933
genero*S	1	6	3	6	-0.01798	0.01706	20	-1.05	0.3044	Tukey-Kramer	0.9756
genero*S	1	6	3	8	0.02858	0.01706	20	1.68	0.1094	Tukey-Kramer	0.7549
genero*S	1	8	2	4	-0.05835	0.01706	20	-3.42	0.0027	Tukey-Kramer	0.0478
genero*S	1	8	2	6	-0.08455	0.01706	20	-4.96	<.0001	Tukey-Kramer	0.0013
genero*S	1	8	2	8	-0.06776	0.01706	20	-3.97	0.0008	Tukey-Kramer	0.0138
genero*S	1	8	3	4	-0.00607	0.01706	20	-0.36	0.7256	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	8	3	6	-0.03870	0.01706	20	-2.27	0.0345	Tukey-Kramer	0.3974
genero*S	1	8	3	8	0.007859	0.01706	20	0.46	0.6500	Tukey-Kramer	0.9999
genero*S	2	4	2	6	-0.02620	0.01752	24	-1.50	0.1479	Tukey-Kramer	0.8471
genero*S	2	4	2	8	-0.00941	0.01752	24	-0.54	0.5963	Tukey-Kramer	0.9998
genero*S	2	4	3	4	0.05228	0.01706	20	3.06	0.0061	Tukey-Kramer	0.1004
genero*S	2	4	3	6	0.01965	0.01706	20	1.15	0.2630	Tukey-Kramer	0.9592
genero*S	2	4	3	8	0.06621	0.01706	20	3.88	0.0009	Tukey-Kramer	0.0170
genero*S	2	6	2	8	0.01679	0.01752	24	0.96	0.3475	Tukey-Kramer	0.9864
genero*S	2	6	3	4	0.07848	0.01706	20	4.60	0.0002	Tukey-Kramer	0.0031
genero*S	2	6	3	6	0.04585	0.01706	20	2.69	0.0142	Tukey-Kramer	0.2044
genero*S	2	6	3	8	0.09241	0.01706	20	5.42	<.0001	Tukey-Kramer	0.0004
genero*S	2	8	3	4	0.06168	0.01706	20	3.62	0.0017	Tukey-Kramer	0.0311
genero*S	2	8	3	6	0.02906	0.01706	20	1.70	0.1040	Tukey-Kramer	0.7391
genero*S	2	8	3	8	0.07562	0.01706	20	4.43	0.0003	Tukey-Kramer	0.0046
genero*S	3	4	3	6	-0.03263	0.01752	24	-1.86	0.0749	Tukey-Kramer	0.6437
genero*S	3	4	3	8	0.01393	0.01752	24	0.80	0.4343	Tukey-Kramer	0.9960
genero*S	3	6	3	8	0.04656	0.01752	24	2.66	0.0138	Tukey-Kramer	0.2155

Cuadro 23. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Potasio.

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
S	2	24	7.55	0.0029
genero	2	3	4.50	0.1249
genero*S	4	24	0.59	0.6698

Least Squares Means							
Effect	genero	S	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
S		4	2.1977	0.1239	8.14	17.74	<.0001
S		6	1.8031	0.1239	8.14	14.56	<.0001
S		8	1.6886	0.1239	8.14	13.63	<.0001
genero	1		1.9003	0.1647	3	11.54	0.0014
genero	2		2.2440	0.1647	3	13.63	0.0009
genero	3		1.5451	0.1647	3	9.38	0.0026
genero*S	1	4	2.0866	0.2145	8.14	9.73	<.0001
genero*S	1	6	1.8922	0.2145	8.14	8.82	<.0001
genero*S	1	8	1.7221	0.2145	8.14	8.03	<.0001
genero*S	2	4	2.6802	0.2145	8.14	12.49	<.0001
genero*S	2	6	2.0033	0.2145	8.14	9.34	<.0001
genero*S	2	8	2.0484	0.2145	8.14	9.55	<.0001
genero*S	3	4	1.8263	0.2145	8.14	8.51	<.0001
genero*S	3	6	1.5139	0.2145	8.14	7.06	<.0001
genero*S	3	8	1.2952	0.2145	8.14	6.04	0.0003

Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
S		4		6	0.3946	0.1375	24	2.87	0.0084	Tukey-Kramer	0.0222
S		4		8	0.5091	0.1375	24	3.70	0.0011	Tukey-Kramer	0.0031
S		6		8	0.1145	0.1375	24	0.83	0.4130	Tukey-Kramer	0.6865
genero	1		2		-0.3436	0.2329	3	-1.48	0.2366	Tukey	0.4152
genero	1		3		0.3552	0.2329	3	1.53	0.2246	Tukey	0.3970
genero	2		3		0.6989	0.2329	3	3.00	0.0576	Tukey	0.1127
genero*S	1	4	1	6	0.1944	0.2381	24	0.82	0.4224	Tukey-Kramer	0.9952
genero*S	1	4	1	8	0.3645	0.2381	24	1.53	0.1390	Tukey-Kramer	0.8305
genero*S	1	4	2	4	-0.5936	0.3034	8.14	-1.96	0.0855	Tukey-Kramer	0.5849
genero*S	1	4	2	6	0.08331	0.3034	8.14	0.27	0.7905	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	8	0.03818	0.3034	8.14	0.13	0.9029	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	3	4	0.2603	0.3034	8.14	0.86	0.4154	Tukey-Kramer	0.9933
genero*S	1	4	3	6	0.5727	0.3034	8.14	1.89	0.0951	Tukey-Kramer	0.6278
genero*S	1	4	3	8	0.7914	0.3034	8.14	2.61	0.0307	Tukey-Kramer	0.2343
genero*S	1	6	1	8	0.1701	0.2381	24	0.71	0.4820	Tukey-Kramer	0.9981
genero*S	1	6	2	4	-0.7880	0.3034	8.14	-2.60	0.0313	Tukey-Kramer	0.2388
genero*S	1	6	2	6	-0.1111	0.3034	8.14	-0.37	0.7236	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	8	-0.1562	0.3034	8.14	-0.51	0.6204	Tukey-Kramer	0.9998
genero*S	1	6	3	4	0.06595	0.3034	8.14	0.22	0.8333	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	3	6	0.3784	0.3034	8.14	1.25	0.2471	Tukey-Kramer	0.9370
genero*S	1	6	3	8	0.5970	0.3034	8.14	1.97	0.0840	Tukey-Kramer	0.5778
genero*S	1	8	2	4	-0.9580	0.3034	8.14	-3.16	0.0131	Tukey-Kramer	0.0831
genero*S	1	8	2	6	-0.2812	0.3034	8.14	-0.93	0.3807	Tukey-Kramer	0.9890
genero*S	1	8	2	8	-0.3263	0.3034	8.14	-1.08	0.3130	Tukey-Kramer	0.9725
genero*S	1	8	3	4	-0.1041	0.3034	8.14	-0.34	0.7401	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	8	3	6	0.2083	0.3034	8.14	0.69	0.5115	Tukey-Kramer	0.9985
genero*S	1	8	3	8	0.4270	0.3034	8.14	1.41	0.1964	Tukey-Kramer	0.8842
genero*S	2	4	2	6	0.6769	0.2381	24	2.84	0.0090	Tukey-Kramer	0.1543
genero*S	2	4	2	8	0.6317	0.2381	24	2.65	0.0139	Tukey-Kramer	0.2171
genero*S	2	4	3	4	0.8539	0.3034	8.14	2.81	0.0223	Tukey-Kramer	0.1625
genero*S	2	4	3	6	1.1663	0.3034	8.14	3.84	0.0048	Tukey-Kramer	0.0185
genero*S	2	4	3	8	1.3850	0.3034	8.14	4.56	0.0018	Tukey-Kramer	0.0034
genero*S	2	6	2	8	-0.04512	0.2381	24	-0.19	0.8513	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	6	3	4	0.1770	0.3034	8.14	0.58	0.5754	Tukey-Kramer	0.9995
genero*S	2	6	3	6	0.4894	0.3034	8.14	1.61	0.1447	Tukey-Kramer	0.7888
genero*S	2	6	3	8	0.7081	0.3034	8.14	2.33	0.0473	Tukey-Kramer	0.3619
genero*S	2	8	3	4	0.2222	0.3034	8.14	0.73	0.4846	Tukey-Kramer	0.9977
genero*S	2	8	3	6	0.5346	0.3034	8.14	1.76	0.1155	Tukey-Kramer	0.7047
genero*S	2	8	3	8	0.7532	0.3034	8.14	2.48	0.0375	Tukey-Kramer	0.2882
genero*S	3	4	3	6	0.3124	0.2381	24	1.31	0.2020	Tukey-Kramer	0.9180
genero*S	3	4	3	8	0.5311	0.2381	24	2.23	0.0354	Tukey-Kramer	0.4190
genero*S	3	6	3	8	0.2187	0.2381	24	0.92	0.3676	Tukey-Kramer	0.9896

Cuadro 24. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Magnesio.

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
S	2	24	0.98	0.3884
genero	2	3	11.13	0.0409
genero*S	4	24	0.58	0.6827

Least Squares Means							
Effect	genero	S	Estimador		DF	Valor t	Pr > t
			Estimador	estándar			
S		4	0.2320	0.009832	19.3	23.59	<.0001
S		6	0.2247	0.009832	19.3	22.85	<.0001
S		8	0.2123	0.009832	19.3	21.59	<.0001
genero	1		0.2160	0.009463	3	22.83	0.0002
genero	2		0.2575	0.009463	3	27.21	0.0001
genero	3		0.1955	0.009463	3	20.66	0.0002
genero*S	1	4	0.2173	0.01703	19.3	12.76	<.0001
genero*S	1	6	0.2120	0.01703	19.3	12.45	<.0001
genero*S	1	8	0.2188	0.01703	19.3	12.85	<.0001
genero*S	2	4	0.2611	0.01703	19.3	15.33	<.0001
genero*S	2	6	0.2638	0.01703	19.3	15.49	<.0001
genero*S	2	8	0.2475	0.01703	19.3	14.53	<.0001
genero*S	3	4	0.2175	0.01703	19.3	12.77	<.0001
genero*S	3	6	0.1983	0.01703	19.3	11.64	<.0001
genero*S	3	8	0.1707	0.01703	19.3	10.02	<.0001

Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador		DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
					Estimador	estándar					
S		4		6	0.007238	0.01416	24	0.51	0.6139	Tukey-Kramer	0.8667
S		4		8	0.01964	0.01416	24	1.39	0.1782	Tukey-Kramer	0.3633
S		6		8	0.01240	0.01416	24	0.88	0.3898	Tukey-Kramer	0.6604
genero	1		2		-0.04141	0.01338	3	-3.09	0.0535	Tukey	0.1049
genero	1		3		0.02056	0.01338	3	1.54	0.2221	Tukey	0.3931
genero	2		3		0.06197	0.01338	3	4.63	0.0190	Tukey	0.0382
genero*S	1	4	1	6	0.005264	0.02453	24	0.21	0.8319	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	1	8	-0.00150	0.02453	24	-0.06	0.9519	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	4	-0.04378	0.02408	19.3	-1.82	0.0846	Tukey-Kramer	0.6708
genero*S	1	4	2	6	-0.04654	0.02408	19.3	-1.93	0.0681	Tukey-Kramer	0.6000
genero*S	1	4	2	8	-0.03015	0.02408	19.3	-1.25	0.2256	Tukey-Kramer	0.9357
genero*S	1	4	3	4	-0.00018	0.02408	19.3	-0.01	0.9941	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	3	6	0.01902	0.02408	19.3	0.79	0.4392	Tukey-Kramer	0.9961
genero*S	1	4	3	8	0.04660	0.02408	19.3	1.93	0.0678	Tukey-Kramer	0.5984
genero*S	1	6	1	8	-0.00676	0.02453	24	-0.28	0.7852	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	4	-0.04905	0.02408	19.3	-2.04	0.0556	Tukey-Kramer	0.5349
genero*S	1	6	2	6	-0.05180	0.02408	19.3	-2.15	0.0443	Tukey-Kramer	0.4653
genero*S	1	6	2	8	-0.03541	0.02408	19.3	-1.47	0.1576	Tukey-Kramer	0.8581
genero*S	1	6	3	4	-0.00544	0.02408	19.3	-0.23	0.8236	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	3	6	0.01376	0.02408	19.3	0.57	0.5744	Tukey-Kramer	0.9996
genero*S	1	6	3	8	0.04133	0.02408	19.3	1.72	0.1021	Tukey-Kramer	0.7316
genero*S	1	8	2	4	-0.04229	0.02408	19.3	-1.76	0.0949	Tukey-Kramer	0.7082
genero*S	1	8	2	6	-0.04504	0.02408	19.3	-1.87	0.0767	Tukey-Kramer	0.6387
genero*S	1	8	2	8	-0.02865	0.02408	19.3	-1.19	0.2486	Tukey-Kramer	0.9511
genero*S	1	8	3	4	0.001316	0.02408	19.3	0.05	0.9570	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	8	3	6	0.02052	0.02408	19.3	0.85	0.4047	Tukey-Kramer	0.9936
genero*S	1	8	3	8	0.04809	0.02408	19.3	2.00	0.0601	Tukey-Kramer	0.5596
genero*S	2	4	2	6	-0.00275	0.02453	24	-0.11	0.9116	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	4	2	8	0.01364	0.02453	24	0.56	0.5833	Tukey-Kramer	0.9997
genero*S	2	4	3	4	0.04361	0.02408	19.3	1.81	0.0858	Tukey-Kramer	0.6754
genero*S	2	4	3	6	0.06281	0.02408	19.3	2.61	0.0171	Tukey-Kramer	0.2345
genero*S	2	4	3	8	0.09038	0.02408	19.3	3.75	0.0013	Tukey-Kramer	0.0228
genero*S	2	6	2	8	0.01639	0.02453	24	0.67	0.5103	Tukey-Kramer	0.9988
genero*S	2	6	3	4	0.04636	0.02408	19.3	1.92	0.0691	Tukey-Kramer	0.6047
genero*S	2	6	3	6	0.06556	0.02408	19.3	2.72	0.0134	Tukey-Kramer	0.1922
genero*S	2	6	3	8	0.09313	0.02408	19.3	3.87	0.0010	Tukey-Kramer	0.0175
genero*S	2	8	3	4	0.02997	0.02408	19.3	1.24	0.2283	Tukey-Kramer	0.9377
genero*S	2	8	3	6	0.04917	0.02408	19.3	2.04	0.0551	Tukey-Kramer	0.5318
genero*S	2	8	3	8	0.07674	0.02408	19.3	3.19	0.0048	Tukey-Kramer	0.0783
genero*S	3	4	3	6	0.01920	0.02453	24	0.78	0.4413	Tukey-Kramer	0.9964
genero*S	3	4	3	8	0.04678	0.02453	24	1.91	0.0685	Tukey-Kramer	0.6156
genero*S	3	6	3	8	0.02757	0.02453	24	1.12	0.2720	Tukey-Kramer	0.9644

Cuadro 25. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Hierro.

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
S	2	24	1.72	0.2009
genero	2	3	0.75	0.5447
genero*S	4	24	1.05	0.4046

Least Squares Means							
Effect	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t
S		4	246.43	29.1409	26.4	8.46	<.0001
S		6	227.50	29.1409	26.4	7.81	<.0001
S		8	164.41	29.1409	26.4	5.64	<.0001
genero	1		232.24	19.9930	3	11.62	0.0014
genero	2		199.11	19.9930	3	9.96	0.0022
genero	3		207.00	19.9930	3	10.35	0.0019
genero*S	1	4	214.89	50.4736	26.4	4.26	0.0002
genero*S	1	6	266.94	50.4736	26.4	5.29	<.0001
genero*S	1	8	214.89	50.4736	26.4	4.26	0.0002
genero*S	2	4	224.35	50.4736	26.4	4.44	0.0001
genero*S	2	6	252.74	50.4736	26.4	5.01	<.0001
genero*S	2	8	120.25	50.4736	26.4	2.38	0.0247
genero*S	3	4	300.06	50.4736	26.4	5.94	<.0001
genero*S	3	6	162.83	50.4736	26.4	3.23	0.0033
genero*S	3	8	158.10	50.4736	26.4	3.13	0.0042

Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
S		4		6	18.9276	46.3451	24	0.41	0.6866	Tukey-Kramer	0.9125
S		4		8	82.0196	46.3451	24	1.77	0.0895	Tukey-Kramer	0.2010
S		6		8	63.0920	46.3451	24	1.36	0.1860	Tukey-Kramer	0.3764
genero	1		2		33.1233	28.2743	3	1.17	0.3260	Tukey	0.5428
genero	1		3		25.2368	28.2743	3	0.89	0.4378	Tukey	0.6808
genero	2		3		-7.8865	28.2743	3	-0.28	0.7984	Tukey	0.9586
genero*S	1	4	1	6	-52.0509	80.2720	24	-0.65	0.5229	Tukey-Kramer	0.9990
genero*S	1	4	1	8	1.14E-13	80.2720	24	0.00	1.0000	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	4	-9.4638	71.3804	26.4	-0.13	0.8955	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	6	-37.8552	71.3804	26.4	-0.53	0.6003	Tukey-Kramer	0.9998
genero*S	1	4	2	8	94.6380	71.3804	26.4	1.33	0.1962	Tukey-Kramer	0.9135
genero*S	1	4	3	4	-85.1742	71.3804	26.4	-1.19	0.2434	Tukey-Kramer	0.9503
genero*S	1	4	3	6	52.0509	71.3804	26.4	0.73	0.4723	Tukey-Kramer	0.9978
genero*S	1	4	3	8	56.7828	71.3804	26.4	0.80	0.4334	Tukey-Kramer	0.9959
genero*S	1	6	1	8	52.0509	80.2720	24	0.65	0.5229	Tukey-Kramer	0.9990
genero*S	1	6	2	4	42.5871	71.3804	26.4	0.60	0.5558	Tukey-Kramer	0.9995
genero*S	1	6	2	6	14.1957	71.3804	26.4	0.20	0.8439	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	8	146.69	71.3804	26.4	2.06	0.0499	Tukey-Kramer	0.5235
genero*S	1	6	3	4	-33.1233	71.3804	26.4	-0.46	0.6464	Tukey-Kramer	0.9999
genero*S	1	6	3	6	104.10	71.3804	26.4	1.46	0.1565	Tukey-Kramer	0.8633
genero*S	1	6	3	8	108.83	71.3804	26.4	1.52	0.1392	Tukey-Kramer	0.8333
genero*S	1	8	2	4	-9.4638	71.3804	26.4	-0.13	0.8955	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	8	2	6	-37.8552	71.3804	26.4	-0.53	0.6003	Tukey-Kramer	0.9998
genero*S	1	8	2	8	94.6380	71.3804	26.4	1.33	0.1962	Tukey-Kramer	0.9135
genero*S	1	8	3	4	-85.1742	71.3804	26.4	-1.19	0.2434	Tukey-Kramer	0.9503
genero*S	1	8	3	6	52.0509	71.3804	26.4	0.73	0.4723	Tukey-Kramer	0.9978
genero*S	1	8	3	8	56.7828	71.3804	26.4	0.80	0.4334	Tukey-Kramer	0.9959
genero*S	2	4	2	6	-28.3914	80.2720	24	-0.35	0.7267	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	4	2	8	104.10	80.2720	24	1.30	0.2070	Tukey-Kramer	0.9227
genero*S	2	4	3	4	-75.7104	71.3804	26.4	-1.06	0.2984	Tukey-Kramer	0.9747
genero*S	2	4	3	6	61.5147	71.3804	26.4	0.86	0.3966	Tukey-Kramer	0.9931
genero*S	2	4	3	8	66.2466	71.3804	26.4	0.93	0.3618	Tukey-Kramer	0.9889
genero*S	2	6	2	8	132.49	80.2720	24	1.65	0.1119	Tukey-Kramer	0.7686
genero*S	2	6	3	4	-47.3190	71.3804	26.4	-0.66	0.5131	Tukey-Kramer	0.9989
genero*S	2	6	3	6	89.9061	71.3804	26.4	1.26	0.2188	Tukey-Kramer	0.9336
genero*S	2	6	3	8	94.6380	71.3804	26.4	1.33	0.1962	Tukey-Kramer	0.9135
genero*S	2	8	3	4	-179.81	71.3804	26.4	-2.52	0.0181	Tukey-Kramer	0.2718
genero*S	2	8	3	6	-42.5871	71.3804	26.4	-0.60	0.5558	Tukey-Kramer	0.9995
genero*S	2	8	3	8	-37.8552	71.3804	26.4	-0.53	0.6003	Tukey-Kramer	0.9998
genero*S	3	4	3	6	137.23	80.2720	24	1.71	0.1003	Tukey-Kramer	0.7354
genero*S	3	4	3	8	141.96	80.2720	24	1.77	0.0897	Tukey-Kramer	0.7008
genero*S	3	6	3	8	4.7319	80.2720	24	0.06	0.9535	Tukey-Kramer	1.0000

Cuadro 26. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Manganeso.

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
S	2	24	0.35	0.7105
genero	2	3	30.08	0.0104
genero*S	4	24	1.62	0.2015

Least Squares Means							
Effect	genero	S	Error		DF	Valor t	Pr > t
			Estimador	estándar			
S		4	30.2661	2.2100	19.4	13.69	<.0001
S		6	29.0629	2.2100	19.4	13.15	<.0001
S		8	27.6189	2.2100	19.4	12.50	<.0001
genero	1		42.0583	2.1254	3	19.79	0.0003
genero	2		25.2123	2.1254	3	11.86	0.0013
genero	3		19.6772	2.1254	3	9.26	0.0027
genero*S	1	4	36.7639	3.8279	19.4	9.60	<.0001
genero*S	1	6	45.4275	3.8279	19.4	11.87	<.0001
genero*S	1	8	43.9836	3.8279	19.4	11.49	<.0001
genero*S	2	4	30.2661	3.8279	19.4	7.91	<.0001
genero*S	2	6	23.7684	3.8279	19.4	6.21	<.0001
genero*S	2	8	21.6025	3.8279	19.4	5.64	<.0001
genero*S	3	4	23.7684	3.8279	19.4	6.21	<.0001
genero*S	3	6	17.9926	3.8279	19.4	4.70	0.0001
genero*S	3	8	17.2707	3.8279	19.4	4.51	0.0002

Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Error		DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
					Estimador	estándar					
S		4		6	1.2033	3.1836	24	0.38	0.7088	Tukey-Kramer	0.9245
S		4		8	2.6472	3.1836	24	0.83	0.4139	Tukey-Kramer	0.6875
S		6		8	1.4439	3.1836	24	0.45	0.6542	Tukey-Kramer	0.8933
genero	1		2		16.8460	3.0058	3	5.60	0.0112	Tukey	0.0228
genero	1		3		22.3811	3.0058	3	7.45	0.0050	Tukey	0.0102
genero	2		3		5.5351	3.0058	3	1.84	0.1628	Tukey	0.2983
genero*S	1	4	1	6	-8.6636	5.5141	24	-1.57	0.1292	Tukey-Kramer	0.8105
genero*S	1	4	1	8	-7.2197	5.5141	24	-1.31	0.2028	Tukey-Kramer	0.9188
genero*S	1	4	2	4	6.4977	5.4134	19.4	1.20	0.2445	Tukey-Kramer	0.9487
genero*S	1	4	2	6	12.9955	5.4134	19.4	2.40	0.0266	Tukey-Kramer	0.3276
genero*S	1	4	2	8	15.1614	5.4134	19.4	2.80	0.0113	Tukey-Kramer	0.1667
genero*S	1	4	3	4	12.9955	5.4134	19.4	2.40	0.0266	Tukey-Kramer	0.3276
genero*S	1	4	3	6	18.7712	5.4134	19.4	3.47	0.0025	Tukey-Kramer	0.0431
genero*S	1	4	3	8	19.4932	5.4134	19.4	3.60	0.0019	Tukey-Kramer	0.0321
genero*S	1	6	1	8	1.4439	5.5141	24	0.26	0.7957	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	4	15.1614	5.4134	19.4	2.80	0.0113	Tukey-Kramer	0.1667
genero*S	1	6	2	6	21.6591	5.4134	19.4	4.00	0.0007	Tukey-Kramer	0.0128
genero*S	1	6	2	8	23.8250	5.4134	19.4	4.40	0.0003	Tukey-Kramer	0.0050
genero*S	1	6	3	4	21.6591	5.4134	19.4	4.00	0.0007	Tukey-Kramer	0.0128
genero*S	1	6	3	6	27.4349	5.4134	19.4	5.07	<.0001	Tukey-Kramer	0.0010
genero*S	1	6	3	8	28.1569	5.4134	19.4	5.20	<.0001	Tukey-Kramer	0.0007
genero*S	1	8	2	4	13.7174	5.4134	19.4	2.53	0.0200	Tukey-Kramer	0.2653
genero*S	1	8	2	6	20.2152	5.4134	19.4	3.73	0.0014	Tukey-Kramer	0.0238
genero*S	1	8	2	8	22.3811	5.4134	19.4	4.13	0.0005	Tukey-Kramer	0.0094
genero*S	1	8	3	4	20.2152	5.4134	19.4	3.73	0.0014	Tukey-Kramer	0.0238
genero*S	1	8	3	6	25.9909	5.4134	19.4	4.80	0.0001	Tukey-Kramer	0.0019
genero*S	1	8	3	8	26.7129	5.4134	19.4	4.93	<.0001	Tukey-Kramer	0.0014
genero*S	2	4	2	6	6.4977	5.5141	24	1.18	0.2502	Tukey-Kramer	0.9536
genero*S	2	4	2	8	8.6636	5.5141	24	1.57	0.1292	Tukey-Kramer	0.8105
genero*S	2	4	3	4	6.4977	5.4134	19.4	1.20	0.2445	Tukey-Kramer	0.9487
genero*S	2	4	3	6	12.2735	5.4134	19.4	2.27	0.0350	Tukey-Kramer	0.3981
genero*S	2	4	3	8	12.9955	5.4134	19.4	2.40	0.0266	Tukey-Kramer	0.3276
genero*S	2	6	2	8	2.1659	5.5141	24	0.39	0.6979	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	6	3	4	-311E-17	5.4134	19.4	-0.00	1.0000	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	6	3	6	5.7758	5.4134	19.4	1.07	0.2991	Tukey-Kramer	0.9738
genero*S	2	6	3	8	6.4977	5.4134	19.4	1.20	0.2445	Tukey-Kramer	0.9487
genero*S	2	8	3	4	-2.1659	5.4134	19.4	-0.40	0.6935	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	8	3	6	3.6099	5.4134	19.4	0.67	0.5127	Tukey-Kramer	0.9988
genero*S	2	8	3	8	4.3318	5.4134	19.4	0.80	0.4333	Tukey-Kramer	0.9958
genero*S	3	4	3	6	5.7758	5.5141	24	1.05	0.3053	Tukey-Kramer	0.9765
genero*S	3	4	3	8	6.4977	5.5141	24	1.18	0.2502	Tukey-Kramer	0.9536
genero*S	3	6	3	8	0.7220	5.5141	24	0.13	0.8969	Tukey-Kramer	1.0000

Cuadro 27. Resultados del análisis de varianza y prueba de Tukey correspondientes a la concentración de Zinc.

			Num	Den							
Effect			DF	DF	F-Valor	Pr > F					
S			2	24	0.05	0.9471					
genero			2	3	43.36	0.0061					
genero*S			4	24	3.24	0.0292					
Least Squares Means											
Effect	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t				
S		4	13.9903	0.7530	27	18.58	<.0001				
S		6	14.3534	0.7530	27	19.06	<.0001				
S		8	14.0130	0.7530	27	18.61	<.0001				
genero	1		16.0778	0.4261	3	37.73	<.0001				
genero	2		10.9044	0.4261	3	25.59	0.0001				
genero	3		15.3744	0.4261	3	36.08	<.0001				
genero*S	1	4	12.5155	1.3042	27	9.60	<.0001				
genero*S	1	6	17.5527	1.3042	27	13.46	<.0001				
genero*S	1	8	18.1654	1.3042	27	13.93	<.0001				
genero*S	2	4	11.8347	1.3042	27	9.07	<.0001				
genero*S	2	6	10.3372	1.3042	27	7.93	<.0001				
genero*S	2	8	10.5414	1.3042	27	8.08	<.0001				
genero*S	3	4	17.6208	1.3042	27	13.51	<.0001				
genero*S	3	6	15.1702	1.3042	27	11.63	<.0001				
genero*S	3	8	13.3323	1.3042	27	10.22	<.0001				
Differences of Least Squares Means											
Effect	genero	S	genero	S	Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment	Adj P
S		4		6	-0.3630	1.2326	24	-0.29	0.7709	Tukey-Kramer	0.9534
S		4		8	-0.02269	1.2326	24	-0.02	0.9855	Tukey-Kramer	0.9998
S		6		8	0.3404	1.2326	24	0.28	0.7848	Tukey-Kramer	0.9589
genero	1		2		5.1734	0.6026	3	8.58	0.0033	Tukey	0.0068
genero	1		3		0.7034	0.6026	3	1.17	0.3274	Tukey	0.5448
genero	2		3		-4.4700	0.6026	3	-7.42	0.0051	Tukey	0.0104
genero*S	1	4	1	6	-5.0373	2.1349	24	-2.36	0.0268	Tukey-Kramer	0.3485
genero*S	1	4	1	8	-5.6499	2.1349	24	-2.65	0.0141	Tukey-Kramer	0.2195
genero*S	1	4	2	4	0.6807	1.8444	27	0.37	0.7149	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	4	2	6	2.1783	1.8444	27	1.18	0.2479	Tukey-Kramer	0.9531
genero*S	1	4	2	8	1.9741	1.8444	27	1.07	0.2939	Tukey-Kramer	0.9733
genero*S	1	4	3	4	-5.1053	1.8444	27	-2.77	0.0101	Tukey-Kramer	0.1769
genero*S	1	4	3	6	-2.6548	1.8444	27	-1.44	0.1615	Tukey-Kramer	0.8713
genero*S	1	4	3	8	-0.8169	1.8444	27	-0.44	0.6614	Tukey-Kramer	0.9999
genero*S	1	6	1	8	-0.6126	2.1349	24	-0.29	0.7766	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	2	4	5.7180	1.8444	27	3.10	0.0045	Tukey-Kramer	0.0934
genero*S	1	6	2	6	7.2155	1.8444	27	3.91	0.0006	Tukey-Kramer	0.0158
genero*S	1	6	2	8	7.0113	1.8444	27	3.80	0.0007	Tukey-Kramer	0.0204
genero*S	1	6	3	4	-0.06807	1.8444	27	-0.04	0.9708	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	6	3	6	2.3825	1.8444	27	1.29	0.2074	Tukey-Kramer	0.9242
genero*S	1	6	3	8	4.2204	1.8444	27	2.29	0.0302	Tukey-Kramer	0.3865
genero*S	1	8	2	4	6.3306	1.8444	27	3.43	0.0019	Tukey-Kramer	0.0465
genero*S	1	8	2	6	7.8282	1.8444	27	4.24	0.0002	Tukey-Kramer	0.0072
genero*S	1	8	2	8	7.6240	1.8444	27	4.13	0.0003	Tukey-Kramer	0.0094
genero*S	1	8	3	4	0.5446	1.8444	27	0.30	0.7701	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	1	8	3	6	2.9951	1.8444	27	1.62	0.1160	Tukey-Kramer	0.7830
genero*S	1	8	3	8	4.8331	1.8444	27	2.62	0.0142	Tukey-Kramer	0.2295
genero*S	2	4	2	6	1.4976	2.1349	24	0.70	0.4898	Tukey-Kramer	0.9983
genero*S	2	4	2	8	1.2934	2.1349	24	0.61	0.5503	Tukey-Kramer	0.9994
genero*S	2	4	3	4	-5.7861	1.8444	27	-3.14	0.0041	Tukey-Kramer	0.0867
genero*S	2	4	3	6	-3.3355	1.8444	27	-1.81	0.0817	Tukey-Kramer	0.6766
genero*S	2	4	3	8	-1.4976	1.8444	27	-0.81	0.4239	Tukey-Kramer	0.9953
genero*S	2	6	2	8	-0.2042	2.1349	24	-0.10	0.9246	Tukey-Kramer	1.0000
genero*S	2	6	3	4	-7.2836	1.8444	27	-3.95	0.0005	Tukey-Kramer	0.0145
genero*S	2	6	3	6	-4.8331	1.8444	27	-2.62	0.0142	Tukey-Kramer	0.2295
genero*S	2	6	3	8	-2.9951	1.8444	27	-1.62	0.1160	Tukey-Kramer	0.7830
genero*S	2	8	3	4	-7.0794	1.8444	27	-3.84	0.0007	Tukey-Kramer	0.0187
genero*S	2	8	3	6	-4.6288	1.8444	27	-2.51	0.0184	Tukey-Kramer	0.2759
genero*S	2	8	3	8	-2.7909	1.8444	27	-1.51	0.1418	Tukey-Kramer	0.8387
genero*S	3	4	3	6	2.4506	2.1349	24	1.15	0.2623	Tukey-Kramer	0.9600
genero*S	3	4	3	8	4.2885	2.1349	24	2.01	0.0559	Tukey-Kramer	0.5522
genero*S	3	6	3	8	1.8379	2.1349	24	0.86	0.3978	Tukey-Kramer	0.9931