

## CONTENIDO PROTEICO Y MINERAL EN LOS FORRAJES DE LA ZONA MONTAÑOSA CENTRAL DE COSTA RICA II. EFECTO DE LA ESPECIE<sup>1</sup> /\*

Jorge Manuel Sánchez\*\*

Carlos Campabadal\*\*

Emilio Vargas\*\*

Hernán Fonseca\*\*

### ABSTRACT

Mineral and crude protein content of forage of the Central Zone of Costa Rica. II. Effect of species. The collection of 225 samples of *Pennisetum clandestinum*, 53 samples of *Cynodon nlemfleunsis*, 11 samples of *Pennisetum purpureum* and 11 samples of *Axonopus scoparius* was undertaken in order to analyze the effect of forage species, season of the year, and stage of maturity upon crude protein and mineral content of the main grasses used as cattle feed in the Central Zone of Costa Rica. The zone is located at 9° 21' and 10° 9' north latitude and 83° 19' and 84° 5' west longitude, altitude ranges from 602 to 3432 masl and temperature and average annual precipitation range between 12.3 and 28.5 C and 1650 and 3756 mm, respectively. Forage species, season and stage of maturity affected ( $P \leq 0.05$ ) CP, Ca, Mg, K, Cu and Mn contents. Concentration of Fe was affected ( $P \leq 0.05$ ) by forage species as well as season, meanwhile levels of P and Zn showed an erratic trend, and were not affected ( $P \geq 0.05$ ) by the variables analyzed. In general, forages met CP, K, Fe and Mn requirements of dairy cattle of the region, but did not meet the requirements of Ca, P, Mg, Cu and Zn. High levels of K as well as high K/ (Ca + Mg) ratios showed by *Pennisetum clandestinum* and *Pennisetum purpureum*, could favour the incidence of hypomagnesaemia in herds that do not receive proper mineral supplementation, including forages (*P. purpureum*, *Axonopus scoparius*) with 0.21% of Mg.

### INTRODUCCION

La naturaleza, la concentración y el balance de los minerales en las gramíneas forrajeras depen-

\* Este trabajo se llevó a cabo con ayuda financiera del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad de Florida, Gainesville, Florida, U.S.A.

\*\* Profesores de la Escuela de Zootecnia e investigadores del Laboratorio de Nutrición Animal (LANA), Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

den de una serie de factores dentro de los cuales están la especie, la época climática, el estado fisiológico de la planta y la disponibilidad de los minerales en los suelos. De este modo, la capacidad de los pastos para satisfacer las necesidades minerales de los animales rumiantes es muy susceptible a una variación (Norton, 1981).

En análisis realizados en la zona montañosa central de Costa Rica se ha encontrado que los forrajes presentan valores sub-óptimos de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc para la alimentación del ganado lechero de la región, lo mismo que niveles excesivos de potasio, hierro y manganeso que podrían interferir con la utilización de otros

Cuadro 1. Distribución de las muestras de forrajes por especie y estado vegetativo.

| Especie de pasto  | No. de muestras |                |            |
|---|-----------------|----------------|------------|
|   | Pre-floración   | Post-floración | Total      |
| <i>Pennisetum clandestinum</i>                          | 192             | 33             | 225        |
| <i>Cynodon nlemfluensis</i>                             | 36              | 17             | 53         |
| <i>Pennisetum purpureum</i>                             | 6               | 5              | 11         |
| <i>Axonopus scoparius</i>                               | 5               | 6              | 11         |
| Otras ( <i>Lolium perenne</i> y <i>Holcus lanatus</i> ) | 19              | 11             | 30         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>258</b>      | <b>72</b>      | <b>330</b> |

Cuadro 2. Contenido proteico y mineral en las principales especies forrajeras de la zona montañosa central de Costa Rica (% base seca).

| Especie                        | Número de muestras | Nutrimentos        |                   |                   |                    |                   |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                                |                    | Proteína           | Ca                | P                 | Mg                 | K                 |
| <i>Pennisetum clandestinum</i> | 225                | 18,64 <sup>a</sup> | 0,22 <sup>c</sup> | 0,20 <sup>a</sup> | 0,21 <sup>a</sup>  | 3,52 <sup>a</sup> |
| <i>Cynodon nlemfluensis</i>    | 53                 | 13,33 <sup>b</sup> | 0,23 <sup>c</sup> | 0,20 <sup>a</sup> | 0,15 <sup>b</sup>  | 2,12 <sup>b</sup> |
| <i>Pennisetum purpureum</i>    | 11                 | 14,90 <sup>b</sup> | 0,29 <sup>b</sup> | 0,19 <sup>a</sup> | 0,16 <sup>ab</sup> | 3,44 <sup>a</sup> |
| <i>Axonopus scoparius</i>      | 11                 | 11,47 <sup>b</sup> | 0,38 <sup>a</sup> | 0,14 <sup>a</sup> | 0,21 <sup>a</sup>  | 1,78 <sup>b</sup> |

a,b,c Promedios en la misma columna con distintas letras difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

minerales (Sánchez, *et al.*, 1986). Con la finalidad de tener un mejor conocimiento sobre el contenido mineral y de proteína cruda de los diferentes pastos de esta zona y evaluar el efecto de diferentes variables sobre su composición nutricional, se realizó la presente investigación cuyos objetivos específicos fueron: a) determinar el contenido mineral y proteico de las principales especies forrajeras de la región, b) evaluar el efecto de la época climática y del estado vegetativo sobre la composición mineral y proteica de las especies forrajeras estudiadas y c) determinar la capacidad de cada una de las especies de pasto para satisfacer las necesidades minerales y proteicas del ganado lechero de la región.

## MATERIALES Y METODOS

La metodología utilizada en este trabajo está descrita detalladamente en Sánchez *et al.* (1986). Las especies de pastos analizados fueron

*Pennisetum clandestinum*, *Cynodon nlemfluensis*, *Pennisetum purpureum* y *Axonopus scoparius*, (Cuadro 1), de las cuales las dos primeras son las más difundidas en la zona montañosa central de Costa Rica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Proteína cruda

En los Cuadros 2 y 3 se resume la composición proteica y mineral de las diferentes especies forrajeras evaluadas. Con respecto al contenido de PC se puede observar que el pasto *Pennisetum clandestinum* presentó el mayor valor (18,64%), que difiere significativamente del obtenido en las otras especies. Estos resultados coinciden con los informados por Vargas, *et al.* (1980), quienes también han encontrado esta alta capacidad del pasto *Pennisetum clandestinum* para acumular PC. Además del efecto de la especie, los altos niveles de PC en este forraje pueden deberse a las prácticas

Cuadro 3. Contenido mineral de las principales especies forrajeras de la zona montañosa central de Costa Rica (mg/kg, base seca).

| Especie                        | Número de muestras | Nutrimentos      |                  |                  |                 |
|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
|                                |                    | Fe               | Cu               | Mn               | Zn              |
| <i>Pennisetum clandestinum</i> | 225                | 254 <sup>b</sup> | 10 <sup>a</sup>  | 64 <sup>b</sup>  | 36 <sup>a</sup> |
| <i>Cynodon nlemfluensis</i>    | 53                 | 318 <sup>a</sup> | 7 <sup>bc</sup>  | 123 <sup>a</sup> | 31 <sup>a</sup> |
| <i>Pennisetum purpureum</i>    | 11                 | 187 <sup>b</sup> | 10 <sup>ab</sup> | 72 <sup>b</sup>  | 30 <sup>a</sup> |
| <i>Axonopus scoparius</i>      | 11                 | 167 <sup>b</sup> | 6 <sup>c</sup>   | 75 <sup>b</sup>  | 23 <sup>a</sup> |

a,b,c Promedios en la misma columna con distintas letras difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

culturales a que es sometido, ya que la fertilización con altas dosis de nitrógeno es una práctica común en aquellas fincas en que se le cultiva. Los pastos *Cynodon nlemfluensis*, *Pennisetum purpureum* y *Axonopus scoparius* presentaron respectivamente 13,33; 14,90 y 11,47% de PC.

En el Cuadro 4 se puede observar el efecto de la época climática sobre el contenido de PC de los forrajes. Las especies *Pennisetum clandestinum*, *Cynodon nlemfluensis* y *Axonopus scoparius* presentaron mayores contenidos de PC durante la época lluviosa que en la época seca, lo cual se asocia con una mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo y un mayor crecimiento del tejido vegetativo durante dicho período (Morrison, 1980). El pasto *Pennisetum purpureum* mostró un comportamiento inverso, sin embargo, los valores obtenidos en ambas épocas no difirieron significativamente. La especie *Pennisetum clandestinum* fue la que mostró los mayores contenidos de este nutrimento en ambas épocas climáticas, mostrando 19,73% en la época lluviosa y 17,98% en la seca.

Por lo general el contenido PC de los forrajes es alto durante su fase de crecimiento y declina durante la maduración, reduciéndose su valor nutricional (Norton, 1981). En este trabajo se encontró que los pastos de piso (*Pennisetum clandestinum* y *Cynodon nlemfluensis*) mostraron los máximos niveles de PC durante el período de pre-floración, mientras que los pastos de corte (*Pennisetum purpureum* y *Axonopus scoparius*) presentaron ese máximo valor durante la post-floración.

Asumiendo una disponibilidad y consumo normal de los forrajes, al relacionar el contenido proteico de los pastos con los requerimientos es-

tablecidos por el NRC para el ganado lechero (1978), se observa que los pastos *Pennisetum clandestinum* y *Pennisetum purpureum* satisfacen las necesidades mínimas de este nutrimento de los animales (14% de la MS), mientras que los otros pastos (*Cynodon nlemfluensis* y *Axonopus scoparius*), no lo hacen (Cuadro 2), por lo que, los animales que consumen estos últimos forrajes dependerán de la selección o de la suplementación proteica para producir satisfactoriamente (Miller, 1979).

#### Calcio

El nivel de Ca difirió significativamente entre especies, siendo el pasto *Axonopus scoparius* el que presentó el máximo contenido de este elemento (0,22%) (Cuadro 2). Vargas *et al.* (1980) también han informado sobre esta alta capacidad que tiene el pasto *Axonopus scoparius* para acumular Ca.

En los Cuadros 4 y 5 se pueden observar que la época climática y el estado vegetativo no afectan de una manera considerable el contenido de este mineral en las diferentes especies. Gomide, *et al.* (1969) y Norton (1981) han informado que en los forrajes tropicales el contenido de Ca no sigue una tendencia determinada a través de las diferentes épocas climáticas o en sus diferentes estados vegetativos.

Se ha encontrado que los forrajes de la zona estudiada (Sánchez *et al.*, 1986) frecuentemente satisfacen un 50% de las necesidades de Ca del ganado de leche en producción, los cuales han sido establecidos en 0,43% de la MS por el NRC (1978). Estas observaciones coinciden con los contenidos de Ca obtenidos en los pastos *Pennisetum*

*clandestinum*, *Cynodon nlemfluensis* y *Pennisetum purpureum*. El pasto *Axonopus scoparius* se antepone a los otros forrajes al cubrir en promedio un 88% de las necesidades de Ca de una vaca lechera. Durante la época seca este pasto podría cubrir el 100% de las necesidades de este mineral.

Cuadro 4. Efecto de la época climática sobre la composición proteica y mineral de las principales especies forrajeras de la zona montañosa Central de Costa Rica (base seca).

| Nutrimentos      | <i>Pennisetum clandestinum</i> |                    | <i>Cynodon nlemfluensis</i> |                    | <i>Pennisetum purpureum</i> |                     | <i>Axonopus scoparius</i> |                     |
|------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
|                  | Lluviosa (1)                   | Seca (2)           | Lluviosa (3)                | Seca (4)           | Lluviosa (5)                | Seca (6)            | Lluviosa (7)              | Seca (8)            |
| Proteína, %      | 19,73 <sup>a</sup>             | 17,98 <sup>b</sup> | 14,32 <sup>bc</sup>         | 12,83 <sup>c</sup> | 14,00 <sup>bc</sup>         | 15,35 <sup>bc</sup> | 12,42 <sup>c</sup>        | 10,68 <sup>c</sup>  |
| Calcio, %        | 0,22 <sup>c</sup>              | 0,21 <sup>c</sup>  | 0,21 <sup>c</sup>           | 0,24 <sup>c</sup>  | 0,34 <sup>ab</sup>          | 0,26 <sup>bc</sup>  | 0,29 <sup>bc</sup>        | 0,45 <sup>a</sup>   |
| Fósforo, %       | 0,23 <sup>a</sup>              | 0,19 <sup>a</sup>  | 0,21 <sup>a</sup>           | 0,19 <sup>a</sup>  | 0,21 <sup>a</sup>           | 0,18 <sup>a</sup>   | 0,19 <sup>a</sup>         | 0,10 <sup>a</sup>   |
| Magnesio, %      | 0,21 <sup>ab</sup>             | 0,21 <sup>ab</sup> | 0,11 <sup>c</sup>           | 0,17 <sup>b</sup>  | 0,15 <sup>bc</sup>          | 0,17 <sup>b</sup>   | 0,18 <sup>ab</sup>        | 0,24 <sup>a</sup>   |
| Potasio, %       | 3,31 <sup>abc</sup>            | 3,66 <sup>a</sup>  | 1,88 <sup>cd</sup>          | 2,25 <sup>cd</sup> | 3,42 <sup>abc</sup>         | 3,45 <sup>ab</sup>  | 1,07 <sup>d</sup>         | 2,37 <sup>bcd</sup> |
| Hierro, mg/kg    | 227 <sup>ab</sup>              | 270 <sup>ab</sup>  | 219 <sup>ab</sup>           | 367 <sup>a</sup>   | 124 <sup>b</sup>            | 218 <sup>ab</sup>   | 142 <sup>b</sup>          | 188 <sup>ab</sup>   |
| Cobre, mg/kg     | 11 <sup>a</sup>                | 10 <sup>ab</sup>   | 7 <sup>bc</sup>             | 7 <sup>bc</sup>    | 9 <sup>abc</sup>            | 10 <sup>ab</sup>    | 4 <sup>c</sup>            | 7 <sup>bc</sup>     |
| Manganeso, mg/kg | 61 <sup>ab</sup>               | 67 <sup>ab</sup>   | 101 <sup>ab</sup>           | 134 <sup>c</sup>   | 38 <sup>b</sup>             | 89 <sup>ab</sup>    | 60 <sup>ab</sup>          | 88 <sup>ab</sup>    |
| Zinc, mg/kg      | 32 <sup>a</sup>                | 39 <sup>a</sup>    | 21 <sup>a</sup>             | 37 <sup>a</sup>    | 34 <sup>a</sup>             | 28 <sup>a</sup>     | 18 <sup>a</sup>           | 27 <sup>a</sup>     |

(1) Promedio de 85 muestras.(2) Promedio de 140 muestras.(3) Promedio de 18 muestras.(4) Promedio de 35 muestras.(5) Promedio de 4 muestras.(6) Promedio de 7 muestras.(7) Promedio de 5 muestras.(8) Promedio de 6 muestras.

a,b,c,d Promedios en la misma línea con distintas letras difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Cuadro 5. Efecto del estado vegetativo sobre la composición proteica y mineral de las principales especies forrajeras de la zona montañosa central de Costa Rica (base seca).

| Nutrimentos      | <i>Pennisetum clandestinum</i> |                     | <i>Cynodon nlemfluensis</i> |                    | <i>Pennisetum purpureum</i> |                     | <i>Axonopus scoparius</i> |                    |
|------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|
|                  | Pre floración (1)              | Post floración (2)  | Pre floración (3)           | Post floración (4) | Pre floración (5)           | Post floración (6)  | Pre floración (7)         | Post floración (8) |
| Proteína, %      | 19,22 <sup>a</sup>             | 15,39 <sup>b</sup>  | 13,83 <sup>b</sup>          | 12,53 <sup>b</sup> | 14,10 <sup>b</sup>          | 16,82 <sup>ab</sup> | 9,86 <sup>b</sup>         | 12,82 <sup>b</sup> |
| Calcio, %        | 0,21 <sup>d</sup>              | 0,25 <sup>bcd</sup> | 0,23 <sup>cd</sup>          | 0,21 <sup>d</sup>  | 0,25 <sup>bcd</sup>         | 0,33 <sup>b</sup>   | 0,46 <sup>a</sup>         | 0,31 <sup>bc</sup> |
| Fósforo, %       | 0,21 <sup>a</sup>              | 0,19 <sup>a</sup>   | 0,20 <sup>a</sup>           | 0,19 <sup>a</sup>  | 0,19 <sup>a</sup>           | 0,14 <sup>a</sup>   | 0,11 <sup>a</sup>         | 0,16 <sup>a</sup>  |
| Magnesio, %      | 0,21 <sup>a</sup>              | 0,23 <sup>a</sup>   | 0,16 <sup>bc</sup>          | 0,12 <sup>c</sup>  | 0,15 <sup>bcd</sup>         | 0,18 <sup>abc</sup> | 0,24 <sup>a</sup>         | 0,19 <sup>ab</sup> |
| Potasio, %       | 3,43 <sup>ab</sup>             | 4,02 <sup>a</sup>   | 2,16 <sup>bc</sup>          | 1,88 <sup>c</sup>  | 2,87 <sup>abc</sup>         | 3,62 <sup>ab</sup>  | 1,64 <sup>c</sup>         | 1,89 <sup>bc</sup> |
| Hierro, mg/kg    | 248 <sup>a</sup>               | 282 <sup>a</sup>    | 329 <sup>a</sup>            | 306 <sup>a</sup>   | 239 <sup>a</sup>            | 125 <sup>a</sup>    | 179 <sup>a</sup>          | 158 <sup>a</sup>   |
| Cobre, mg/kg     | 10 <sup>a</sup>                | 11 <sup>a</sup>     | 8 <sup>ab</sup>             | 6 <sup>ab</sup>    | 12 <sup>a</sup>             | 8 <sup>ab</sup>     | 5 <sup>b</sup>            | 6 <sup>ab</sup>    |
| Manganeso, mg/kg | 63 <sup>b</sup>                | 73 <sup>b</sup>     | 146 <sup>c</sup>            | 79 <sup>b</sup>    | 104 <sup>ab</sup>           | 36 <sup>b</sup>     | 80 <sup>ab</sup>          | 71 <sup>b</sup>    |
| Zinc, mg/kg      | 36 <sup>a</sup>                | 37 <sup>a</sup>     | 33 <sup>a</sup>             | 27 <sup>a</sup>    | 29 <sup>a</sup>             | 31 <sup>a</sup>     | 25 <sup>a</sup>           | 22 <sup>a</sup>    |

(1) Promedio de 192 muestras.(2) Promedio de 33 muestras.(3) Promedio de 36 muestras.(4) Promedio de 17 muestras.(5) Promedio de 6 muestras.(6) Promedio de 5 muestras.(7) Promedio de 5 muestras.(8) Promedio de 6 muestras.

a,b,c,d Promedios en la misma línea con distintas letras difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

## Fósforo

Los análisis de varianza indican que el contenido de P en los forrajes no difirió significativamente entre especies, épocas climáticas o estados vegetativos. Todos los pastos presentaron niveles alrededor de 0,20% a excepción de *Axonopus scoparius* que presentó el valor mínimo de 0,14% de P (Cuadro 2). Al igual que en otros estudios sobre forrajes tropicales (De Sousa, 1978; McDowell *et al.*, 1984) los pastos analizados en este estudio se consideran deficientes para satisfacer las necesidades de P del ganado lechero, las cuales oscilan entre 0,31 y 0,40% de la MS para animales con diferentes niveles de producción (NRC, 1978).

En el Cuadro 4 se puede observar que durante la época lluviosa los forrajes tienden a presentar las mayores concentraciones de P, que declinan durante la época seca, debido a la traslocación de este mineral del área foliar a su sistema radical (Gomide, 1976). Al no ser muy severa la época seca en la zona estudiada, la variación en el contenido de P entre épocas climáticas no es tan notable como la informada por otros autores (De Sousa, 1978).

Norton (1981) ha mencionado que el contenido de P de los tejidos vegetativos declina con la edad y que la tasa de esta reducción varía entre especies. Los resultados obtenidos en este estudio corroboran las observaciones anteriores (Cuadro 5).

## Magnesio

En el Cuadro 2 se observa que la especie forrajera afectó significativamente el contenido de Mg. Los pastos *Pennisetum clandestinum* y *Axonopus scoparius* presentaron valores superiores a los requerimientos del ganado lechero (0,2% de la MS) (NRC, 1978), mientras que los pastos *Cynodon nlemfluensis* y *Pennisetum purpureum* están bajo dicho nivel. Aunque algunas especies presentan niveles de Mg superiores a los requerimientos del ganado lechero, todas son propensas a provocar hipomagnesemia ya que todas tienen relaciones K/ (Ca + Mg) superiores a 2,2 y según Kemp y 't Hart (1957) esta condición incrementa la incidencia de esta deficiencia en aquellos hatos que no reciben una suplementación mineral adecuada.

Tanto la época climática como el estado vegetativo afectan significativamente el contenido

de Mg. En el Cuadro 4 se puede observar que los forrajes tienden a contener una mayor concentración de este mineral durante la época seca, lo cual coincide con observaciones hechas por Andreasi, *et al.* (1961) y puede deberse a una menor producción de biomasa durante esta época y por lo tanto a una mayor acumulación del elemento en la planta (De Sousa, 1978). El estado vegetativo afectó de una manera errática el contenido de este elemento en los diferentes pastos (Cuadro 5).

## Potasio

El nivel de K osciló desde 3,52% en el pasto *Pennisetum clandestinum* hasta 1,78% en *Axonopus scoparius*, encontrándose diferencias significativas entre las especies evaluadas (Cuadro 2). Diversos autores (Gomide *et al.*, 1969; Vargas *et al.*, 1980) también han informado de esta importante variabilidad entre especies forrajeras en cuanto al contenido de K.

La tendencia del K en relación con la época climática es similar a la presentada por el Mg (Cuadro 4).

Por lo general la concentración de K declina con la madurez de la planta (Gomide, 1976; Gomide *et al.*, 1969) sin embargo en este estudio se puede observar que los forrajes en su estado de post-floración tendieron a presentar la máxima concentración de este mineral.

Los diferentes forrajes satisfacen las necesidades de K del ganado lechero (0,8% de la MS) (NRC, 1978); no obstante ambas especies de *Pennisetum* contienen niveles superiores a 3%, los cuales pueden interferir con la absorción del Mg y aumentar la incidencia de hipomagnesemia (De Sousa, 1978; NRC, 1980). Esta condición se acentúa aún más durante el estado de maduración de los forrajes.

## Hierro

El pasto *Cynodon nlemfluensis* presentó contenidos de Fe significativamente superiores (318 mg/kg) a las especies *Pennisetum clandestinum* (254 mg/kg), *Pennisetum purpureum* (187 mg/kg) y *Axonopus scoparius* (167 mg/kg) (Cuadro 3). Gomide, *et al.*, (1969) también han encontrado diferencias significativas entre especies forrajeras en cuanto al contenido de Fe y observaciones hechas por Vargas, *et al.*, (1986) coinciden en que el pasto *Cynodon nlemfluensis* tiene una alta capacidad para extraer y acumular este mineral. Al

ser los requerimientos de Fe del ganado lechero 50 mg/kg todos los pastos satisfacen esa necesidad (NRC, 1978).

La época climática afectó significativamente el contenido de Fe en los forrajes, no así el estado vegetativo. Los forrajes durante la época seca presentaron niveles de Fe consistentemente mayores que los presentados durante la época lluviosa, lo cual puede deberse a la menor dilución que sufre el mineral al producirse una menor cantidad de forraje durante esta época (Cuadro 4). Gomide, *et al.*, (1969) han informado que el nivel de Fe de los forrajes declina con la edad. En el presente estudio se observó una tendencia similar (Cuadro 5).

### Cobre

El NRC (1978) ha establecido los requerimientos de Cu del ganado lechero en 10 mg/kg de MS. Los pastos *Pennisetum clandestinum* y *Pennisetum purpureum* mostraron niveles iguales a este valor crítico, mientras que las otras especies analizadas estaban bajo dicho nivel. Las diferentes especies de pastos difirieron significativamente en cuanto al contenido de este mineral (Cuadro 3).

Aunque se encontraron diferencias significativas entre épocas climáticas, los niveles de Cu no siguieron una tendencia biológica definida (Cuadro 4). En el Cuadro 5 se observa que el estado vegetativo afectó significativamente el nivel de Cu de los pastos y que éstos tienden a contener mayores cantidades de mineral durante el estado de pre-floración. Gomide, *et al.*, (1969) también han informado de tendencias similares.

### Manganeso

El contenido de Mn fue significativamente mayor en el pasto *Cynodon nlemfluensis* (123 mg/kg) que en los otros forrajes (Cuadro 3). Los niveles obtenidos en todas las especies indican que este mineral no es limitante para la alimentación del ganado lechero a base de forrajes en esta zona (NRC 1978).

Al igual que De Sousa (1978), en este estudio se encontraron diferencias significativas entre épocas y se observó que los forrajes acumularon mayores cantidades del elemento durante la época seca (Cuadro 4). El estado vegetativo afectó significativamente el contenido de este mineral. En el Cuadro 5 se observa que por lo general

los forrajes presentaron mayores concentraciones de Mn en su estado de pre-floración.

### Zinc

Los niveles de Zn no difirieron significativamente entre especies. Las concentraciones obtenidas oscilaron desde 36 mg/kg en *Pennisetum clandestinum* hasta 23 en *Axonopus scoparius* (Cuadro 3). Ninguno de los forrajes satisface las necesidades del ganado lechero (NRC, 1978), evidenciándose que este es uno de los minerales más críticos para la producción pecuaria a base de forrajes en la zona estudiada.

La época climática ni el estado vegetativo afectaron significativamente la composición de los forrajes en cuanto a este mineral, no obstante los forrajes tendieron a presentar mayores concentraciones de Zn durante la época seca.

## RESUMEN

Con el objeto de analizar el efecto de la especie, época climática y estado vegetativo sobre el contenido proteico y mineral de los principales forrajes de la Zona Central de Costa Rica, se recolectaron durante un año 225 muestras del pasto *Pennisetum clandestinum*, 53 de *Cynodon nlemfluensis*, 11 de *Pennisetum purpureum* y 11 de *Axonopus scoparius*. La zona estudiada se localiza entre los 9° 21' y 10° 9' latitud norte y los 83° 19' y 84° 5' longitud oeste, su altura oscila de 602 a 3432 msnm y la temperatura y precipitación promedio anual oscilan respectivamente entre 12,3 y 28,5 C y 1650 y 3756 mm. La especie forrajera, la época climática y el estado vegetativo afectaron significativamente los contenidos de PC, Ca, Mg, K, Cu y Mn. La concentración de Fe fue afectada por la especie y la época climática, mientras que los contenidos de P y Zn tuvieron un comportamiento errático, no siendo afectados por las variables anteriores. En general, los 4 forrajes analizados satisfacen las necesidades de PC, K, Fe y Mn del ganado lechero de la región, no siendo así para los requerimientos de Ca, P, Mg, Cu y Zn. Los altos niveles de K y las altas relaciones K/ (Ca + Mg) presentadas por los pastos *Pennisetum clandestinum* y *Pennisetum purpureum*, pueden favorecer la incidencia de hipomagnesemia en aquellos hatos que no reciben una suplementación mineral adecuada, inclu-

so en aquellos pastos (*P. clandestinum* y *Axonopus scoparius*) que presentan niveles de 0,21% de Mg.

### LITERATURA CITADA

- ANDREASI, F.; MENDONCA, C.X, Jr.; VEIGA, J.S.M.; PRADA, F. 1969. Levantamiento dos elementos minerais em plantas forrageiras de areas delimitadas do Estado de São Paulo. Rev. Fac. Med. Vet. São Paulo 7 (3): 583.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1975. Official methods of analysis. 12 ed. Washington, D. C. 1008 p.
- CHURCH, D. C. (ed.). 1979. Digestive physiology and nutrition of ruminants; nutrition. 2 ed. Corvallis, Oregon, O E B Books. v.2, 452 p.
- De SOUSA, J. C. 1978. Interralationships among mineral levels in soil, forage, and animal tissues in ranches in northern Mato Grosso, Brasil. Ph. D. Thesis. Gainesville, University of Florida. 276 p.
- FICK, K. R.; MILLER, S. M.; FUNK, J. D.; Mc DOWELL, L. R.; HOUSER, R. H. 1976. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Gainesville, University of Florida, American Research Program. 90 p.
- GOMIDE, J. A. 1976. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In Simposio Latinoamericano sobre Pesquisa em Nutrição Mineral de Ruminants em Pastagens, Belo Horizonte. 20 p.
- GOMIDE, J. A.; NOLLER, C. H.; MOTT, G. O.; CONRAD, J. H.; HILL, D. L. 1969. Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. Agronomy Journal 61 (1): 120-123.
- KEMP, A.; 't HART, M.L. 1957. Grass tetany in grazing milking cows. Netherlands Journal of Agricultural Science 5 (1): 4-17.
- Mc DOWELL, L.R.; CONRAD, J. H.; ELLIS, G. L.; LOOSLI, J. K. 1984. Minerales para ruminantes en pastoreo en regiones tropicales. Gainesville, Universidad de Florida, Departamento de Ciencia Animal. 91 p.
- MILLER, W. J. Dairy cattle feeding and nutrition. 1979. New York, Academic Press. 411 p.
- MORRISON, J. 1980. The influence of climate and soil on the yield of grass and its response to fertilizer nitrogen. In International Symposium of European Grassland Fed. on the role of nitrogen in intensive grassland production, Wageningen, Holland. Proceedings. Wageningen, PUDOC p. 51-57.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1978. Nutrient requirements of dairy cattle. 5 ed. Washington, D. C., National Academy of Sciences. 76 p.
- NATION RESEARCH COUNCIL (NRC). 1980. Mineral tolerance of domestic animal. Washington, D. C., National Academy of Sciences, National Research Council. 577 p.
- NORTON, B. W. 1981. Differences between species in forage quality. In Nutritional limits to animal production from pastures. Ed. by J. B. Hacker. Slough, U. K. Commonwealth Agricultural Bureau, 536 p.
- SANCHEZ, J. M.; VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; FONSECA, H. 1986. Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica. I. Efecto de la época climática y el estado vegetativo. Agronomía Costarricense 10 (1/2): 179-190.
- STEEL, R. G.D.; TORRIE, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics. 2 ed. New York, Mc Graw Hill. 481 p.
- VARGAS, E.; CAMPABADAL, C.; PALMER, L. 1980. Composición química y mineral de algunos forrajes de la provincia de Cartago y su relación con los requerimientos del ganado bovino. Agronomía Costarricense 4 (2): 162-173.