

## EVALUACION DEL ESTADO MINERAL DE LOS PASTOS DE LOS CANTONES DE NICOYA, NANDAYURE Y HOJANCHA PROVINCIA DE GUANACASTE, DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA <sup>1/\*</sup>

Oscar Bonilla \*\*

### ABSTRACT

Mineral content of some forage grasses in Nicoya, Nandayure and Hojancha counties, Guanacaste province, during the rainy season. In the present research the mineral content of grasses from Nicoya, Nandayure and Hojancha counties in Guanacaste Province, were analyzed throughout the rainy season and related to the mineral requirements of cattle in the region.

One hundred and sixteen grass samples collected from July through October were analyzed for crude protein (C.P.), Ca, P, Mg, K, Fe, Cu, Mn and Zn. Mean values (dry basis) for the three counties were: crude protein, 7.20% ; Ca, 0.24 %; P, 0.16 %; Mg, 0.13% and K, 0.18 %. Mean values for the trace elements were: Fe, 204; Cu, 4; Mn, 27; and Zn, 10 mg/kg, respectively.

Nicoya, Nandayure and Hojancha counties showed respectively mean values for the same nutrients as follows: C. P., 7.39, 7.17 and 7.05 %; Ca, 0.21, 0.30 and 0.22% ; P, 0.15, 0.18 and 0.16% ; Mg, 0.09, 0.20 and 0.09% ; K, 0.75, 1.23 and 1.25% ; Fe, 109, 255 and 249 mg/kg; Cu, 2, 9 and 2 mg/kg; Mn 17, 45 and 19 mg/kg; Zn, 8, 14 and 7 mg/kg respectively.

### INTRODUCCION

En Costa Rica y en general en América Latina el ganado bovino de carne depende casi exclusivamente del forraje para obtener los elementos minerales. Una deficiencia o toxicidad de estos elementos en los pastos, puede producir efectos negativos sobre los rendimientos productivos de los animales. Algunas investigaciones realizadas en Costa Rica, indican la existencia de problemas nutricionales de origen mineral en los bovinos, principalmente manifestados por carencia de calcio, fósforo, zinc y cobre y posible toxicidad de manganeso e hierro (8).

El contenido mineral de los forrajes se ve influido por las variaciones climatológicas estacio-

nales en el año (14) y por las diferencias en la composición química de los suelos, entre un sitio y otro (2).

La zona de Guanacaste es una de las principales regiones ganaderas del país, por lo que es necesario conocer el contenido mineral de las especies forrajeras de dicha zona durante la época lluviosa.

Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio fue determinar el contenido mineral (calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc) y proteína cruda de las principales especies forrajeras de la zona y relacionar esos valores con los requerimientos minerales de los animales bovinos de carne.

### MATERIALES Y METODOS

Durante la época lluviosa (julio - noviembre) se realizó un muestreo en la zona de la península de Nicoya que involucró a los cantones de Nicoya, Nandayure y Hojancha de la provincia de Guana-

1/ Recibido para publicación el 24 de agosto de 1984.  
\* Parte de la tesis de grado del autor presentada a la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica y parcialmente financiada por el Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

\*\* Coordinador de Producción Animal, Universidad Estatal a Distancia.

**CUADRO 1.** Contenido de proteína cruda y de minerales mayores en forraje de los cantones de Hojancha, Nandayure y Nicoya (% en base seca).

| Cantón              | P. C.       | Ca.               | P                 | Mg                | K                 |
|---------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Nicoya              | 7,39        | 0,21 <sup>b</sup> | 0,15 <sup>a</sup> | 0,09 <sup>b</sup> | 0,75 <sup>a</sup> |
| Nandayure           | 7,17        | 0,30 <sup>a</sup> | 0,18 <sup>b</sup> | 0,20 <sup>a</sup> | 1,23 <sup>b</sup> |
| Hojancha            | 7,05        | 0,22 <sup>b</sup> | 0,16 <sup>a</sup> | 0,09 <sup>b</sup> | 1,25 <sup>b</sup> |
| Promedio en la zona | 7,20 ± 1,54 | 0,24 ± 0,06       | 0,16 ± 0,03       | 0,13 ± 0,09       | 1,08 ± 0,52       |

a, b Medias con diferente letra en una misma columna variaron significativamente ( $P < 0,05$ ).

caste. Esta es una zona principalmente ganadera con una altitud que oscila entre los 10 y los 350 msnm. La temperatura y precipitación promedio mensual es de 26 C y 170 mm respectivamente.

Un total de 116 muestras de forrajes provenientes de 22 fincas (4 de Hojancha, 4 de Nandayure y 14 de Nicoya) fueron analizadas para la determinación de proteína cruda (P.C.), calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc.

La materia seca y la P.C. se analizaron por el metodo de la Association of Official Analytical Chemists (3). El fósforo por el método colorimétrico de Fiske y Subbarow (6) y los demás minerales por el método de absorción atómica de Fick *et al.* (5).

Las muestras de forrajes incluyeron las especies *Hyparrhenia rufa*, *Cynodon nlenfluensis* y *Echinochloa polystachya*. La recolección se realizó a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo en los potreros que estaban listos para pastorearse, tomándose una muestra de 500 gramos. Las muestras se guardaron en bolsas plásticas y se enviaron al laboratorio donde se secaron durante 48 horas y se molieron, siendo envasadas para su posterior análisis.

Los datos se analizaron mediante un diseño de tipo anidado. Las diferencias entre las medias fueron analizadas por medio de la prueba de Duncan (13).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Proteína cruda.** Se puede observar (Cuadro 1) que el mayor contenido promedio de proteína cruda se encontró en el cantón de Nicoya (7,39%) mientras que el menor se encontró en el cantón de Hojancha (7,05%). En cuanto a especie forrajera, el mayor porcentaje de P.C. lo presentó el pasto a-

lemán (8,52%) y el menor el pasto jaragua (6,92%) (Cuadro 3), aunque las diferencias entre localidades y entre forrajes no se consideraron significativas ( $P > 0,05$ ).

La distribución de la concentración y frecuencia de la proteína cruda en los pastos de los cantones estudiados se resume en la Figura 1. Se puede notar que un 60,36 % de las muestras analizadas presentan valores de proteína cruda inferior al 7,0%, límite debajo del cual, según Maynard y Loosli (7), De Alba (4) y Van Nierkerk (15), el consumo voluntario de los bovinos se ve claramente afectado. De acuerdo a estos resultados se puede establecer que la proteína en los pastos de los cantones estudiados resulta ser un factor limitante para una normal nutrición del ganado bovino de carne. Los resultados obtenidos oscilan desde un mínimo de 3,30 % hasta un valor máximo de 16,90% de P.C. en base seca, con una media de 7,20 % y una desviación estándar de 1,54. Dicha media se encuentra por encima del nivel crítico de 7,00% citado por la literatura, sin embargo se halla por debajo del nivel de 11,10% recomendado por el N.R.C (11) como el requerido para novillos en fase de finalización. Alonso (1), Montoya (9), Wong (16) y Quijano (12) encontraron en Guanacasté valores promedios de 3,76, 3,4, 3,70 y 5,24 % de P.C. respectivamente durante la época seca.

**Calcio.** El mayor contenido promedio de este mineral se encontró en el cantón de Nandayure (0,30 % de la materia seca), y el menor en el cantón de Nicoya (0,21 % de la materia seca) (Cuadro 1). En cuanto a especie forrajera el pasto jaragua presentó la mayor concentración de calcio (0,24 % de la materia seca) y el estrella africana obtuvo el menor (0,20% de la materia seca) (Cuadro 3).

La Figura 1 presenta la distribución de la concentración y frecuencia del calcio en los canto-

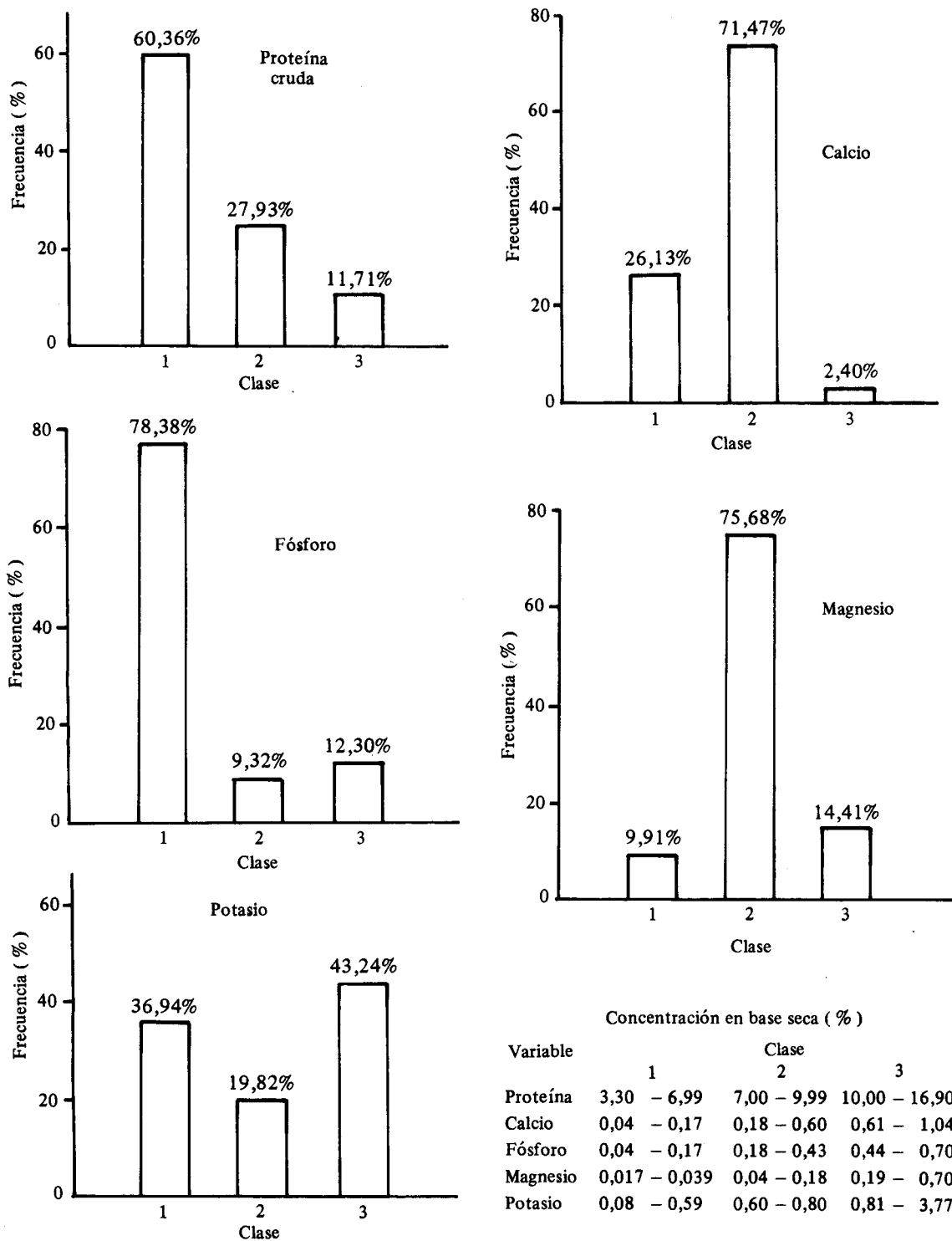


Fig. 1. Distribución de los elementos mayores y proteína cruda en los forrajes de los cantones de Nicoya, Nandayure y Hojancha.

nes estudiados. El 71,47 % del total de las muestras analizadas presentaron valores superiores a 0,18 % de calcio en base seca, nivel mínimo establecido por el N.R.C. (11) como adecuado para llenar los requerimientos del ganado vacuno de carne. Un 26,13 % de las muestras mostraron valores inferiores a este nivel mínimo, mientras que un 2,4% de ellos se encontró por encima del límite máximo establecido por el N.R.C. (11) de 0,60 % de calcio en base seca. Ammerman y Valdivia (2) informan que el contenido de calcio en los forrajes tropicales presenta marcadas variaciones. Además, ellos mismos coinciden en que los niveles de calcio en los pastos son casi siempre adecuados a las necesidades del ganado bovino. Los resultados obtenidos variaron desde un valor mínimo de calcio de 0,04 % de la materia seca hasta un valor máximo de 1,04 % con una media de 0,24 % de calcio en base seca y una desviación estándar de 0,056 %. Como se puede notar, este valor promedio se encuentra por encima del rango normal de adecuación de este elemento en la ración diaria para el ganado vacuno de carne, según lo indica el N.R.C. (11). Además concuerda con Quijano (12), Murillo (10) y Wong (16) quienes encontraron valores promedios de calcio en pastos de 0,34, 0,25 y 0,14 % de la M.S. respectivamente, todos ellos comprendidos dentro del rango de adecuación.

**Fósforo.** El mayor promedio lo presentó el cantón de Nandayure (0,18 % de la materia seca), mientras que Nicoya obtuvo el menor (0,15 % de la materia seca), (Cuadro 1). De acuerdo a las recomendaciones del N.R.C. (11) sólo el primer cantón mencionado satisface las necesidades de este elemento, razón por la cual los sistemas de alimenta-

**CUADRO 2.** Contenido de minerales menores en forraje de los cantones de Hojancha, Nandayure y Nicoya (mg/kg en base seca).

| Cantón              | Fe               | Cu             | Mn              | Zn              |
|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Nicoya              | 109 <sup>a</sup> | 2 <sup>a</sup> | 17 <sup>a</sup> | 8 <sup>a</sup>  |
| Nandayure           | 255 <sup>b</sup> | 9 <sup>b</sup> | 45 <sup>b</sup> | 14 <sup>b</sup> |
| Hojancha            | 249 <sup>b</sup> | 2 <sup>a</sup> | 19 <sup>a</sup> | 7 <sup>a</sup>  |
| Promedio en la zona | 204 ± 139        | 4 ± 4          | 27 ± 15         | 10 ± 6          |

a, b Medias con diferente letra en una misma columna variaron significativamente ( $P < 0,05$ ).

ción en estas áreas deben tomar siempre en cuenta este aspecto.

El fósforo varió desde una concentración máxima de 0,20% de la materia seca en el pasto alemán hasta una concentración mínima de 0,14 % de la materia seca en el pasto jaragua (Cuadro 3).

En la Figura 1 se resume la distribución de la concentración y frecuencia del fósforo en los pastos de los cantones de Nicoya, Nandayure y Hojancha. Se puede notar que el 78,38 % del total de las muestras analizadas mostraron valores de fósforo inferiores al 0,18 % de la M.S. del pasto. El N.R.C. (11) establece que niveles de fósforo inferiores a este valor límite no llenan los requerimientos del ganado vacuno en este mineral. Solamente un 21,62% de los resultados obtenidos se encontraron por encima de dicho valor límite.

Las 116 muestras analizadas variaron desde un mínimo de 0,04% hasta un máximo de 0,70 % de la materia seca. La media obtenida fue de

**CUADRO 3.** Contenido promedio de proteína cruda y de elementos mayores en tres especies forrajeras (% en base seca).

| Especie                                                   | P. C. | Ca                 | P                 | Mg   | K    |
|-----------------------------------------------------------|-------|--------------------|-------------------|------|------|
| Jaragua (96)*<br>( <i>Hyparrhenia rufa</i> )              | 6,92  | 0,24 <sup>a</sup>  | 0,14 <sup>a</sup> | 0,11 | 0,96 |
| Estrella africana (14)<br>( <i>Cynodon nlenfluensis</i> ) | 7,75  | 0,20 <sup>b</sup>  | 0,19 <sup>b</sup> | 0,10 | 1,25 |
| Alemán (5)<br>( <i>Echinochloa polystachya</i> )          | 8,52  | 0,23 <sup>ab</sup> | 0,20 <sup>b</sup> | 0,16 | 1,38 |

a, b Medias con diferente letra en una misma columna variaron significativamente ( $P < 0,05$ ).

\* Número de muestras analizadas de cada especie.

**CUADRO 4.** Contenido promedio de elementos menores en tres especies forrajeras (mg/kg en base seca).

| Especie                                              | Fe               | Cu              | Mn              | Zn              |
|------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Jaragua<br>( <i>Hyparrhenia rufa</i> )               | 222 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup>  | 26 <sup>a</sup> | 8 <sup>a</sup>  |
| Estrella africana<br>( <i>Cynodon nlenfluensis</i> ) | 130 <sup>a</sup> | 7 <sup>a</sup>  | 21 <sup>a</sup> | 14 <sup>b</sup> |
| Alemán<br>( <i>Echinochloa polystachya</i> )         | 558 <sup>b</sup> | 33 <sup>b</sup> | 66 <sup>b</sup> | 15 <sup>b</sup> |

a, b Medias con diferente letra en una misma columna variaron significativamente ( $P < 0,05$ ).

0,15 % con una desviación estándar de 0,033. Dicha media se encuentra por debajo del nivel óptimo requerido para la normal nutrición del ganado vacuno de carne en este mineral. Todos estos resultados concuerdan con lo informado por Murillo (10), Quijano (12) y Wong (16) para la zona de Guanacaste, quienes encontraron valores desde 0,01 a 0,48% de fósforo en base seca.

**Magnesio.** El magnesio varió desde un máximo de 0,20 % de la materia seca en el cantón de Nandayure hasta un mínimo de 0,09 % de la materia seca en los cantones de Hojancha y Nicoya (Cuadro 1).

En la Figura 1 se observa el comportamiento mostrado por el magnesio en las muestras de pasto analizadas. De acuerdo a esto, el 75,68 % del total de las muestras analizadas estaba dentro del rango normal de adecuación para el ganado vacuno de carne. Un 14,41 % del total se encontró por encima del valor límite máximo (0,18 %), mientras que un 9,91 % se halló por debajo del valor límite mínimo (0,04 %). La media encontrada fue de 0,13 % con una desviación estándar de 0,069; los valores oscilaron en un rango de 0,017 a 0,70 % de magnesio en base seca. La media se encuentra dentro del intervalo requerido para la normal nutrición del bovino de carne en este mineral, el cual se ha establecido en un mínimo de 0,04 a 0,18 % de la materia seca (11).

Este resultado concuerda con lo encontrado por Alonso (1) y Murillo (10) quienes mencionaron valores promedios de 0,18 y 0,12 % de magnesio respectivamente.

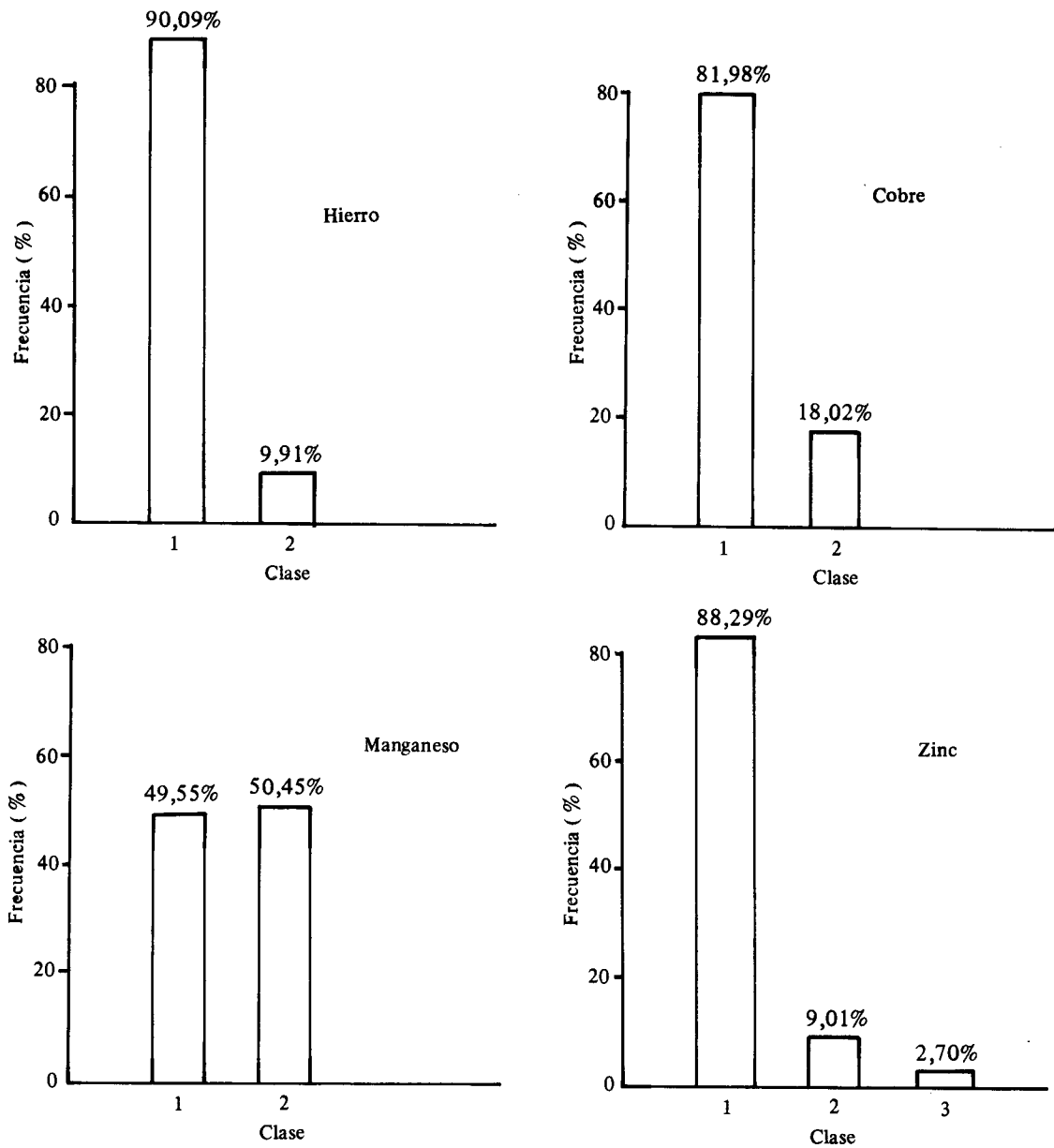
**Potasio.** El cantón de Hojancha presentó el mayor contenido promedio de potasio (1,25 % de la materia seca) mientras que el cantón de Nicoya obtuvo el menor valor (0,75 % de la materia seca), (Cuadro 1).

El N.R.C. (11) indica como valores normales requeridos para el ganado vacuno de carne, los comprendidos entre 0,60 y 0,80 % de la materia seca de la ración. Según la Figura 1, el 19,82 % de las muestras llenaron el requerimiento normal de 0,6 a 0,8 % de potasio reportado por el N.R.C. (11), un 36,94 % fueron deficientes y un 43,24 % presentaron valores superiores a los requerimientos. Las muestras de pasto reportaron valores de potasio que oscilaron desde un mínimo de 0,08 % hasta un máximo de 3,77 % de la M.S.; con una media de 1,08 % y una desviación estándar de 0,52. Estos valores concuerdan con los reportados en Guanacaste por Alonso (1), Murillo (10), Quijano (12) y Wong (16) quienes encontraron valores que oscilaron entre 0,2 a 4,5 % de potasio.

**Hierro.** El cantón de Nandayure presentó el mayor promedio de hierro (225 mg/kg de la materia seca) mientras que el cantón de Nicoya presentó el menor (109 mg/kg de la materia seca), (Cuadro 2).

El pasto alemán es la especie forrajera que presentó la mayor concentración (558 mg/kg de la materia seca). Por su parte el estrella africana presentó la menor (130 mg/kg de la materia seca) (Cuadro 4).

En la Figura 2 se puede notar que el 100 % del total de las muestras analizadas mostraron valores superiores al requerimiento mínimo de 10 mg/kg recomendado por el N.R.C. (11). De este 100 % un 9,91 % de ellas presentaron concentraciones mayores a 400 mg/kg, lo cual se ha considerado tóxico (11). Según Ammerman y Valdivia (2) los niveles encontrados en la mayoría de los forrajes del mundo son adecuados a las necesidades del ganado bovino. La media general encontrada fue de 204 mg/kg con una desviación estándar de 139, encontrándose desde valores de 13 mg/kg hasta



| Variable  | Concentración en base seca<br>mg/kg |             |         |
|-----------|-------------------------------------|-------------|---------|
|           | Clase 1                             | Clase 2     | Clase 3 |
| Hierro    | 13 – 399                            | 400 – 1 712 | —       |
| Cobre     | 1 – 3,9                             | 4 – 69      | —       |
| Manganeso | 1 – 20                              | 21 – 70     | —       |
| Zinc      | 1 – 19                              | 20 – 30     | 31 – 53 |

Fig. 2. Distribución de los elementos menores en los forrajes de los cantones de Nicoya, Nandayure y Hojancha.

1712 mg/kg de hierro en base seca. Esta media fue mayor que la reportada para Guanacaste por Murillo (10), Alonso (1) y Wong (16) quienes encontraron valores promedio de 148, 194 y 175 mg/kg de hierro respectivamente. De acuerdo a estos resultados se puede deducir que el hierro no resulta ser un problema nutricional por carencia de éste en los pastos de los cantones evaluados, puesto que todas las muestras analizadas presentaron valores superiores a 10 mg/kg.

**Cobre.** Este mineral varió desde un máximo de 9 mg/kg de la materia seca en el cantón de Nandayure hasta un mínimo de 2 mg/kg de la materia seca en los cantones de Nicoya y Hojancha (Cuadro 2). Según las recomendaciones de N.R.C. (11) sólo el cantón de Nandayure llenó las necesidades nutricionales de este elemento; mientras que en los otros dos cantones evaluados existe una marcada deficiencia.

La especie forrajera que presentó el valor promedio máximo fue el pasto alemán con 33 mg/kg de la materia seca; por su parte el pasto jaragua presentó el menor con 3 mg/kg de la materia seca (Cuadro 4).

La distribución de la concentración del cobre en los pastos de los cantones evaluados se resume en la Figura 2. Se puede notar en ella que la mayoría de las muestras analizadas (81,98 %) no satisfacen el requerimiento mínimo de 4 mg/kg recomendado por el N.R.C. (11). Únicamente un 18,02 % del total de las muestras analizadas se manifestaron superiores a 4 mg/kg de cobre en base seca. Esto permite deducir en forma general que los pastos existentes en los cantones en estudio son deficientes en lo que a su contenido de cobre se refiere. Los análisis realizados dan valores que oscilaron desde un mínimo de 1 mg/kg hasta un máximo de 69 mg/kg; con una media de 4 mg/kg y una desviación estándar de 3,95. Esta media es similar a la encontrada por Alonso (1), Quijano (12) y Murillo (10) de 5,0, 3,17, y 2,81 mg/kg, respectivamente.

**Manganeso.** El cantón de Nandayure presentó el mayor promedio de manganeso (45 mg/kg de la materia seca) mientras que el cantón de Nicoya presentó el menor (17 mg/kg de la materia seca), (Cuadro 2). Estos niveles bajos de manganeso podrían estar causando deficiencia en los animales de la zona. La mayor concentración de manganeso la presentó el pasto alemán (66 mg/kg de la materia

seca), por su parte el estrella africana mostró la menor (21 mg/kg de la materia seca), (Cuadro 4).

La Figura 2 muestra que el 49,55 % de los resultados obtenidos se encuentran dentro de un rango establecido por el N.R.C. (11) como normal para el ganado bovino de carne (40 mg/kg). El 50,45 % de los resultados presentaron valores superiores a 20 mg/kg.

La media de manganeso fue de 27 mg/kg con una desviación estándar de 15,0. El mínimo obtenido fue de 1 mg/kg, mientras que el máximo fue de 76 mg/kg. Estos datos obtenidos concuerdan con Murillo (10) y Quijano (12) quienes reportan rangos de variación de 9 a 80 mg/kg con promedio de 27.

**Zinc.** Este mineral varió desde un máximo de 14 mg/kg de la materia seca en el cantón de Nandayure hasta un mínimo de 7 mg/kg de la materia seca en el cantón de Hojancha (Cuadro 2). En ninguno de los tres cantones evaluados se satisfacen los requerimientos nutricionales de este elemento, indicados por el N.R.C. (11).

El zinc muestra una variación desde un máximo de 15 mg/kg de la materia seca en el pasto alemán hasta un mínimo de 8 mg/kg en el jaragua (Cuadro 4).

En la Figura 2 se resume la distribución mostrada por el zinc en los pastos de los cantones evaluados. El N.R.C. (11) indica que los niveles de zinc adecuados a las necesidades del ganado vacuno de carne oscilan entre 20 y 30 mg/kg de la M.S. Un 88,29% de los datos obtenidos se encuentran por debajo del rango normal recomendado por el mencionado organismo (11); un 9,01 % mostró estar dentro del rango normal de 20 a 30 mg/kg; mientras que un 2,70 % de las muestras analizadas contenía niveles superiores a 30 mg/kg. De acuerdo a estos datos, los pastos de las localidades estudiadas presentan deficiencia en el contenido de este mineral. La media de zinc encontrada en los pastos analizados fue de 10 mg/kg con una desviación estándar de 5,95. Los resultados variaron desde un mínimo de 1 mg/kg hasta un máximo de 53 mg/kg concordando esto con Underwood (14) quien afirma que el valor más común de este mineral se encuentra comprendido en el intervalo de 2,5 a 50 mg/kg. Murillo (10), Montoya (9) y Wong (16) encontraron valores promedios para Guanacaste que oscilan entre 5 y 43 mg/kg.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivos evaluar el contenido mineral de los pastos de los cantones de Nicoya, Nandayure y Hojancha, provincia de Guanacaste, durante la época lluviosa, y relacionar dichos valores con los requerimientos minerales de los animales bovinos de carne.

Entre julio y octubre se recolectaron 116 muestras de pastos, a las que se les determinó el contenido en base seca, de proteína cruda (P.C.), Ca, P, Mg, K, Fe, Cu, Mn y Zn. Los promedios para los tres cantones fueron: P.C., 7,20 %; Ca, 0,24 %; P, 0,16 %; Mg, 0,13 %; y K, 0,18 %. Para los elementos trazas los contenidos medios fueron: Fe, 204; Cu, 4; Mn, 27, y Zn, 10 mg/kg.

Los cantones de Nicoya, Nandayure, y Hojancha mostraron, respectivamente, los siguientes valores medios de los mismos nutrientes: P.C., 7,39, 7,17 y 7,05%; Ca, 0,21, 0,30 y 0,22%; P, 0,15, 0,18 y 0,16%; Mg, 0,09, 0,20 y 0,09; K, 0,75, 1,23 y 1,25%; Fe, 109, 255 y 249 mg/kg; Cu, 2, 9 y 2 mg/kg; Mn, 17, 45 y 19 mg/kg, y Zn, 8, 14 y 7 mg/kg.

Se concluye que de los minerales analizados en el forraje únicamente el Ca, Mg, K y Fe cubren las necesidades nutricionales de los animales en los tres cantones estudiados, mientras que el P, Cu, Mn y Zn resultan ser deficientes en los cantones de Nicoya y Hojancha. Los análisis de proteína cruda hechos al forraje muestran valores promedios que apenas logran satisfacer las necesidades nutricionales mínimas de los animales en los tres cantones estudiados.

## LITERATURA CITADA

- ALONSO, M. Evaluación del estado mineral del ganado y los pastos en los distritos de la Cruz, Cañas Dulces y Filadelfia de la Provincia de Guanacaste durante la época seca. Tesis Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 1977.
- AMMERMAN, C.B. y VALDIVIA, R. La suplementación mineral del ganado de carne en Latinoamérica. Memorias de la II Conferencia Anual sobre ganadería y avicultura en América Latina. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida, Gainesville, U.S.A. 1977.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the A.O.A.C. II Ed. Washington, D.C. 1970.
- DE ALBA, J.D. Alimentación del ganado en América Latina. Segunda edición. México, Prensa Médica Mexicana. 1973.
- FICK, K.R. *et al.* Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Animal Science Department. University of Florida. Gainesville, Florida, U.S.A. 1976.
- FISKE, C.H. y SUBBAROW, V. The colorimetric determination of phosphorus. Journal of Biological Chemistry, 66:375. 1925.
- MAYNARD, L.A. y LOOSLI, L.K. Nutrición animal. Tercera edición. México, U.T.E.H.A., 1975.
- MCDOWELL, L.R. Mineral Deficiencies and toxicities and their production in developing countries. Conference on beef cattle production in developing countries. University of Edimburg, Scotland, 1974.
- MONTOYA, V. Evaluación del nivel de minerales en tejidos animales (Sangre de hígado) y forrajes del cantón de Santa Cruz durante época seca. Tesis Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía, 1978.
- MURILLO, O. Evaluación del estado de nutrición mineral del ganado bovino en pastoreo del cantón de Cañas, Guanacaste. Tesis Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.) Necesidades nutritivas del ganado vacuno de carne. 1era. edición. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1976.
- QUIJANO, E. Estudio del estado mineral de pastos y bovinos en la época seca en los distritos de Bejuco y Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1979.
- STEEL, R. y TORRIE, J. Principles and procedures of statistics. Second Edition. New York, McGraw Hill, 1960.
- UNDERWOOD, E.J. Los minerales en la alimentación del ganado. Zaragoza, Acribia, 1968.
- VAN HIERKERK, B. D. H. Supplementation of grazing cattle. Roche products Ltd., South Africa, 1974.
- WONG, L.E. Contenido mineral de los pastos y del suero sanguíneo de los bovinos en el cantón de Nicoya, Guanacaste durante la época seca. Tesis Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1978.