

ARTÍCULO CIENTÍFICO

CONTENIDO MACRO Y MICROMINERAL DEL PASTO RYEGRASS (*Lolium spp.*) EN LA ZONA ALTA DE CARTAGO, COSTA RICALuis Villalobos-Villalobos¹, Jorge Ml. Sánchez G[†]**RESUMEN**

Se evaluó el contenido macro y micromineral del pasto ryegrass en la zona alta de Cartago, Costa Rica. Los contenidos promedio de Ca (0,68%) y P (0,39%) mostraron una relación mayor a 1,6:1 en épocas semi-seca y transición, mientras que fue menor en las fincas 1 (1,55:1) y 3 (1,58:1). El contenido de K (3,64%) encontrado en el pasto ryegrass incrementa la probabilidad de que las vacas lactantes en pastoreo sufran desórdenes metabólicos como la hipomagnesemia. En época semi-seca los contenidos de Mn, Fe y Zn fueron mayores (61,9, 105,7 y 69,9 mg/kg MS, respectivamente) que en época lluviosa (45,6, 78,6 y 43,9 mg/kg MS, respectivamente). El contenido de Cu fue similar entre épocas (11,6-12,4 mg/kg MS) y entre fincas (11,0-12,9 mg/kg MS). El aporte mineral del ryegrass permite llenar los requerimientos de K y Mn durante el año en vacas lactantes mientras que el P y el Fe se pueden llenar en épocas lluviosa y semi-seca, respectivamente. La utilización de suplementos minerales debe llenar los demás requerimientos en ganado lechero. Las prácticas agronómicas como el encalado (Ca y Mg) pueden disminuir la ocurrencia de desbalances minerales en ganado lechero pastoreando ryegrass.

Palabras clave: ryegrass, *Lolium*, macrominerales, microminerales, desbalances

¹ Universidad de Costa Rica. Escuela de Zootecnia y Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. San Pedro, San José, Costa Rica. Autor para correspondencia: luis.villalobosvillalobos@ucr.ac.cr

[†] q.d.D.g.

ABSTRACT

Macro and micromineral content of ryegrass (*Lolium spp.*) in the highlands of Cartago, Costa Rica. The macro and micromineral content of ryegrass in the highlands of Cartago, Costa Rica was evaluated. The mean content for Ca (0.68%) and P (0.39%) allowed to maintain a Ca:P ratio greater than 1.6:1 during the semi-dry and transition months, but smaller ratios were found in farms 1 (1.55:1) and 3 (1.58:1). The K content (3.64%) found in ryegrass increases the likelihood of metabolic disorders such as hypomagnesemia to occur in lactating grazing cattle. Semi-dry months had Mn, Fe and Zn contents greater (61.9, 105.7 y 69.9 mg/kg DM, respectively) than the rainy months (45.6, 78.6 y 43.9 mg/kg DM, respectively). Cu content was similar throughout the year (11.6-12.4 mg/kg DM) and among the farms (11.0-12.9 mg/kg DM). The mineral supply from ryegrass may meet the requirements of K and Mn for grazing dairy cattle along the year, but P and Fe supply can only suffice its requirements during the rainy and semi-dry months, respectively. The use of mineral supplements must meet the other requirements in dairy cattle. The agronomic practices such as lime application (Ca and Mg) may reduce the occurrence of mineral unbalances in dairy cattle grazing ryegrass.

Keywords: ryegrass, *Lolium*, macrominerals, microminerals, unbalances

INTRODUCCIÓN

El ryegrass es uno de los pastos más usados alrededor del mundo pues se adapta a una amplia variedad de suelos y condiciones climáticas (ORSGC, 1999). El pasto ryegrass es utilizado en zonas altas del trópico (>1800 msnm) en donde, debido a su alto valor nutricional, se alcanzan producciones lácteas mayores a regiones de altitudes intermedias o de bajura (Vélez et al., 2002). Sin embargo, el aporte mineral de los forrajes en muchas ocasiones no es considerado dentro de las raciones del ganado lechero, por lo cual los productores suplementan sales minerales sin considerar el aporte mineral proveniente de la pastura.

Las fincas ubicadas en zonas medias a altas de Costa Rica utilizan principalmente pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass (Villalobos et al., 2013), los cuales presentan concentraciones altas de potasio (K) y nitrógeno (N); y niveles bajos de magnesio (Mg) y sodio (Na) que pueden predisponer a los hatos lecheros a desbalances metabólicos (Sánchez, 2000). Conocer el contenido mineral de los pastos utilizados en lecherías especializadas es una herramienta necesaria para determinar el tipo de suplementación mineral a proveer al ganado, considerando asimismo la predisposición de algunas razas (Sánchez, 2000).

La fenología del pasto ryegrass ha sido relacionada con cambios significativos a nivel nutricional (Villalobos y Sánchez, 2010), sin embargo, no tiende a relacionarse con el contenido mineral de los pastos. El contenido de K en ryegrass es normalmente mayor a los requerimientos del ganado lechero cuando el pasto tiene dos hojas verdes de rebrote, mientras que el calcio (Ca) y Mg aumentan conforme alcanza las cuatro hojas (Fulkerson et al., 1998). La relación Ca:P también se ve afectada por la etapa fenológica del pasto, siendo lo recomendable valores mayores a 1,6:1 en vacas lactantes (NRC, 2001). Sin embargo, en el pasto ryegrass dicha relación cambia de 1:1 con una hoja, a 2,2:1 con tres hojas verdes por rebrote como resultado de la acumulación de Ca y la disminución en P con edades fenológicas mayores (Donaghy y Fulkerson, 2001; Fulkerson et al., 1998).

El consumo de pastos con edades fenológicas menores (tiernos o en estado vegetativo temprano), incrementa también el riesgo del ganado lechero a sufrir desbalances

metabólicos como la hipomagnesemia (tetania de los pastos) y la hipocalcemia (fiebre de leche). Se recomienda que la relación $K/(Ca+Mg)$ sea menor a 2,2 lo cual se utiliza como un indicador de la probabilidad de ocurrencia de dichos desbalances (Hopkins, Marais y Goodenough, 2001; Fulkerson et al. 1998). Donaghy y Fulkerson (2002), indican que, en pasto ryegrass con una edad fenológica de una hoja, dicha relación puede ser de 6, mientras que disminuye a menos de 2,2 cuando el pasto alcanza las tres hojas.

En Costa Rica existe poca información sobre el contenido macro y micro mineral del pasto ryegrass en lecherías especializadas de zonas altas. El presente estudio evaluó el contenido mineral del pasto ryegrass en cuatro lecherías especializadas de zona alta tropical. Se estimó además la capacidad del pasto ryegrass de llenar los requerimientos minerales del ganado lechero por medio de estimaciones del consumo de materia seca hechas en un estudio previo (Villalobos, 2006) y la relación de la fenología del pasto ryegrass con su contenido mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

El contenido mineral del pasto ryegrass fue estimado con muestras recolectadas a lo largo de un año en cuatro fincas productoras de leche ubicadas en el distrito de San Juan de Chicué, cantón Oreamuno, provincia Cartago (latitud 09°59' N y longitud 83°52'O). Las fincas se encontraban a altitudes entre 2700-3090 msnm y se ubican dentro de la zona de vida Bosque Pluvial Tropical de Montano (Janzen, 1991). Dichas fincas reciben influencia climática del Caribe al ubicarse en la sección oriental del Valle Central (Retana, 2006). La precipitación anual promedio es de 1800 mm con una época semi-seca de enero a abril, mayo es el inicio de la época lluviosa que se extiende hasta octubre con una leve disminución en junio y julio (veranillo) y en noviembre y diciembre es la época de transición. Las temperaturas promedio se encuentran entre 3,6-15°C con pocas variaciones a lo largo del año. El brillo solar es cercano a 4 horas por día en época lluviosa y aumenta hasta el doble en época semi-seca como resultado del arrastre de la nubosidad de los vientos del norte.

Descripción de las fincas

Las cuatro fincas cuentan con sistemas de rotación de tiempo definido (33-45 días) en potreros con áreas entre 1700-2400 m² en las que los animales pastorean en períodos de ocupación de medio día (potreros mañana y tarde-noche) posterior a cada ordeño. En cada una de las fincas se tomó una muestra compuesta de suelo al inicio del estudio, con el objetivo de evidenciar el estado de fertilidad en los suelos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico de los suelos de cuatro fincas ubicadas en las zonas altas de Costa Rica.

Finca	pH	Ca	Mg	K	Al*	P	Cu	Fe	Mn	Zn
	H ₂ O	cmol(+)/L				mg/L				
Rangos adecuados**	5,5-6,5	4-20	1-5	0,2-0,8	<0,3	10-50	1-20	10-50	10-50	3-10
1	6,20	5,9	2,6	0,4	0,1	79	9	311	3	9,5
2	5,8	3,1	1,2	0,16	0,2	32	14	353	5	5,5
3	6,0	6,0	1,8	0,50	0,1	146	8	370	5	10,0
4	6,0	2,7	1,0	0,39	0,1	122	7	132	2	3,7

*Acidez intercambiable. ** Para cultivos en general (Bertsch 1986)

El contenido mineral presenta valores dentro de los rangos esperados para un suelo del orden andisol. El contenido de Ca y Mg en las fincas 2 y 4 fueron menores, ambos minerales se lixivian juntos en suelos arenosos como los de las fincas de este estudio. La acidez (Al) y el pH de los suelos mostraron valores dentro de los rangos deseados y no hubo evidencia de afectaciones evidentes en el pasto ryegrass en los potreros muestreados. En el caso de la finca 2 el contenido de K fue menor que el esperado, sin embargo, dicho rango es general para cultivos y los pastos en la zona Central del país han mostrado altos contenidos de dicho mineral (Vargas y Fonseca, 1989). Los contenidos de P, Cu y Zn se encontraron dentro del rango esperado mientras que el Mn tuvo valores menores en todas las fincas. El Fe presenta valores mayores, sin embargo, esto se atribuye en parte a limitaciones en la metodología (Bertsch, 1998).

Las cuatro fincas contaban con programas de fertilización que se aplicaban previo a la realización de esta investigación. Estos programas consistían de aplicaciones de cal (CaCO_3) previo al inicio de la época lluviosa en las fincas 1 y 4, mientras que las fincas 2 y 3 lo realizan al final de cada dos ciclos de aplicación (rotación). Dentro de los fertilizantes químicos se utilizaban urea (46-0-0), nitrato de calcio (15-0-0+26[CaO]), magnesamon (21-0-0+7,5[MgO]+11[CaO]). Las dosis de fertilización utilizadas en las cuatro fincas durante el estudio fueron entre 200-250 kg/ha/año de N, 30-70 de P_2O_5 y 20-40 de K_2O .

Recolección de muestras, análisis de laboratorio y de información

Las muestras en cada finca se tomaron un día antes del ingreso de los animales a pastoreo, por lo que la asignación de los potreros fue completamente aleatoria. El pasto se cosechó a una altura respecto al suelo de 10 cm con el objetivo de reflejar el consumo de los animales según observaciones realizadas en potreros adyacentes previamente pastoreados. Se tomaron dos muestras, con un peso en fresco entre 1400-1600 g cada una, en las cuatro fincas en tres épocas representativas (lluviosa, transición y semi-seca) de la climatología en la zona alta de Cartago (n=24). Las muestras fueron secadas a 60°C y molidas a 1 mm con un molino de martillo.

Para cada muestra se determinó el contenido de Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Zn, Fe y Mn siguiendo las metodologías descritas por Fick (1979). Utilizando una simulación realizada con el programa del NRC (2001) en un estudio previo (Villalobos, 2006), se estimó, en base a la composición mineral promedio, el potencial de cubrir los requerimientos minerales para un consumo de materia seca promedio para una vaca Holstein de 600 kg que camina cuatro veces al día 500 m de terreno plano y produciendo 24 kg de leche con 3,5% de grasa y 3,3% de proteína. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el contenido mineral considerando los efectos de época, finca y la interacción entre ambos factores, utilizando el procedimiento GLIMMIX del paquete estadístico SAS (2001). Asimismo, se utilizó la prueba de Duncan para encontrar diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre medias para las épocas y fincas consideradas en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente estudio analizó el contenido macro y micromineral del pasto ryegrass y su capacidad de llenar los requerimientos minerales en vacas lactantes.

Contenido macromineral del pasto ryegrass

El contenido de Ca del pasto ryegrass se vio afectado por la época del año ($p=0,0041$), mostrando valores significativamente mayores en las épocas lluviosa y de transición con respecto a la época semi-seca (Cuadro 2). ORSGC (1999), reporta un contenido de Ca de 0,65% para el pasto ryegrass en estado vegetativo, valor similar al promedio encontrado en este estudio (0,68%). El pasto ryegrass mantuvo un estado vegetativo en las cuatro fincas muestreadas durante la mayor parte del estudio, condición que ha sido estudiada desde hace varios años en pastos C_3 en el trópico húmedo de altura (Tieszen et al., 1979). En estado de pre-floración el contenido de Ca en pasto ryegrass tiende a disminuir hasta 0,55% (ORSGC, 1999). En la época semi-seca el contenido de Ca disminuyó, lo cual puede explicarse viendo el promedio histórico de horas luz mayor que se reporta en la zona (Retana, 2006), estimulando una mayor floración (Colasanti y Coneva, 2009).

Cuadro 2. Contenido macromineral del pasto ryegrass por época del año en zonas altas de Costa Rica

Época	Macromineral (%)				
	Ca	P	Mg	K	Na
Semi-seca	0,59 ^b	0,31 ^c	0,20	3,26 ^b	0,06
Transición	0,74 ^a	0,40 ^b	0,22	3,71 ^a	0,05
Lluviosa	0,72 ^a	0,47 ^a	0,21	3,96 ^a	0,05
Promedio ¹	0,68	0,39	0,21	3,64	0,05

^{a,b} Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

1. Valores corresponden a 24 muestras.

El pasto ryegrass es una especie de día largo, por lo que el cambio en la cantidad de horas de brillo solar en la época semi-seca (8 h/día) estimuló una mayor floración con respecto a la época lluviosa (Colasanti y Coneva, 2009). Vargas y Fonseca (1989), encontraron contenidos de Ca mayores en pastos maduros y durante la época seca, sin

embargo, dichos autores analizaron muestras de pasturas en general (C₃ y C₄) por lo que su análisis podría traslapar las diferencias entre ambos grupos.

Como se puede ver en el Cuadro 3, las diferencias en días de recuperación, fenología y fertilidad del suelo entre las fincas no influyó de forma significativa ($p > 0,05$) en el contenido de Ca del pasto ryegrass. Los contenidos de Ca en este estudio fueron mayores a los reportados por Vargas y Fonseca (1989), en los cantones de Alvarado (0,19%) y Oreamuno (0,37%) para el pasto ryegrass. El NRC (2001), establece requerimiento de Ca para vacas lactantes entre 0,53-0,67%, concentración que varía de acuerdo al tipo de animal y nivel de producción. En las fincas lecheras ubicadas en la zona alta de Cartago se llena dichos requerimientos por medio de alimentos balanceados y suplementos minerales y se considera un aporte mínimo del pasto. Posteriormente, este estudio mostrará precisamente el potencial aporte del pasto ryegrass a los requerimientos del ganado lechero especializado en zonas altas.

Cuadro 3. Contenido macromineral del pasto ryegrass por finca en zonas altas de Costa Rica

Finca ¹	Días de rebrote	Fenología (hojas verdes/rebrote) ²	Macromineral (%)				
			Ca	P	Mg	K	Na
1	45	2,87 ^a	0,67	0,43 ^a	0,21	3,73	0,06
2	35	2,88 ^a	0,71	0,31 ^b	0,21	3,32	0,06
3	35	2,81 ^{ab}	0,65	0,41 ^a	0,19	3,73	0,04
4	32	2,77 ^b	0,70	0,41 ^a	0,24	3,78	0,05
Promedio	36,75	2,84	0,68	0,39	0,21	3,64	0,05

^{a,b} Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

1. n= 24 muestras de minerales

2. n= 48 potreros con 50 observaciones por potrero

El contenido de P se vio afectado de forma altamente significativa ($p \leq 0,0001$) por la época del año, siendo menor en época semi-seca, medio en transición y mayor en época lluviosa (Cuadro 2). La finca tuvo efecto significativo ($p = 0,0025$) sobre el P, mostrando la

finca 2 valores menores que el resto de las fincas (Cuadro 3). Dicha finca mostró un contenido menor de P en el suelo (Cuadro 1), lo cual podría ser resultado de la rotación de cultivos (papa, zanahoria y avena forrajera [*Avena fatua*]) utilizada en dicha finca y que haya generado una mayor extracción y lixiviación de dicho nutriente como resultado de las labores de preparación de suelos (Bertsch, 1998). El contenido de P en este estudio fue similar al indicado para ryegrass perenne en estado vegetativo temprano con 0,40% mientras que, en estado de pre-floración puede disminuir (0,27%) a valores similares a los encontrados en época semi-seca en este estudio (ORGSC, 1999). Como se mencionó antes, la menor precipitación en la época semi-seca pudo generar estrés hídrico (ORGSC, 1999), estimulando una mayor floración del ryegrass (Colasanti y Coneva, 2009) y una disminución en el contenido de P. La concentración requerida de P en vacas lactantes (0,32-0,44%; NRC, 2001) se podría llenar según los resultados de este estudio, con excepción de la época semi-seca y en la finca 2.

La relación Ca:P ha sido utilizada como un indicador en las dietas de ganado lechero, reportando valores entre 1:1 y 2:1 como ideales para el crecimiento y formación ósea (Vargas y Fonseca, 1989). Donaghy y Fulkerson (2001), indican que dicha relación debe ser superior a 1,6:1 en vacas lactantes. En el pasto ryegrass, cambia de 1:1 con una hoja, a 2:1 con tres hojas de rebrote. En este estudio se obtuvo una relación Ca:P promedio de 1,74:1; lo cual cumpliría con los requisitos de ambos minerales para el ganado lechero en zonas altas. Durante la época lluviosa las cuatro fincas presentaron valores en la relación Ca:P menores (1,53:1) a la recomendada por Donaghy y Fulkerson (2001), siendo la finca 1 la que mostró además una relación menor a lo largo de todo el año (1,55:1).

El contenido de Mg fue similar ($p>0,05$) entre épocas (Cuadro 2) y entre las fincas evaluadas (Cuadro 3). El contenido promedio de Mg (0,21%) fue similar al encontrado por Vargas y Fonseca (1989), en el cantón de Alvarado (0,24%) y mayor al encontrado por los mismos autores en el cantón de Oreamuno (0,11%). El NRC (2001), establece un requerimiento de Mg entre 0,18-0,21%; contenidos bajos en pastos suculentos se asocian con desbalances metabólicos como la hipomagnesemia que se presenta más frecuentemente en los primeros días de lactación en vacas adultas (Sánchez, 2000). Suelos volcánicos en zonas altas como Cartago tienden a ser deficientes en Mg (Bertsch, 1998), por lo que la utilización de enmiendas con cal dolomita o aplicaciones equivalentes

a 50 kg/ha MgO, pueden contribuir a incrementar los niveles de Mg en la planta y disminuir la prevalencia de desbalances (Sánchez, 2000).

El contenido promedio de K en el pasto ryegrass fue de 3,64% y fue afectado de forma significativa ($p=0,0013$) por la época del año (Cuadro 2). Al igual que sucedió con el Ca y el Mg, el contenido de K aumentó en época lluviosa como efecto de mayor precipitación (Retana, 2006). El contenido promedio de K en pasto ryegrass fue menor al encontrado por Vargas y Fonseca (1989), en el cantón de Alvarado (5,10%) y mayor al del cantón de Oreamuno (2,17%). Aunque el NRC (2001), establece un requerimiento de K entre 1,00-1,07%, también indica que su concentración en la dieta debe ser máximo 3% pues un exceso de dicho mineral limita la absorción y utilización del Mg a nivel metabólico. Weiss (2005), indica que las dietas de vacas lactantes pastoreando forrajes con contenidos altos de K ($>2,5\%$) y bajos de Mg ($<0,3\%$), son propensas a desbalances y se ha visto además una respuesta favorable a la suplementación con este último mineral en el periparto. En ryegrass perenne, se ha estimado que cerca del 60% de los azúcares libres y el K se libera en el momento de la ingesta del pasto, por lo que su interferencia con la absorción de Mg a nivel ruminal puede ser bastante rápida (Boudon et al., 2002).

El contenido promedio de Na en el pasto ryegrass fue de 0,05% y no se vio afectado de forma significativa ($p>0,05$) por la época (Cuadro 2) ni por la finca de origen (Cuadro 3). Existe poca información en Costa Rica sobre el contenido de Na en pasturas y, en este estudio los valores fueron menores a la concentración deseada para vacas lactantes (0,19-0,23%), según el NRC (2001). La suplementación con sal (NaCl) puede llenar los requerimientos de ambos minerales, lo cual es una práctica común en fincas de ganado de leche y carne.

La edad de rebrote influye sobre el contenido de minerales, siendo el Ca y el Mg minerales que incrementan con edades fenológicas de 4 hojas verdes/rebrote (Donaghy y Fulkerson, 2002). Debido a que las cuatro fincas evaluadas en este estudio tuvieron edades fenológicas menores a 3 hojas verdes/rebrote (Cuadro 3), no se pudieron evidenciar diferencias significativas ($p>0,05$) en el contenido macromineral como resultado de las diferencias en días de recuperación.

Contenido micromineral del pasto ryegrass

El contenido promedio de Cu en el pasto ryegrass evaluado en este estudio fue de 12,09 mg/kg MS y no se vio afectado de forma significativa ($p > 0,05$) por la época de muestreo ni la finca (Cuadros 4 y 5). Dicho contenido fue mayor a los encontrados por Vargas y Fonseca (1989), en ryegrass en los cantones de Alvarado y Oreamuno con 3 y 4 mg/kg, respectivamente. Estos autores indican que el Cu es el mineral más limitante para ganado en pastoreo en Costa Rica después del P y el Zn.

Cuadro 4. Contenido micromineral del pasto ryegrass por época del año en zonas altas de Costa Rica

Época	Micromineral (mg/kg MS)			
	Cu	Mn	Fe	Zn
Semi-seca	12,4	61,9 ^a	105,7 ^a	69,9 ^a
Transición	12,2	46,3 ^b	74,2 ^b	35,6 ^b
Lluviosa	11,6	45,6 ^b	78,6 ^b	43,9 ^b
Promedio ¹	12,1	51,3	86,2	49,8

^{a,b} Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

1. Valores corresponden a 24 muestras.

El contenido promedio de Mn en el pasto ryegrass fue 51,29 mg/kg y se vio afectado de forma significativa por la época del año ($p = 0,0105$), la finca ($p = 0,0016$) y la interacción de ambas ($p = 0,044$). Vargas y Fonseca (1989), encontraron valores de Mn en ryegrass de 56 y 63 mg/kg MS en los cantones de Alvarado y Oreamuno, respectivamente. Según el requerimiento de Mn establecido por el NRC (2001), para vacas lactantes (12-14 mg/kg) podría llenarse tomando como referencia los valores encontrados, sin embargo, su disponibilidad biológica es de 0,75% y los niveles productivos del ganado lechero en zonas altas incrementa sus requerimientos debido a la estrecha relación con consumos altos de Ca y P (NRC, 2001).

Cuadro 5. Contenido micromineral del pasto ryegrass por finca en zonas altas de Costa Rica

Finca	Micromineral (mg/kg MS)			
	Cu	Mn	Fe	Zn
1	11,0	43,9 ^b	72,5 ^b	45,3
2	12,9	69,6 ^a	71,0 ^b	45,9
3	12,6	49,9 ^b	93,9 ^{ab}	51,0
4	11,9	41,8 ^b	107,2 ^a	56,9
Promedio ¹	12,1	51,3	86,2	49,8

Letras diferentes en una misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

1. Valores corresponden a 24 muestras.

El contenido promedio de Fe en pasto ryegrass fue 86,20 mg/kg MS y se vio afectado por la época del año ($p=0,0164$), la finca ($p=0,0222$) y la interacción de ambos factores ($p=0,0017$). El contenido de Fe fue mayor en época semi-seca con respecto a las épocas de transición y lluviosa (Cuadro 4). Vargas y Fonseca (1989), indican que debido a que la mayoría de suelos tropicales presentan acidez, es común encontrar niveles de Fe altos en forrajes. Los mismos autores encontraron contenidos de Fe en ryegrass de 223 y 409 mg/kg MS para los cantones de Alvarado y Oreamuno, respectivamente.

El contenido de Zn en el pasto ryegrass (49,80 mg/kg MS) fue afectado de forma altamente significativa por la época del año ($p \leq 0,0001$), siendo mayor en la época semi-seca (Cuadro 4) mostrando el mismo comportamiento que el Mn y el Fe. El contenido promedio de Zn fue similar al encontrado por Vargas y Fonseca (1989), para ryegrass en el cantón de Alvarado (41 mg/kg MS) y superior al del cantón de Oreamuno (26 mg/kg MS). No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido de Zn entre las cuatro fincas evaluadas (Cuadro 5).

Aporte macro y micromineral del pasto ryegrass al ganado lechero

Aunque el aporte macro y micro mineral de las pasturas no se considera normalmente dentro del balance de raciones de ganado lechero, se realizó la estimación del aporte que

tendría el pasto ryegrass considerando la biodisponibilidad utilizada en el modelo del NRC (2001), para forrajes (Cuadros 6 y 7). El balance de Ca fue negativo (Cuadro 6), lo cual ocurre normalmente en pasturas compuestas de gramíneas ya que usualmente son deficientes en dicho mineral, mientras que las de leguminosas tienen la capacidad de suplirlo en vacas lactantes (Weiss, 2005). Cerca del 20-30% del Ca dentro de las plantas se encuentra ligado a oxalato, el cual se encuentra no disponible para rumiantes (Ward, 1979), sin embargo, el NRC (2001), asume una eficiencia de absorción basada en alfalfa, por lo que dicho valor podría ser diferente para pastos.

Cuadro 6. Estimación del consumo de macrominerales provenientes del pasto ryegrass para una vaca Holstein de 600 kg PV en la zona alta de Cartago, Costa Rica¹.

Variable	Macromineral				
	Ca	P	Mg	K	Na
Consumo (g/día)	71,5	41,0	22,1	382,9	5,3
Absorción (%) ²	30,0	64,0	16,0	90,0	90,0
Mineral absorbido (g/día)	21,4	26,2	3,5	344,6	4,7
Requerimientos					
• Mantenimiento (g/día)	18,6	10,5	1,8	145,7	22,8
• Lactancia (g/día)	31,7	22,7	3,8	37,9	15,9
Balance	-28,9	-6,9	-2,1	161,0	-33,9

1 Consumo promedio de una vaca Holstein de 600 kg = 10,52 kg MS/día

2. NRC (2001)

El aporte de P del pasto ryegrass mostró un balance negativo (Cuadro 6) lo cual se debió a que su contenido total fue cerca del 50% requerido por kg de MS en la ración (0,8 g/kg MS) para vacas lactantes (NRC, 2001), sin considerar el porcentaje de absorción utilizado en el modelo para forrajes. Las vacas lactantes pastoreando ryegrass perenne deberían recibir un suplemento mineral en el cual la relación Ca:P esté entre 1,6-2:1 (Donaghy y

Fulkerson, 2001). El aporte de Mg del pasto ryegrass no fue suficiente para llenar los requerimientos del ganado lechero (Cuadro 6). Esto es común en pasto ryegrass el cual tiende a mostrar condiciones como la hipomagnesemia al inicio de lactancia (Sánchez, 2000) y cuyo contenido es normalmente bajo por producirse en suelos volcánicos en zonas altas (Bertsch, 1998).

El K fue el único macromineral cuyo aporte fue positivo en el balance realizado (Cuadro 6). Dicho mineral es el tercero más abundante en el cuerpo y se debe suplir diariamente debido a que se almacena muy poco y es el catión con mayores requerimientos en vacas lactantes (NRC, 2001). El aporte de K en suplementos debe ser bajo para disminuir el riesgo de hipomagnesemia (Weiss, 2005), debido al aporte del pasto ryegrass para vacas lactantes en zonas altas. Un adecuado suministro de Mg y utilizar dosis de fertilización bajas en K podrían favorecer una menor susceptibilidad del ganado lechero a desbalances macrominerales en zonas volcánicas. Aunque el aporte de Na fue también negativo a partir del pasto ryegrass (Cuadro 6), se sabe que el aporte proveniente de alimentos balanceados y, principalmente, de fuentes inorgánicas (suplementos minerales) permite normalmente llenar dicho requerimiento sin producir algún signo evidente de deficiencia (NRC, 2001).

El aporte de microminerales del pasto ryegrass permitió, según el balance (Cuadro 7), llenar los requerimientos de Mn, mientras que el balance fue negativo para Fe, Cu y Zn. Aun cuando el consumo diario de microminerales fue mayor que el requerimiento estimado según el NRC (2001), la baja biodisponibilidad de los mismos en los forrajes, limitan su aporte a la ración de vacas lactantes pastoreando ryegrass. En el caso del Cu, el NRC (2001) aplica un coeficiente de absorción del 50% para ajustar debidamente las raciones como resultado del consumo de suelo que hacen los animales en pastoreo.

Cuadro 7. Estimación del consumo de microminerales provenientes del pasto ryegrass para una vaca Holstein de 600 kg PV en la zona alta de Cartago, Costa Rica¹.

Variable	Micromineral			
	Cu	Mn	Fe	Zn
Consumo (mg/día)	127,3	539,6	906,8	735,3
Absorción (%) ²	4,0	0,7	0,1	15,0
Mineral absorbido (mg/día)	5,1	4,0	0,9	110,3
Requerimientos				
• Mantenimiento (mg/día)	6,0	0,5	1,2	29,2
• Lactancia (mg/día) ³	3,8	---	0,5	101,2
Balance	-4,7	3,6	-0,8	-20,1

1 Consumo promedio de una vaca Holstein de 600 kg = 10,52 kg MS/día

2. NRC (2001)

3. No hay requerimiento preciso de Mn en lactancia

Según Weiss (2005), el contenido micromineral de los pastos podría usarse para formular premezclas minerales acorde para las fincas lecheras ubicadas en zonas productivas cuyas pasturas sean conocidas por mostrar contenidos de microminerales de forma consistente. En general, el aporte de microminerales del pasto ryegrass se considera bajo, por lo que la suplementación mineral debe considerar, principalmente, llenar los requerimientos de aquellos elementos que fueron hallados como más deficientes para vacas lactantes pastoreando ryegrass.

CONSIDERACIONES FINALES

Los valores encontrados para el Ca en este estudio fueron mayores a los reportados por Vargas y Fonseca (1989), lo cual puede atribuirse a que las cuatro fincas aplican programas de fertilización en los que se incluye encalado. Sin embargo, el contenido de

Mg fue similar al reportado por estos mismos autores, lo cual indica que se requiere extender aún más la práctica de encalado con dolomita en suelos volcánicos como los de las fincas de este estudio. Las diferencias encontradas en el contenido de P se atribuyen principalmente a las diferencias en prácticas de labranza entre cada una. La disminución en el contenido de Ca en época semi-seca y el aumento de P con el ingreso de las lluvias, influyó sobre la relación Ca:P, siendo menor a 1,6:1 en época lluviosa y en las fincas 1 y 3.

El contenido de K encontrado en el pasto ryegrass puede incrementar la probabilidad de vacas lactantes de sufrir desórdenes metabólicos como la hipomagnesemia. A pesar de los diferentes días de recuperación, las cuatro fincas mostraron fenología similar, por lo cual no se pudo evidenciar un efecto de dicha variable sobre el contenido macro y micromineral del pasto. Los contenidos de Mn, Fe y Zn aumentaron en época semi-seca y disminuyeron en época lluviosa mientras que el Cu fue similar entre épocas y fincas.

Según el balance hecho, el aporte macro y micromineral del pasto ryegrass solo llenaría los requerimientos de K y Mn mientras que el P y el Fe podrían llenarse en épocas lluviosa y semi-seca, respectivamente. El balance macro y micromineral permitieron evidenciar que el pasto ryegrass logra llenar parcialmente los requerimientos minerales en vacas lactantes. Sin embargo, existen prácticas de manejo como la aplicación de bases (Ca y Mg) por medio de cal y fórmulas fertilizantes al suelo que pueden ayudar a disminuir la probabilidad de deficiencias y desbalances minerales debido a las características físico-químicas de los suelos volcánicos en donde se produce el pasto ryegrass en Costa Rica. Finalmente, se debe evaluar la condición general de la finca (tipo de animal, nivel de producción, suplementación, análisis foliares del pasto y etapa fisiológica), con el objetivo de conocer el aporte mineral del pasto y, utilizar un suplemento mineral que se ajuste a los requerimientos faltantes de los animales en pastoreo, con la menor afectación en términos de desbalances minerales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los propietarios de las fincas donde se realizó esta investigación: Sr. Rolando Ferreto, Sra. Gabriela Arrea, Sr. Noré Gómez y Sr. Bernardo Gómez (q.d.D.g.), así como a los trabajadores de las fincas por la colaboración brindada durante la investigación.

LITERATURA CITADA

- Andrade M. 2006. Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 225p.
- Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. 1ª ed. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157p.
- Boudon, A., y J. L. Peyraud, P. Faverdin. 2002. The release of cell contents of fresh ryegrass (*Lolium perenne* L.) during digestion in dairy cows: effect of the intracellular constituents, season and stage of maturity. *Animal Feed Science and Technology* 97: 83-102.
- Colasanti, J., y V. Coneva. 2009. Mechanisms of Floral Induction in Grasses: Something Borrowed, Something New. *Plant Physiology* 149: 56-62.
- Donaghy, D., y B. Fulkerson. 2001. Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures. Tasmanian Institute of Agricultural Research, Burnie, Tasmania.
- Donaghy, D. J., y W. J. Fulkerson. 2002. The impact of defoliation frequency and nitrogen fertilizer application in spring on summer survival of perennial ryegrass under grazing in subtropical Australia. *Grass and Forage Science* 57: 351-359.
- Faulkner, M. J. 2016. Effects of trace mineral supplementation in lactating dairy cattle (Order No. 10306786). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (1867481572). IN: <https://search-proquest-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/docview/1867481572?accountid=28692>
- Fick, K. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2ª edición. University of Florida. Gainesville, USA.

- Fulkerson, W. J., K. Slack, D. W. Hennessy, y G. M. Hough. 1998. Nutrients in ryegrass (*Lolium spp*), white clover (*Trifolium repens*) and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 227-240.
- Hopkins, C., J. P. Marais, y D. C. Goodenough. 2001. A comparison, under controlled environmental conditions, of a *Lolium multiflorum* selection bred for high dry-matter content and non-structural carbohydrate concentration with a commercial cultivar. *Grass and Forage Science* 57 : 367-372.
- Janzen, D. H. 1991. *Historia natural de Costa Rica*. 1ª ed. Editorial de la UCR. San José, Costa Rica
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, p 381.
- Oregon Ryegrass Growers Seed Commission (ORGSC). 1999. *Perennial Ryegrass*. Brochure. Salem, Oregon. IN: www.ryegrass.com
- Retana, J. 2006. Climatología de la región del distrito de San Juan de Chicua y el Volcán Irazú. Informe anual del Instituto Meteorológico Nacional. 3p.
- Sánchez, J. M. 2000. Hipomagnesemia. Un desbalance metabólico subestimado en la producción de ganado lechero en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical* 6: 75-95.
- Vargas, E., H. Fonseca. 1989. *Contenido mineral y proteico de forrajes para rumiantes en pastoreo en Costa Rica*. Primera edición Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 217 p.
- Vélez, M., J. J. Hincapie, I. Matamoros, y R. Santillán. 2002. *Producción de Ganado Lechero en el Trópico*. Cuarta edición. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. 326 p.
- Villalobos, L. 2006. Disponibilidad y valor nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) en las zonas altas de Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

- Villalobos, L., y J. M. Sánchez. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* 34: 43-52.
- Villalobos, L., J. Arce, y R. WingChing. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 37: 91-103.
- Ward, G., L. H. Harbers, y J. J. Blaha. 1979. Calcium-Containing Crystals in Alfalfa: Their Fate in Cattle^{1,2}. *Journal of Dairy Science* 62: 715-722.
- Weiss, W. P. 2005. Nutritional management for dairy cows grazing intensively-managed pastures. IN: Actualización en la nutrición del Ganado lechero. RAPCO. Balsa, Atenas, Costa Rica. 5p.