

SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACION SOBRE
NUTRICION MINERAL EN BOVINOS EN BRASIL

C. H. Tokarnia¹
J. Döbereiner²
S. S. Moraes²

RESUMEN

Se presenta una revisión de los estudios realizados en Brasil sobre trastornos del metabolismo mineral en los bovinos, principalmente deficiencias minerales, y sobre el botulismo, la complicación más importante de la deficiencia de fósforo. Se consideran sólo los estudios realizados luego de 1976 siendo esta revisión una continuación de la presentada en el Simposio Latinoamericano sobre Investigación en Nutrición Mineral de los Rumiantes a Pastoreo, realizado en Belo Horizonte, Brasil, 1976.

Las deficiencias minerales diagnósticas en los bovinos en Brasil fueron aquellas de P, Na, Co, Cu, I, Zn y Mn (esta última dependiendo de un exceso de Fe en la pastura y un exceso en la suplementación con Co); valores bajos de Se en muestras de hígado y suero sanguíneo fueron obtenidas en determinadas áreas. El botulismo epizootico fue diagnosticado en grandes zonas donde ocurre la deficiencia de fósforo. La intoxicación por cobre, la hipocalcemia debida a la ingestión de pasturas ricas en oxalatos, y la intoxicación por fluor, también fueron diagnosticadas.

La ocurrencia de las deficiencias minerales hasta 1976, y desde 1976 a 1987 y el botulismo epizootico fueron registrados en 3 mapas, junto con las respectivas referencias bibliográficas.

Palabras clave: nutrición mineral, deficiencias minerales, toxicidad mineral, botulismo, bovinos, Brasil.

¹Departamento de Nutrición Animal, Universidad Federal de Rfo de Janeiro.
²EMBRAPA - Unid. de Apoyo al Programa Nacional de Investigación en Salud Animal.
Rfo de Janeiro.

INTRODUCCION

Desde el simposio Latinoamericano sobre Investigación en Nutrición Mineral de Rumiantes en Pastoreo, realizado en Belo Horizonte en 1976, cuando hicimos una estimación de la situación de la investigación sobre deficiencias minerales en rumiantes en Brasil hasta aquel momento, la investigación de ese tema ha realizado progresos bastantes grandes en nuestro país. Últimamente han sido blanco principal de esas investigaciones las regiones centro, oeste y norte, en las cuales el gran incremento habido en la crianza de bovinos confirmó los supuestos de que las deficiencias minerales son de mucha importancia como factor limitante a la cría de ganado.

En Brasil, hasta 1976, habían sido diagnosticadas deficiencias de P, Co, Cu, y I en bovinos en régimen de pastoreo (Fig. 1). Ya estaba bien establecido que la deficiencia de fósforo era, destacadamente, la más importante, aunque también se daban deficiencias de cobre y cobalto en grandes áreas, estando las de yodo limitadas a algunas pocas regiones del Brasil. Secundariamente a la deficiencia de fósforo fue diagnosticado botulismo bajo la forma epizootica en Piauí, en el sur de Maranhao y norte de Goiás. Las deficiencias de otros minerales, que se sabía ocurrían en otros países, como las de Zn, Mn y Se, así como de Na y Mg, no habían sido diagnosticadas.

Datos detallados sobre todas esas ocurrencias diagnosticadas en Brasil hasta 1976, constan en nuestra revisión publicada en el Simposio Latinoamericano sobre Investigación en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo, Belo Horizonte, 1976, y en su versión inglesa actualizada editada en 1978 (Tokarnia y Dobereiner 1976, 1978).

DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIA MINERAL

Antes de presentar la situación actual de la investigación sobre deficiencias minerales en bovinos en Brasil, desearíamos hacer algunos comentarios sobre el diagnóstico de deficiencia mineral.

En el diagnóstico de deficiencia mineral, como en el de cualquier afección, es necesario que se estudien sus diversas manifestaciones y que se explore el problema bajo ángulos, para entonces llegar a una conclusión del conjunto de los datos obtenidos. Muy importante, como primer paso, es el examen del rodeo: en la mayoría de las deficiencias minerales más acentuadas, la historia, el examen clínico, la realización de necropsias y los estudios histopatológicos pueden ayudar considerablemente en el establecimiento de un diagnóstico. Así, la osteofagia, aliada con el raquitismo y osteomalacia y bajos índices de fertilidad, indican deficiencia de fósforo; la presencia de bocio endémico en becerros indica deficiencia de yodo; una historia de que los rumiantes no sobreviven a no ser que sean trasladados periódicamente para "tierras sanas", cuando está asociado con síntomas de pérdida y perversión del apetito, enflaquecimiento y anemia progresiva, constituye un indicio fuerte de existencia de deficiencia de cobalto; la hemosiderosis acentuada en bazo, ganglios linfáticos y eventualmente en otros órganos sugiere una deficiencia de cobre.

Pueden ser recogidos datos valiosos a través de los exámenes radiológicos e histológicos de fragmentos de tejido óseo; con esa metodología, todavía insuficientemente explorada, se logran informaciones seguras, entre otras, sobre el desarrollo del esqueleto de cara a las disponibilidades de P y Ca durante el desarrollo del animal (Dammrich 1986, comunicación personal).

Por eso, en la mayoría de las deficiencias minerales, y sobre todos cuando ellas no son acentuadas, la determinación del cuadro clínico patológico, a pesar de ser muy importante, no es suficiente. La certeza final en el diagnóstico de la mayoría de las deficiencias minerales está dada por dos medios:

- a) por dosajes químicos del tejido animal y de muestras de pastura y suelo
- b) por la experimentación

En relación a los dosajes químicos se debe recurrir en primer lugar al análisis del material proveniente de los animales, y solamente en segundo plano a un análisis de la pastura, y por último al análisis del suelo.

Un análisis del material proveniente de los animales permite verificar directamente, con mayor rapidez y más fácilmente, las deficiencias existentes, con menor riesgo de error en la interpretación de los resultados (Bayazoglu et al 1972, Miller y Stake 1974, Mendes 1977, Underwood 1981, Conrad 1984).

Principalmente cuando se trata de hígado y hueso, con número relativamente pequeño de muestras se puede llegar a conclusiones bastante seguras sobre la ocurrencia de deficiencias minerales en extensas regiones.

Un análisis de las muestras de hígado es eficaz para evaluar la condición del animal en relación a Co, Cu, Mn y Se, y eventualmente Zn. Mendes (1977) basado en dosajes de muestras de hígado de más de 500 bovinos, que analizó para Fe, Cu, Zn, Mn, Co y Mo, concluyó que el nivel de ciertos minerales en ganado puede ser determinado satisfactoriamente en muestra de hígado obtenidas o por biopsia o en el matadero, próximo al fin de la estación de lluvias, ya que esta es una época del año en que los animales son más productivos y sus requerimientos son mayores. Un análisis del tejido óseo está indicado en estudios sobre deficiencias de Ca y P. Análisis de sangre, suero y plasma son útiles en el diagnóstico de deficiencias de Mg, Zn, Cl, P y Ca, pero tienen sus limitaciones; por ejemplo, los tenores de fósforo son influenciados por el estrés, ejercicio, hemólisis, temperatura y tiempo de separación del suero (Dyrell et al 1973b). Para la determinación de ciertas deficiencias minerales pueden ser analizados otros materiales provenientes de animal, como pelos, saliva, orina, fecas.

Como la ocurrencia de deficiencia mineral en el animal está ligada al pasto y hace a su vez depende del suelo, el análisis de la pastura y del suelo, cubriendo determinadas regiones y finalmente todo el Brasil, ya han sido recomendadas; se han realizado ya algunos levantamientos en este sentido en determinadas regiones del país.

Para la toma de muestras de este tipo y llegar a conclusiones válidas, se precisan elevados recursos humanos y materiales y asimismo son de ejecución bastante difícil y los resultados obtenidos no son de fácil interpretación.

En muestras de pasturas, los datos encontrados en relación a algunos de los elementos solamente tiene un valor relativo, luego deben ser confrontados con los de otros minerales de la misma muestra, que pueden tener interferencia en su asimilación por el animal. Además de eso, en muchas regiones la recolección de una muestra representativa de forraje, o sea, aquello que los animales ingieren, muchas veces es imposible. Se debe todavía considerar las variaciones de los tenores de los elementos en muestras de una misma pastura en diferentes épocas del año, variaciones tales que, relativamente en la mayoría de los elementos, son bastante grandes (son mucho mayores que en las del material proveniente del animal). Por eso, las muestras tienen que ser recogidas en número elevado y varios minerales deben ser analizados.

También se debe tomar en consideración la cantidad del mineral que es asimilable por el animal, la contaminación de las muestras por el suelo y la circunstancia de que los animales ingieran cierta cantidad de tierra junto con la pastura; en Piauí y Maranhão, en ciertas regiones, las heces de los bovinos contienen cantidades muy elevadas de tierra a tal punto que presentan un aspecto y consistencia de cerámica.

La ingestión de suelo en Nueva Zelanda, puede llevar a 600 kg por año para vacas lecheras (Healy 1974). En ovinos, Healy y Ludwig (1965) encontraron valores de hasta 3 lbs (1.5 kg) por semana/animal durante los meses húmedos de invierno, cuando los pastos son cortos y lodosos. Esos mismos autores encuentran que valores próximos a 50 lbs (25 kg) por año pueden ocurrir en ciertos establecimientos y sugieren que el suelo ingerido puede ser una fuente importante de microelementos. Conrad (1984) pondera que la ingestión de grandes cantidades de suelo puede disminuir la absorción P.

La interpretación de los resultados de los análisis del suelo se torna aún más difícil en relación a la mayoría de los elementos, visto que, más allá de interferencias, debe ser considerado que no todas las cantidades de un mineral existente en el suelo, son aprovechadas por las plantas, ya que diversos factores que influyen sobre su asimilación, como por ejemplo el pH del suelo y la forma química del elemento en aquel.

Sin embargo, se debe rescatar que los análisis de muestras de pastura y de suelo

no están desprovistos de valor, y sí constituyen un complemento importante en el estudio de las deficiencias minerales, como ha sido demostrado por los trabajos de Sousa et al (1979, 1980, 1981, 1982, 1986, 1987), Sousa y Darsie (1985, 1986), y también Lópes et al (1980 a,b). Queremos destacar el valor que tienen los análisis de Na en la pastura y de P en el suelo (Dayrell et al 1973a).

Otro recurso en el diagnóstico de las deficiencias minerales es la experimentación. Consiste básicamente en administrar a un grupo de animales mantenidos en la pastura sospechosa de estar carenciada, el mineral que se estima ser deficiente. Otro grupo de animales debe permanecer como testigo, esto es sin recibir el mineral y mantenido en el mismo régimen de pastoreo.

El principal parámetro para evaluar los resultados es la variación en el peso de los animales durante la experiencia. También otros parámetros como por ejemplo el índice de fertilidad, pueden ser utilizados (Conrad y Mendes 1965, Grunert y Santiago 1969 y Guimaraes y Nascimento 1971).

La experimentación es un excelente medio de diagnóstico en el estudio de las deficiencias minerales. Desgraciadamente es un método muy caro, trabajoso y lento.

Concluyendo, cuando más datos se aporten, más seguridad se tendrá en el diagnóstico. El procedimiento más cierto y seguro en el diagnóstico de las deficiencias minerales es el examen del rodeo, desde un punto de vista clínico-patológico, complementado por análisis químico del tejido animal y/o experimentación. Los análisis de pastura o el análisis del suelo siempre constituyen apenas un complemento.

Este procedimiento también es importante con relación al diagnóstico diferencial. Cuando se sospecha de una deficiencia mineral, ésta no siempre puede ser confirmada. Queremos dar algunos ejemplos:

Sutmoller et al (1966) estudiando en la región amazónica muertes de evolución hipoglicémica ("muerte súbita"), que llamaron "mal-de-cai", concluyeron que fueron debidas a un trastorno mineral alimenticio, subsiguiente a una carencia de Na y K, asociado a un desequilibrio Ca/P/Mg en el suelo, caracterizado por valores séricos aumentados de Mg, relativamente altos de P y disminuidos de Ca. Hoy sabemos que las "muertes súbitas" en las regiones visitadas por esos autores (Bajo Amazonas, Amapá) son causadas por dos plantas: Palicourea marcgravii en "tierra firme" y Arrabidaea bilabiata en la zona inundable (Tokarnia et al 1979).

En otra ocasión fue levantada la sospecha de que las "muertes súbitas" que ocurren en la "zona da mata" en Pernambuco estarían ligadas a una deficiencia de cobre (Cavalcanti, 1967, comunicación personal) como ha sido descrito en Australia para la "falling disease" (Underwood 1931). Hoy sabemos que esas muertes que ocurren en la "zona da mata" de Pernambuco también son causadas por una planta, Palicourea aeneofusca (Tokarnia et al 1983).

Otro ejemplo es el "espichamento" de los bovinos en el pantanal de Mato Grosso, enfermedad caracterizada por una calcinosis; se sospechaba que fuera una perturbación en el metabolismo de Ca/Mg inherente a la composición del suelo; hoy sabemos que se trata de una intoxicación por una planta calcinogénica, Solanum malacoxylon (Dobereiner et al 1974). Finalmente queremos citar la "borrachera" en Venezuela, una especie de "falling disease"; de acuerdo con Mc Dowell et al (1983) los animales afectados por esa enfermedad tienen valores muy bajos de cobre en el hígado. Hoy sabemos que la enfermedad está causada por la ya mencionada planta tóxica Arrabidaea bilabiata (Cortés 1969/74).

SITUACION ACTUAL DE LA INVESTIGACION SOBRE NUTRICION MINERAL EN BOVINOS EN BRASIL

En la presente revisión presentamos un resumen de las investigaciones realizadas en Brasil luego de 1976, agrupando las deficiencias minerales diagnosticadas, mineral por mineral, en orden cronológico (Fig. 2); incluimos también enfermedades relacionadas, o sea, botulismo (Fig. 3), hipocalcemia por oxalatos y las pocas comunicaciones sobre intoxicaciones por F y Cu.

Dentro del propósito de esta revisión, los resultados de las dosificaciones químicas de muestras de pasturas y de suelo, realizadas independientemente de estudios en bovinos con posibles deficiencias minerales, son omitidos, ya que esos datos por sí solos son de difícil interpretación.

La revisión no incluye los datos sobre la "cara hinchada" de los bovinos para cuya etiología se ha sugerido una deficiencia/desequilibrio mineral (Nunes y Chquiloff 1986, Souza et al 1986); los estudios al respecto aún están en marcha y el problema ha ameritado reuniones específicas.

Como la mayoría de los datos sobre el asunto de esta revisión provienen de algunas comunicaciones y estudios regionales, incluyendo diversos minerales, damos inicialmente los datos principales de esos levantamientos y estudios, a título de una orientación general y para evitar repeticiones. Esos levantamientos fueron los siguientes:

- 1) Mendes (1977) y Sousa (1978) hicieron un levantamiento de las deficiencias minerales en ganado de carne en 6 establecimientos destinados a la cría, recría y engorde, y localizadas en el norte de Mato Grosso (hoy sudoeste del Estado); el primer autor realizó los análisis en tejido animal (hueso, hígado), el segundo, en forrajes y suelo; las recolecciones fueron realizadas durante las épocas seca y lluviosa; para fines de muestreo los animales fueron divididos en 5 clases (novillos de 2 años, novillos de 4 años, vacas en lactación, vacas de 10 a 12 años y animales en malas condiciones), obteniéndose muestras de 7 animales de cada clase en cada una de las 6 haciendas, 2 veces al año (épocas seca y lluviosa), siendo obtenidas las muestras de tejido (hueso e hígado) a través de biopsia, totalizando 420 muestras de costilla (5x7x6x2) y 420 muestra de hígado adicionalmente se obtuvieron muestras de hueso e hígado de otros 72 animales, inicialmente a través de biopsia y luego, en seguida, de los mismos animales sacrificados, la mitad de ellos (36) en la época seca y la otra mitad en la época lluviosa; el muestreo fue realizado al azar, de animales que estuvieron a pastoreo por un período superior a un mes; la alimentación de los animales estaba constituida exclusivamente por pasto; en todos los establecimientos se estaban administrando muestras minerales, muchas veces de manera inadecuada e insuficiente; los datos obtenidos por los dos investigadores constan en sus tesis de maestría elaboradas en Florida bajo la orientación del Dr. J. H. Conrad (Mendes 1977, Sousa 1978); en Brasil estos datos fueron publicados en diversos trabajos (Mendes et al 1981), 1982, Sousa et al 1979, 1980, 1981, 1982).
- 2) Sousa y Darsie (1985, 1986) y Sousa et al (1986, 1987) hicieron un levantamiento en moldes semejantes al anterior en 6 regiones (7 establecimientos) localizados en la parte nordeste de Roraima; los autores muestrearon tejido animal (sangre, hueso e hígado), forrajeras y suelos en épocas seca y lluviosa; los animales muestreados fueron vacas en lactación y bovinos jóvenes de 1 y 2 años de edad, de un rodeo de bajo nivel zootécnico, en propiedades donde la suplementación mineral era una práctica aún incipiente; fueron recogidas muestras de hígado de aproximadamente 120 vacas y 120 animales jóvenes; de sangre de aproximadamente 150 vacas y 150 animales jóvenes, y muestras de hueso de aproximadamente 40 vacas y 40 animales jóvenes; las regiones fueron seleccionadas teniendo en cuenta entre otros criterios, la historia de posibles deficiencias minerales; el muestreo de los animales fue realizado al azar, cuidando de que hubieran estado pastoreando por un período superior a 3 meses.
- 3) Lopes et al (1980 a,b) hicieron una caracterización en la microregión de Mato Grosso de Goiás, GO; estudiaron la composición química de muestras de material procedente de bovinos (suero, hueso, hígado), de forrajeras y de suelo en 5 municipios de esa microregión con el objetivo de obtener informaciones sobre el "status" regional del rodeo; en cada uno de esos municipios fueron sorteados tres establecimientos; en cada predio fueron escogidos al azar y sacrificados 6 animales, entre vacas en lactación, novillos (vaquillonas) y terneros, sumando un total de 90 animales para la extracción de sangre, hueso e hígado; se sacaron muestras de forrajeras y suelo para dosaje de minerales; la recolección de muestras fue efectuada en la estación lluviosa de 1976; los animales recibían suplementación mineral irregularmente.
- 4) Camargo y colaboradores publicaron en diversos trabajos los resultados de numerosos análisis realizados en la región amazónica; la mayor parte de esos análisis son de muestra de sangre (Ca, P y Cu), forrajeras y suelo; son pocos los análisis de hígado (Cu, Co, Mn y Zn); por eso los resultados son de difícil interpretación:

- a) En una publicación (Camargo et al 1980) son relatados los resultados de estudios de elementos de interés pecuario en regiones de la Amazonia Legal, basadas en análisis de suero sanguíneo, hígado, forrajeras y suelo recogidas en 20 empresas localizadas en 13 municipios.
 - b) En otra publicación (Camargo et al 1985) son relatados los resultados de estudios de macro y microelementos en el suero sanguíneo e hígado de bovinos, en las forrajeras y suelos de 13 empresas de 6 regiones de "Polamazonia" (sur de Pará, nordeste de Mato Grosso e Ilha de Marajó).
 - c) Tiene los datos presentados muy resumidamente en Congreso (Camargo et al 1976) sobre análisis del suero sanguíneo, hígado, forrajeras y suelos en establecimientos en el nordeste de Mato Grosso.
 - d) Finalmente tiene los datos de 9 regiones de la Amazonia presentados bajo forma de cuadros en el Simposio Latinoamericano (Fernández y Camargo, 1976)
- 5) Barros et al (1981) para esclarecer si con la enfermedad "mal-de-secar" en bovinos estarían relacionadas deficiencias de elementos minerales, realizaron análisis de tejido animal (suero, hígado), pasturas y suelo, durante la época lluviosa en los municipios de Manaus e Itacoatiara, AM y de Parintins, PA. Desgraciadamente los datos de este estudio fueron publicados hasta ahora solamente de manera resumida y bajo forma de un Comunicado Técnico. Los pormenores de este estudio se encuentran en la parte relativa al Co.

Además de esos levantamientos y estudios regionales, hay algunos estudios experimentales, también comprendiendo diversos minerales y que son los siguientes:

- 6) Sousa et al (1983) para verificar posibles deficiencias minerales en novillos cruza Nelore pastoreando "capim-coloniao" en el sudeste de Mato Grosso del Sur (Mun. Rio Brilhante), realizaron un estudio experimental de análisis del tejido animal, forrajeras y suelo. Los pormenores sobre este estudio se encuentran en la parte relativa al Zn.
- 7) Sousa et al (1985), con el objetivo de estudiar posibles efectos de la suplementación mineral sobre la ganancia de peso de novillos cruza Nelore en pasturas de Capim-coloniao abonadas con fosfatos en el municipio de Miranda, MS, además de realizar un estudio experimental, muestrearon los animales (sangre, hueso, hígado), forrajeras y suelo. Los pormenores sobre este estudio se encuentran en la parte relativa a sodio.

No hay necesidad de referir aquí otros levantamientos o estudios experimentales involucrando un solo mineral (son pocos), ya que esos datos están en la parte relativa a cada elemento.

Las siguientes son las investigaciones publicadas después de 1976 sobre deficiencias minerales en bovinos en Brasil, mineral por mineral, y en orden cronológico (Fig. 2).

Fósforo y calcio

Sousa et al (1979) incorporando los datos de la tesis de Mendes (1977), en la caracterización de las deficiencias minerales en bovinos en el norte de Mato Grosso, constataron que las medias de P en los huesos de los animales variaban de 15,1 a 15,5% evidenciando deficiencia de fósforo. Los animales presentaron niveles más altos de P durante la época de seca y niveles más bajos durante la época lluviosa. Los análisis de P en las forrajeras indicaron que ninguna de ellas, con excepción de las leguminosas, aportaban los niveles adecuados de P para un mínimo de producción animal, evidenciando así, la deficiencia de ese mineral en los 6 establecimientos. Entre las dos épocas estudiadas, hubo una gran variación de los tenores de P en las forrajeras. Las medias generales alcanzadas fueron de 0,20% en la época lluviosa y 0,08% en la época seca. Los tenores de P en los suelos estudiados fueron considerados entre bajos y medios (2.9 a 27.6 ppm respectivamente). Los autores concluyeron que la suplementación de P para bovinos criados en régimen extensivo, con pérdida de peso en la época seca, es más importante durante la época lluviosa, cuando existe cantidad suficiente de energía y proteína y los animales están ganando peso o ejerciendo cualquier otra función positiva.

Los niveles de Ca en los huesos fueron considerados normales en todas las haciendas. Los niveles de Ca en las plantas forrajeras, en general, eran suficientes para aten-

der las exigencias nutricionales de los bovinos, en las dos épocas estudiadas. Los niveles de Ca en el suelo eran altos en 5 haciendas y en apenas una de ellas eran medios.

Lopes et al (1980a), en su caracterización de la microregión de Mato Grosso de Goiás, verificaron, en relación al P, que un gran número de animales principalmente vacas en lactación, presentaron concentraciones séricas de P abajo de las consideradas normales. La media y desvío estándar de P sérico para vacas en lactación fueron (en mg%): 4.46 ± 0.45 , 4.83 ± 1.37 , 4.35 ± 1.24 , 4.32 ± 0.34 y 3.92 ± 0.54 para cada uno de los 5 municipios escogidos. El tenor de las cenizas en los huesos varió de 52.74 a 57.50%. El tenor de P en la ceniza ósea varió de 16.00 a 17.27%. Encontraron además en 24 a 84% de las muestras de forrajerías, valores < 0.18 de P en la materia seca. Cerca del 91% de las muestras de suelo presentaron tenores de P disponible de < 10 ppm.

Los tenores séricos de Ca y Mg estaban dentro de los límites normales en todos los municipios estudiados. El tenor de Ca en la ceniza de los huesos varió de 37.38 a 39.99%.

Los autores concluyeron que los bajos tenores de P obtenidos en el suero sanguíneo en muestras de cenizas de huesos, en el forraje y en el suelo caracterizaban una deficiencia de P en la región estudiada.

Camargo et al (1980) en sus estudios de elementos minerales de interés pecuario en 20 empresas de Amazonia Legal, encontraron en relación al P, índices por debajo del valor mínimo en el suero sanguíneo de los bovinos de 4 empresas, durante la estación lluviosa. En las forrajerías, en apenas 5% los valores estaban dentro de lo adecuado. En el suelo, en apenas dos de las 20 empresas estudiadas los tenores de P estaban dentro del mínimo adecuado.

Barros et al (1981) en su estudio sobre el "mal-de-secar", en los municipios de Manaus e Itacotiara, AM, y de Parintins, PA, verificaron en el suero sanguíneo niveles bajos de Ca y P, principalmente en relación al P. En las pasturas encontraron deficiencias acentuadas de P y Ca, considerando los requisitos mínimos para bovinos en crecimiento, mantenimiento y terminación.

En esas regiones los autores verificaron, concomitantemente, deficiencia de Co, y concluyeron que el "mal-de-secar" debe estar relacionado con los niveles bajos de Ca y P en el suero sanguíneo y de Co en el hígado.

Permanores sobre los estudios de Barros et al (1981) están en la parte relativa al Co.

Moraes et al (1982) en una experiencia cuyo objetivo fue determinar el nivel óptimo de P a ser aportado con mezclas minerales a bovinos en crecimiento, mantenidos en pasturas de *Brachiaria humidicola* ("quicuío-da-amazonia") en el municipio de Manaus, AM, ofrecieron mezclas minerales con diversos niveles de P, y aportando a los animales sus requerimientos de Na, Zn, Cu, Co e I. Verificaron el marcado efecto del fósforo en la ganancia de peso de los bovinos, comprobando que el P es uno de los elementos más limitantes en los suelos y consecuentemente en las pasturas de tierra firme en el Estado Amazonas. El análisis económico mostró que cualquiera de los niveles de P comparados con los testigos (sin P) es ventajoso para el criador, aunque el mayor aumento en la renta bruta ocurrió cuando se suministró el mayor nivel de P.

Sousa et al (1983) en sus estudios experimentales y analíticos en el municipio de Rio Brillante, MS, verificaron que los animales del grupo que recibió suplemento fosfórico tuvieron una ganancia de peso superior a aquellos que no recibieron ese suplemento. Los análisis de biopsia de costilla indicaron niveles deficientes de P. El tenor de P en el plasma sanguíneo no mostró deficiencia. Las forrajerías presentaron niveles medios deficientes en P, y el suelo se mostró pobre en Ca y P. Pero la deficiencia más importante para la crianza de bovinos en esa pastura fue la del Zn.

Camargo et al (1985), en sus estudios experimentales y analíticos en el municipio de Miranda, MS, encontraron niveles relativamente bajos de Ca, P, y porcentaje de ceniza en el tejido óseo, aunque normales para los micronutrientes en el plasma sanguíneo, en todos los tratamientos. La deficiencia revelada por la experimentación fue solo de Na; no hubo respuesta a la suplementación con P en la ganancia de

peso.

Los pormenores sobre los estudios de Sousa et al (1985) se encuentra en la parte relativa al Na.

Sousa et al (1986) en su caracterización de las deficiencias minerales en bovinos en el nordeste de Roraima, verificaron que los niveles de P plasmático fueron bajos en prácticamente todas las regiones; apenas en dos podrían ser considerados normales para los bovinos jóvenes. Los porcentajes de ceniza en los huesos de las vacas fueron bajos en 4 regiones, en los bovinos jóvenes fueron deficientes en las 6 regiones. Los tenores de P en la ceniza ósea fueron deficientes, variando de 9.9 a 14.2% en las vacas en lactación y de 9.2 a 12.7 en los bovinos jóvenes, siendo en ambas categorías, menores durante la época lluviosa. Los niveles de P en las forrajeras fueron deficientes en 5 regiones. Los tenores de P en los suelos fueron bajos, variando de 2.1 a 4.3 ppm. entre las regiones.

Los niveles de Ca plasmático fueron normales en todas las regiones, en ambas épocas del año y en las dos categorías estudiadas. Los tenores de Ca en la ceniza ósea de las vacas se presentaron próximos al límite de la deficiencia en 3 regiones (35.7% 36.4% y 36.5%) y deficientes en las otras (30.6%, 31.6% y 33.4%); los tenores de Ca en la ceniza ósea de los bovinos jóvenes fueron deficientes en todas las regiones. En el suelo y en las forrajeras se encontró deficiencia de Ca en 5 regiones.

Botulismo epizootico de los bovinos

Revisando la deficiencia de P, no se puede dejar de mencionar el botulismo. El botulismo epizootico de los bovinos es consecuencia de la osteofagia causada por la deficiencia de P, y hoy una de las 3 causas más importantes de mortandades en bovinos adultos en el Brasil (rabia y plantas tóxicas son las otras dos), perdiéndose anualmente muchas decenas de millares de cabezas debido a cada una de esas afecciones.

El diagnóstico del botulismo epizootico en bovinos por las toxinas C y D fue establecido en nuestro país en el estado de Piauí (Tokarnia et al 1970). La enfermedad venía siendo observada desde 1960 en la región de Camó Mayor, donde murieron en pocos años cerca de 15.000 de los originales 100.000 bovinos existentes, y se extendió en los años siguientes (Fig. 3), al sur de ese estado, después al sur de Maranhao y norte de Goiás (Tokarnia 1970) y más tarde al sur de Goiás (Dobereiner 1978/79). En seguida, las mortandades por el botulismo fueron diagnosticadas en la región de Cassilandia, MS (Dobereiner, 1979) y en Alegrete, RS donde fue diagnosticada como responsable por las muertes de bovinos en los llamados "campos gruesos" (Langenegger et al 1984). Recientemente, el botulismo fue reconocido como causa de mortandades de bovinos en el norte de Bahía (Tokarnia 1986), en Campo Grande, MS (Dobereiner 1986), en regiones próximas a Brasilia, DF (Dobereiner 1987a), y en Marília y al sur de Riberáo Preto, SP (Dobereiner 1987b). Existe además una ocurrencia probable de botulismo epizootico en otras regiones de Brasil, como en el Territorio Federal de Roraima (Dobereiner 1975).

En Bahía, la enfermedad fue atribuida por Portugal (1986) a ingestión de exceso de nitrato en las forrajeras; pero tal afirmación se basaba en un error de cálculo. Las forrajeras no contenían 7.75 a 11.08% de nitrato expresado en NaNO_3 como Portugal afirmara, sino en 0.000775 a 0.001108%. Portugal transformó los datos analíticos de las forrajeras, expresados en mg/kg (de nitratos expresados en nitrato de Na), simplemente en %; en realidad 1 mg/kg = 0.0001%, lo que significa una diferencia de 1:10000 (Tokarnia 1986).

Se explica el aumento de las mortandades por botulismo primeramente, por la ocupación de vastas áreas de cercados y otra áreas con suelos pobres, o que sólo fue posible después de la introducción de las brachiarias, pastos poco exigentes que forran mucha masa verde pero que son deficientes en P, y en segundo lugar por la introducción de bovinos zootécnicos mejorados y por eso, más exigentes en relación al P.

Intoxicación por Fluor

En la revisión sobre deficiencia de P, también no se puede dejar de mencionar el fluor. Uno de los cuidados que se debe tener en la suplementación fosfórica de los bovinos es usar fosfatos con bajo tenor de ese elemento (la relación F:P no debe pesar de 1:100). Los tenores más elevados ingeridos durante períodos prolongados

provocan intoxicación.

Riet Correa et al (1983) describieron la intoxicación por fluor en bovinos en nuestro medio, no debido a suplantación con fosfatos ricos en flúor, sino como consecuencia de la polución atmosférica que contamina las pasturas, producida por fábricas de fertilizantes, que procesan roca fosfática, localizadas en la ciudad de Río Grande, RS. Las lesiones dentarias características de intoxicación por flúor, o sea, la presencia de manchas blanquecinas con aspecto de tiza, pigmentación marrón hipoplasia del esmalte, desgaste dentario exagerado, fueron encontradas en 19 establecimientos localizados entre 4.5 y 17.5 km de distancia de las fábricas de fertilizante, habiéndose verificado una función lineal de grado de las lesiones con relación a la distancia. Las lesiones óseas consistieron en osteoporosis. Los niveles de flúor de 7 mandíbulas y 3 húmeros de animales pertenecientes a 2 establecimientos situados entre 5 y 6 km de las fábricas variaron entre 1.400 y 5.750 ppm.

Intoxicación por oxalatos

Tampoco podemos dejar de mencionar aquí la intoxicación por oxalatos, en que ocurre hipocalcemia y sintomatología nerviosa.

En nuestro medio, Schenk et al (1982) estudiaron, en el municipio de Ribas do Rio Pardo, (MS, una enfermedad en vacas lactantes que se caracterizaba por andar tambaleante, tetania, diarrea y corrimiento nasal. De 85 vacas, 45 enfermaron 10 días después de su introducción a una pastura de Setaria anceps cv. Kazungula. Los niveles de Ca en el plasma sanguíneo estaban por debajo de los considerados normales en todos los animales enfermos (media 6.7 mg/100 ml). Los tenores de oxalatos en la pastura fueron bastante altos (media 6.2%). Los autores informan de pasto con rebrote nuevo que había una alta disponibilidad de K en el suelo (140 ppm en promedio).

Magnesio

Lopes et al (1980a), en la caracterización de la microregión de Mato Grosso de Goiás, GO, verificaron que los niveles de Mg estaban dentro de los límites normales en las muestras de suero sanguíneo y de forrajes. Los autores concluyeron que el Mg no constituye problema para el rodeo de esa región. Sousa et al (1982), en una investigación sobre las deficiencias minerales en los bovinos en el norte de Mato Grosso, constataron que los niveles de Mg en el tejido óseo de los animales, así como en las forrajas muestreadas, fueron normales. Los niveles de Mg en los suelos fueron bajos en apenas un establecimiento.

Sousa et al (1987), en su mapeo de las deficiencias minerales en bovinos en el nordeste de Roraima, verificaron que los niveles de Mg plasmático de los bovinos fueron normales en las dos épocas del año. En las cenizas de los huesos (costillas), los tenores de Mg fueron bajos, variando de 0.32 a 0.44% en las vacas en lactación y de 0.28 a 0.47% en los bovinos jóvenes. Las forrajas presentaron tenores de Mg adecuados para los bovinos de carne en crecimiento y terminación, aunque aparentemente inadecuados para vacas en lactación en 5 de las 6 regiones estudiadas; ellos fueron significativamente menores ($P < 0.05$) en la época seca. El tenor medio adecuado de Mg en el suelo fue encontrado apenas en una de las 6 regiones (0.500 meq/100 gr). Las otras regiones presentaron niveles bajos. Los autores concluyeron que los bajos niveles óseos de Mg son indicativos de mineralización inadecuada y aumento de reabsorción ósea, más en función de deficiencia de Ca y P, diagnosticada en la región por los autores (Sousa et al 1986), que de Mg, principalmente en los bovinos jóvenes; concluyeron que es probable una deficiencia subclínica de Mg en las vacas en lactación en las regiones estudiadas.

Potasio

Lopes et al (1980a) verificaron que solamente en uno de los 5 municipios escogidos los niveles séricos de K, principalmente en vacas y terneros, fueron inferiores a los niveles considerados como normales; en los demás municipios, los niveles de potasio permanecieron dentro de los valores normales.

Los niveles de potasio en las muestras de forrajas de los 5 municipios escogidos

estuvieron por encima de las necesidades para la alimentación del ganado. La gran mayoría de las muestras de suelo presentó niveles adecuados de K; apenas en un municipio 36% de las muestras revelaron niveles inadecuados (inferiores a 50 ppm) de ese elemento. Los autores concluyen que el K no parece constituir un problema para el rebaño bovino de la microregión estudiada.

Sousa et al (1982), en la investigación de las deficiencias minerales en bovinos en el norte de Mato Grosso, constataron que las forrajeras presentaron niveles medios de K adecuados a las exigencias nutricionales de los bovinos en todas las haciendas. Los niveles de K en los suelos de mostraron deficientes en 2 de los 6 establecimientos.

Sousa et al (1987), en un trabajo similar, pero en el nordeste de Roraima, verificaron que los niveles de K en las forrajeras fueron deficientes en todas las regiones; ellos fueron significativamente menores ($P < 0.05$) en la época seca. Nivel medio de K en el suelo fue observado en una de las 6 regiones estudiadas, con 65 ppm. En las demás regiones los niveles de K en el suelo fueron bajos.

Sodio

Sousa et al (1982), en Mato Grosso, constataron que en todas las haciendas las forrajeras se mostraron altamente deficientes en Na, satisfaciendo apenas 14 al 30% de las exigencias nutricionales de los bovinos. Los niveles de Na en los suelos fueron considerados normales, y la salinidad de las regiones estudiadas fue considerada insignificante.

Sousa et al (1985) con el objetivo de estudiar posibles efectos de la suplementación mineral sobre el aumento de peso en novillos cruce Nelore en pasturas de capim colonias fertilizadas con fosfatos, realizaron un estudio con una duración de 814 días, en el municipio de Miranda, en la parte oeste de Mato Grosso del Sur. Fueron usados 10 novillos distribuidos en los siguientes tratamientos: a) sin suplementación mineral; b) NaCl; c) NaCl + P; d) NaCl + P + microelementos. Además del control de los pesos durante la experiencia fueron muestreados los animales (sangre, hígado y costilla), forrajeras y suelo. En el plasma sanguíneo fueron dosificados P, Ca y Mg. En hígado se determinaron los tenores de Fe, Cu, Co, Mn, Zn y Mo y en el hueso Ca, P, Mg y porcentaje de cenizas. Los tratamientos A, B, C y D presentaron ganancias medias de peso por animal de 235.6, 278.8, 296.9 y 278.9 respectivamente. En los períodos secos se observó pérdida de peso de los animales en todos los tratamientos a pesar de la suplementación mineral. Los autores concluyeron: 1) que no hubo respuesta a ganancia de peso en los novillos a la suplementación mineral con P, 2) que hubo respuesta a la suplementación de NaCl, 3) que no hubo respuesta a la suplementación mineral en los períodos secos, 4) que hubo tendencia para menor consumo de minerales en el período seco, 5) que las pasturas eran acentuadamente deficientes en Na.

El análisis económico realizado por Costa et al (1982) apuntó al tratamiento b como superior a los demás.

En ese estudio, Sousa et al (1985) verificaron también que los niveles de Ca, Mg y P en el plasma sanguíneo fueron normales; los análisis de biopsia de costilla indicaron niveles relativamente bajos de Ca, P y porcentaje de ceniza, en todos los tratamientos; los niveles de microelementos dosificados en muestras de hígado fueron normales; las forrajeras presentaron niveles medios de P, Na y Zn deficientes.

Los análisis de suelo mostraron tenores bajos de Zn, estando los demás elementos dosados en niveles considerados adecuados.

Sousa et al (1987), en el trabajo realizado en Roraima, verificaron que los niveles de Na en las forrajeras fueron deficientes en todas las regiones; ellos fueron significativamente menores ($P < 0.05$) en la época seca. Los niveles de Na en el suelo variaron de 47 a 102 ppm entre regiones, por lo tanto son relativamente altos, habiendo posibilidades de toxicidad de ese elemento para algunas plantas.

Hierro

Sousa et al (1981) incorporando los datos de la tesis de Mendes (1977) en el mapeo de las deficiencias minerales en bovinos en el norte de Mato Grosso, constataron que en el hígado y en las forrajeras el nivel de Fe en todos los predios muestreados fue considerado adecuado para los bovinos de carne. Los análisis del suelo mos

traron niveles ligeramente bajos en 2 establecimientos y en otros 4, niveles medios adecuados.

Sousa y Darsie (1986), en la investigación en el nordeste de Roraima, verificaron que los niveles hepáticos de Fe eran adecuados. Las forrajeras presentaron concentraciones nutricionalmente adecuadas para bovinos de carne. Los niveles de Fe en el suelo estaban muy por encima de las concentraciones recomendadas para los cultivos.

Cobalto

Mc Dowell (1976), en investigación en la región del Vale do Paraíba, SP, verificó, a través del análisis de 32 muestras de hígado en la época de seca y de 17 en la época de lluvia, valores que indican deficiencia marginal de cobalto en el período de seca (media 0.098 ppm); en la época de lluvia los valores fueron normales (media 0.160 ppm). Los valores en las muestras de capím fueron normales en las dos épocas del año.

Camargo et al (1976) en sus investigaciones de minerales en bovinos en el nordeste de Mato Grosso, obtuvieron en análisis de muestras de hígado de bovinos para la región septentrional niveles medios de cobalto en el límite de lo normal (0.10 y 0.11 ppm en las épocas de seca y lluvias respectivamente), pero en la región meridional tenores medios de cobalto indicando deficiencia, tanto para la época de seca como de aguas (0.07 y 0.08 ppm respectivamente).

No informaron sobre la cantidad de muestras analizadas.

Fernandes y Camargo (1976) en análisis de muestras de hígado en 9 regiones de la Amazonia, en 20 muestras analizadas verificaron 9 valores deficientes de cobalto y 4 valores en el límite de lo normal (0.100 ppm). El número de análisis es muy pequeño en relación a muchas regiones muestreadas y no permite conclusiones.

Camargo et al (1980), en sus estudios de elementos minerales de interés pecuario en 20 empresas de la Amazonia Legal, en relación al cobalto encontraron en un número total de 100 muestras de hígado (incluidas aprox. 70 muestras analizadas por Mendes 1977), valores que indicaban deficiencia en 5 muestras procedentes de 5 empresas en dos de ellas localizadas en los municipios de Silves, AM, y Santana do Araguaia, PA, habían historias clínicas de acobaltosis; se debe resaltar que las aproximadamente 70 muestras arriba mencionadas eran de una sola hacienda, donde no había valores bajos de cobalto. En las otras empresas fueron recogidas en general, sólo 1 o 2 muestras; el número de los análisis referentes a esas empresas es muy pequeño en relación a las muchas regiones muestreadas y no permite conclusiones.

En relación con las forrajeras fueron encontrados niveles de cobalto inadecuados para las necesidades de los bovinos en 8 empresas, con predominancia de valores más bajos en la época de seca; en 4 de ellas (incluyendo las 2 encima mencionadas, más dos situadas en el municipio de Chapada dos Guimarães) había historia clínica de acobaltosis.

Barros et al (1981), en un estudio sobre el "mal-de-secar" en los municipios de Manaus e Itacoatiara, AM, y de Parantins, PA, obtuvieron los siguientes resultados: en el suero sanguíneo los niveles de calcio y fósforo fueron bajos, principalmente con relación al fósforo; los tenores de cobalto en el hígado fueron muy bajos, en cuanto a los de cobre fueron moderadamente bajos; los tenores de Zn y Mn fueron normales. Concluyeron que las bajas concentraciones de Ca y P en el suero sanguíneo y el reducido tenor de Co en el hígado de los bovinos tenían relación con una enfermedad llamada "mal-de-secar".

No obstante, paralelamente, con base en análisis de pasturas, ampliaron la constatación de cierto número de deficiencias, pues en estas encontraron tenores de Ca, P, Cu, Co y Zn por debajo de los límites considerados normales. Comparando los tenores de los elementos minerales encontrados en las pasturas con los requisitos mínimos para bovinos, los autores encontraron deficiencias acentuadas de Ca, P, Cu y moderada de Co para bovinos en crecimiento, mantenimiento y engorde, así como vacas en lactación; verificaron también deficiencias de Zn y Mg para el caso de vacas en lactación. La conclusión final a que llegaron fue que las pasturas de tierra firme de los municipios de Manaus, Itacoatiara y Parantins, constituidas prin-

principalmente de gramíneas, presentaron tenores de Ca, P, Cu, Co y Zn insuficientes para atender las exigencias de bovinos en régimen de pastoreo.

Sousa et al (1981), incorporando los datos de la tesis de Mendes (1977) en el mapeo de las deficiencias minerales en bovinos en el norte de Mato Grosso, constataron que los niveles de cobalto en el hígado eran adecuados.

Las medias de Co en el hígado fueron más bajas en la estación lluviosa que en la estación seca. Solo en 3 haciendas las forrajeras poseían cantidades suficientes de Co para atender las exigencias nutricionales de los animales; en esas mismas haciendas los suelos mostraron tenores adecuados de Co; las demás tenían suelos deficientes. Los autores concluyeron que el nivel normal de Co en el hígado se debía parcialmente a suplantación con el elemento en la dieta de los animales.

Sousa y Darsie (1985), en el nordeste de Roraima, verificaron que las concentraciones de cobalto en el tejido hepático eran normales en todas las regiones. En las forrajeras el nivel de Co fue adecuado en apenas una región. Examinadas individualmente 8 forrajeras, el cobalto fue deficiente en 4 especies y adecuado a las exigencias nutricionales de los bovinos en otras 4. Solamente una región presentó suelos deficientes en cobalto. Los autores, en las conclusiones recomiendan suplementación mineral con cobalto.

Camargo et al (1985), en un estudio sobre 13 empresas en "Polamazoni" verificaron valores deficientes solamente en un hígado (en la época de lluvia, en el sur de Pará), de 9 muestras analizadas procedentes de 6 haciendas. En las forrajeras de 4 entre 13 haciendas, verificaron tenores considerados inadecuados.

Cobre

Mc Dowell (1976), en muestreo en la región de Vale do Paraíba, SP, verificó que los valores de Cu en el hígado eran normales tanto en la época de lluvia como en la de seca, en cuanto al suero, tanto en una época como en otra, reflejaron una deficiencia marginal. Los valores de cobre en capim fueron normales.

Camargo et al (1976), en sus investigaciones en el nordeste de Mato Grosso, obtuvieron, en análisis de muestras de hígado de bovinos, tanto para la región septentrional, como para la meridional, valores considerados normales.

No informaron sobre la cantidad de muestras de hígado analizadas.

Fernandes y Camargo (1976), en análisis de muestras de hígado en bovinos en 9 regiones de la Amazonia, en 20 muestras analizadas solo encontraron 1 valor deficiente para cobre.

Sousa et al (1980), incorporando los datos de la tesis de Mendes (1977) en un estudio en el norte de Mato Grosso, verificaron que el nivel de cobre en el hígado de los animales fue normal en las 6 empresas. Las forrajeras de apenas 2 haciendas poseían niveles adecuados de cobre para bovinos de carne; en los otros 4 predios se encontraron niveles medios deficientes de cobre, siendo que una de ellas presentó valor deficiente de Cu (2.7 ppm) en combinación con niveles tóxicos de Mo (9.2 ppm). En el suelo, solamente en una hacienda los niveles de cobre se mostraron normales; los demás predios presentaron niveles considerados bajos. Los autores concluyeron que el nivel de Cu en el hígado de los animales fue normal en todas las haciendas debido al aporte de suplementos minerales. Concluyeron también que la suplementación de Cu es más importante durante el período lluvioso, cuando las pasturas ofrecen energía y proteína en cantidades suficientes para el desarrollo productivo de los animales.

Los tenores de Mo en el hígado fueron considerados normales. Apenas en un establecimiento esos niveles estuvieron relativamente altos, más abajo del nivel tóxico. En las forrajeras los niveles de Mo fueron considerados normales con excepción de lo mencionado más arriba en que los niveles medios eran tóxicos. En el suelo los tenores medios de Mo fueron considerados relativamente altos.

Lopes et al (1980b) en la microregión de Mato Grosso de Goiás, GO, en relación al Cu verificaron que los tenores medios de Cu en el hígado variaron de 129.3 ± 77.4 a 205.9 ± 71.5 ppm. En 2 municipios, Trindade y Firminópolis, 23 y 41% de las muestras de hígado, respectivamente, presentaron tenores de Cu inferiores a 100 ppm. Aproximadamente 30% de las muestras de forrajeras analizadas por municipio presentaron tenores inferiores a 4 ppm de cobre en la materia seca. La mayoría de las muestras de suelo presentó niveles bajos de cobre.

Los autores observan que el hecho de que la mayoría de los resultados de las muestras de hígado se presentaron dentro de los límites normales, se debe probablemente a que un gran número de animales había recibido suplementación mineral y que la deficiencia de Cu generalizada presentadas por las muestras de suelo y forraje evidencia la necesidad de suplementación de Cu a los animales de esa zona.

Camargo et al (1980), en 20 empresas de la Amazonia Legal, encontraron, en relación al Cu, en un total de aprox. 100 muestras de hígado (incluidas 70 aprox. de las analizadas por Mendes 1977), valores indicando deficiencia en 3 muestras procedentes de 2 predios; se debe resaltar que las 70 muestras antes mencionadas eran de una sola hacienda, donde no hubieron valores bajos de Cu. En la mayoría de las otras empresas fueron recogidas en general, solo 1 o 2 muestras. El número de análisis en esos establecimientos es muy pequeño en relación a las muchas regiones muestreadas y no permite conclusiones.

En relación a las forrajeras, solamente en 6 de los 20 establecimientos los autores encontraron valores de Cu que indicaban que aportaban el mínimo necesario; en los demás, los valores apuntan niveles inadecuados, principalmente en época de seca.

Los análisis de las forrajeras, recogidas solamente en época de lluvia, revelaron tenores bajos de Mo.

Barros et al (1981), en estudio sobre el "mal-de-secar" en los municipios de Manaus e Itacoatiara (AM) y de Parintins (PA), encontraron en el hígado de los bovinos tenores de Cu moderadamente bajos (variaciones de 26.4 a 225.3 ppm-media 129.0 ppm) En las pasturas encontraron deficiencias acentuadas de Cu, consideradas las necesidades mínimas de los bovinos en crecimiento, mantenimiento y engorde.

Camargo et al (1985) en un estudio sobre 13 empresas en "Polamazonia", verificaron valores hepáticos de Cu relativamente elevados (9 muestras recogidas en 6 predios) sin embargo, los valores séricos, en gran parte, eran bajos (sangre recogida en 13 establecimientos). En las forrajeras analizadas en las 13 haciendas, los niveles de cobre, en gran parte, eran bajos o marginales. Los autores citan a Mendes (1977) según el cual los niveles hepáticos elevados de cobre son consecuencia de la ingestión de suplemento mineral por los animales.

Intoxicación por Cobre

En todas las especies animales, una continua ingestión de cobre en exceso lleva a alguna acumulación en los tejidos, especialmente en el hígado. Cuando esa acumulación sobrepasa ciertos niveles, puede ocurrir una liberación catastrófica del cobre hepático a la corriente sanguínea, con resultado de hemólisis extensiva e ictericia, seguida de muerte. La acumulación de cobre en el hígado puede darse durante algunas semanas o meses sin manifestaciones clínicas, hasta que ocurra la crisis hemolítica final. Hay diferencias importantes entre las especies animales: los suínos son altamente tolerantes, los bovinos menos, mientras que los ovinos son extremadamente intolerantes al exceso de cobre (Underwood 1966, 1981).

Santos y Williams (1966) establecieron en Rio Grande do Sul, por primer vez en Brasil el diagnóstico de intoxicación por Cu, en ovinos, basándose en un conjunto de datos, o sea, en el cuadro clínico (tratábase de una afección de evolución aguda con ictericia acentuada y hemoglobinuria), los hallazgos de necropsia (consistiendo en ictericia generalizada, hígado de color amarillo ocre, riñones de coloración marrón oscura y orina oscura en la vejiga) y en los valores de cobre en el hígado entre 700 y 1096 ppm.

Más recientemente, Olivera et al (1984) nuevamente establecieron el diagnóstico de intoxicación por cobre en ovinos en aquel Estado, basándose igualmente en las manifestaciones clínicas (ictericia y hemoglobinuria y evolución de 3 a 4 días), en los hallazgos de necropsia (ictericia generalizada, hígado amarillento, riñones de coloración oscura y hemoglobinuria) y en los tenores de Cu en el hígado que variaron de 312 a 563 ppm.

Rosa y Gomes (1982) con base en la historia de una enfermedad de ovinos adultos, que causó la muerte de 15 animales en una majada de 150 en un período de 30 días, en la sintomatología (debilidad general, incoordinación motora, mucosas pálidas,

decúbito lateral y muerte) cerca de 3 meses después del inicio de la ingestión de una mezcla mineral rica en Cu, en los hallazgos de necropsia de un animal (mucosas y órganos cavitarios decolorados, intensa coloración amarilla de la grasa abdominal, edema gelatinoso de las partes bajas, hígado pálido con aspecto de nuez moscada en su superficie y al corte, riñones de coloración ceniza metálica), y en el nivel del Cu hepático de ese animal (584 ppm de Cu en la materia seca) y en el cese de la mortandad luego de cambiarse la mezcla mineral, establecieron un diagnóstico presuntivo de intoxicación crónica por cobre en exceso en la muestra mineral.

Zinc

Galvao et al (1973) realizaron un ensayo sobre el efecto de la suplementación de Zn en la dieta de vacas en lactación en el municipio de Vespasiano, en la zona metalúrgica de Minas Gerais. Administraron a 12 vacas, subdivididas en 3 tratamientos (A, B, C) durante 42 días, niveles de 34, 80 y 127 ppm de Zn en la materia seca, respectivamente bajo forma de ZnO. Los análisis estadísticos revelaron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, ni en las producciones de leche ni en la grasa de la misma. Las variaciones en el peso de los animales experimentales fueron mínimas y también poco significativas.

Camargo et al (1976), en el nordeste de Mato Grosso, obtuvieron en análisis de hígado de bovinos en la región septentrional, valores de Zn un poco abajo de lo normal (95 y 94 ppm en épocas de seca y lluvia respectivamente), y en la región meridional, valores normales. No informan sobre la cantidad de muestras analizadas.

Fernandes y Camargo (1976), en análisis de muestras de hígado de bovinos en 9 regiones de la Amazonia, en 20 muestras analizadas verificaron 7 valores deficientes en Zn y 2 en el límite normal (100 ppm).

El número de análisis es muy pequeño en relación a las muchas regiones muestreadas y no permite conclusiones.

Lopes et al (1980b) en la microregión de Mato Grosso de Goiás, GO, verificaron que los tenores medios de Zn en el hígado variaron de 139.2 ± 48 a 166.4 ± 57.9 ppm. Dieciocho a 25 de las muestras de forrajeras analizadas en cada municipio presentan tenores inferiores a 10 ppm de Zn en la materia seca. La gran mayoría de las muestras de suelo presentó niveles bajos de Zn. Los autores observan que el hecho de que la gran mayoría de las muestras de hígado presentaron niveles normales de Zn se debe a que gran cantidad de animales habían recibido suplementación mineral. Concluyen que la deficiencia generalizada de Zn presentada por las muestras de suelo y de plantas configura la necesidad de la suplementación de Zn a los animales en la región estudiada.

Camargo et al (1980) en sus estudios de elementos minerales de interés pecuario en 20 empresas de Amazonia Legal, en relación con el Zn encontraron, en un total de aprox. 100 muestras de hígado (incluidas las aprox. 70 analizadas por Mendes 1977) valores indicando deficiencia en 79 muestras procedentes de 7 empresas; se debe resaltar que 70 de esas muestras eran de una sola hacienda en el municipio de Nortelândia, MT (son las 70 muestras mencionadas antes, en las cuales la media de los valores indica deficiencia de Zn). En la mayoría de las otras empresas fueron recogidas solo 1 o 2 muestras; el número de análisis en esas empresas es muy pequeño en relación con las muchas regiones muestreadas y no permite conclusiones. En relación a las forrajeras, se encontraron valores deficientes de Zn en casi todas las empresas, que para la época de lluvia fueron suficientes solo en 2 propiedades, y para la de seca en 7.

Barros et al (1981) en estudio sobre la enfermedad "mal-de-secar", en los municipios de Manaus e Itacoatiara, AM, y de Parintins, PA encontraron en hígado tenores normales de Zn. En las pasturas encontraron deficiencia de Zn; considerando las necesidades mínimas para las vacas en lactación.

Sousa et al (1982) incorporando los datos de la tesis de Mendes (1977), en el norte de Mato Grosso, constataron que los niveles de Zn en el hígado de los animales fueron deficientes en las 6 haciendas, siendo mucho más deficientes en el período lluvioso (68 ppm) que en el período seco (113 ppm). Cinco de las haciendas presentaron deficiencias de Zn en las forrajeras. Fueron constatadas deficiencias de Zn en el suelo de sólo 3 de los predios estudiados.

Sousa et al (1983), para verificar posibles deficiencias minerales en novillos, cruza Nelore pastando capim-coloniao en el sudeste del Estado de Mato Grosso del

Sur (Río Brilhante), hicieron un estudio con duración de 336 días. En la parte experimental se usaron 200 novillos distribuidos en los siguientes tratamientos: a) NaCl + P + microelementos (Zn, Cu, Co, I, S); b) mezcla comercial (Ca, P, Fe, Cu, Mn, I, Zn, Ni, Mg, Na y Cl); c) NaCl + P; y d) NaCl. Los animales de los tratamientos c y d, comenzaron a perder peso luego del comienzo de la experiencia y con el pasar de los meses, varios de ellos presentaron enflaquecimiento, diarrea y pelo áspero, muriendo luego de un período de tiempo variable. En los tratamientos a y b no hubo animales que mostrasen los signos clínicos descritos para los lotes c y d. Los tratamientos presentaron ganancias medias de peso por animal, de 143.8, 129.9, 67.7 y 39.8 para los tratamientos a, b, c, d respectivamente. De esa manera la suplementación fosfórica fue ventajosa, pero la mayoría de las ganancias de peso fueron obtenidas por la suplementación adicional de microelementos.

Paralelamente con la experimentación se realizaron análisis del tejido animal (en el plasma sanguíneo fueron analizados P y Mg, en el hueso, Ca, P y Mg y en el hígado, Fe, Cu, Co, Mn, Zn y Mo), de forrajeras y del suelo. El Zn fue el único microelemento, en el hígado, cuyos niveles estaban abajo del padrón mínimo. Los análisis de biopsia de hueso (costilla) indicaron niveles deficientes de P, a pesar de todo el P en el plasma no mostró deficiencia en los animales del tratamiento d (que recibieron apenas NaCl). Las forrajeras presentaron niveles medios deficientes de P, Zn, Cu y Co. El suelo se mostró pobre en Ca, P, Mg, Zn, Cu y Co. De esta manera, P y Zn fueron los únicos minerales deficientes en el tejido animal, en las forrajeras y en el suelo, confirmando los resultados de la experimentación en relación a deficiencia de P y especificando, a través del análisis del hígado, Zn como el único microelemento responsable por el resultado ventajoso de los tratamientos a y b (inclusión de microelementos).

Sousa y Darsie (1985), en el nordeste de Roraima, verificaron que los niveles de Zn en el hígado de los animales fueron bajos en todas las regiones; esas deficiencias eran más pronunciadas en el período lluvioso. Las forrajeras fueron deficientes en Zn en todas las regiones estudiadas. En los suelos los niveles de Zn estaban por encima de las concentraciones consideradas deficientes.

Camargo et al (1985) en el estudio en 13 empresas en "Polamazonia", verificaron valores hepáticos de Zn bajos, solamente en una hacienda, en el sur de Pará, en la época de seca, y nivel elevado en otra, en la Isla de Marajó (en total 9 muestras analizadas en 6 predios). En 4 de esos se encontraron valores deficitarios de Zn en las forrajeras.

Manganeso

Camargo et al (1976) en sus investigaciones de minerales en bovinos en el nordeste de Mato Grosso, obtuvieron en análisis de hígado de bovinos para la región septentrional y meridional valores normales, tanto para la época de sequía como de lluvia. No informan sobre la cantidad de muestras analizadas.

Fernandes y Camargo (1976) en análisis de muestras de hígado de bovinos en 9 regiones de la Amazonia, encontraron valores normales en todas las muestras examinadas.

Camargo et al (1980), en sus estudios de elementos minerales de interés pecuario en 20 empresas de la Amazonia Legal, en relación al Mn encontraron, en un total de aprox. 100 muestras de hígado (incluyendo 70 analizadas por Mendes, 1977), valores indicando deficiencia en 77 muestras procedentes de 5 empresas; debe ser recalcado que 70 muestras eran de una sola hacienda, en el municipio de Nortelandia, MT (son las aprox. 70 muestras mencionadas anteriormente, en las cuáles la media de los valores indica una deficiencia de Mn). En la mayoría de las otras empresas fueron recogidas, en general, sólo 1 o 2 muestras; el número de análisis en esas empresas es muy pequeño en relación a las muchas regiones muestreadas y no permite sacar conclusiones. En relación a las forrajeras hubo diferencia grande en su tenor medio entre la época húmeda y seca. En la época de lluvias, en 6 establecimientos los valores no alcanzaron el nivel adecuado, mientras que en la de seca, todas pasaron ese nivel.

Barros et al (1981) en el estudio sobre el "mal-de-secar" antes mencionado, encontraron en el hígado tenores normales de Mn. En las forrajeras, los tenores de Mn fueron adecuados a las exigencias nutricionales de bovinos.

Los detalles sobre los estudios de Barros et al (1981) están en la parte relativa al Co.

Sousa et al (1981), incorporando los datos de Mendes (1977) en el norte de Mato Grosso, constataron que los niveles de Mn en el hígado de los bovinos fueron deficientes en 5 de los establecimientos estudiados, y que en la estación lluviosa la deficiencia era más generalizada que en el período de seca. En las forrajeras, los niveles de Mn eran suficientes para atender las exigencias de los bovinos en todos los predios, en las 2 épocas estudiadas. En el suelo, los niveles de Mn en 2 haciendas eran bajos, en las otras eran adecuados. Los autores concluyen que los valores deficientes de Mn en el hígado se debían a altas concentraciones de Fe en las forrajeras y a una elevada suplantación mineral con cobalto, lo que provoca efectos tóxicos en la absorción y utilización de Mn. Los autores recomiendan la suplementación con Mn en todos los predios, principalmente en la estación lluviosa.

Sousa y Darsie (1986) en el nordeste de Roraima verificaron que las concentraciones de Mn en el hígado de los bovinos fueron normales. Las forrajeras presentaron concentraciones nutricionalmente adecuadas para bovinos de carne.

A pesar de que los suelos de algunas regiones presentaron niveles de Mn relativamente bajos para los cultivos, produjeron forrajeras con niveles adecuados para ruminantes.

Camargo et al (1985) en 13 empresas en "Polamazonia", verificaron valores hepáticos bajos para el Mn en una muestra recogida en la época de seca (sur de Pará) y en otra, en época de lluvias (Isla de Marajó) entre 9 muestras recogidas en 6 predios. En las forrajeras muestreadas en 13 empresas, el Mn mostró niveles suficientes para las necesidades del ganado de carne.

Selenio

Lucci et al (1983) obtuvieron valores de Se inferiores a 0.040 ppm en 75% de las muestras de sangre de 974 vacas lecheras de 80 municipios del estado de San Pablo. No fueron aportados datos clínico-patológicos sobre una eventual deficiencia de selenio, pero los autores recuerdan que datos de la Universidad de Chile muestran una elevada incidencia de retención de placenta con valores séricos de selenio inferiores a 0.040 ppm.

Moraes (1986) en su tesis, da a conocer los resultados de análisis de Mn, Zn y Se en 111 muestras de hígado recogidas en establecimientos en 8 regiones del Brasil, esto es en los Estados de Río de Janeiro, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondonia, Amazonas y Río Grande del Sur, Territorio Federal de Roraima y en el Nordeste parcialmente de bovinos en que se sospechaba de deficiencia mineral, parcialmente de animales sanos o de animales que sucumbieron a enfermedades no relacionados con deficiencias minerales o aún de bovinos que sirvieron en ensayos de plantas tóxicas. En el caso de Mato Grosso 20% de las 35 muestras tuvieron valores bajos de Se (abajo de 0.1 ppm) y en el Estado de Mato Grosso del Sur, 41.2% de las 17 muestras tuvieron valores abajo de 0.1 ppm. Los tenores de Zn y Mn estaban, en la mayoría de las muestras, en el ámbito de los valores normales. La tesis se ocupa principalmente con la parte analítica de esos elementos.

Según la autora, el debido correlacionamiento entre los datos analíticos y la salud de los rebaños será elaborado en el futuro.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se confirmó lo que ya se sabía desde 1976, esto es que la deficiencia de fósforo es la deficiencia mineral más importante en bovinos en Brasil. Se vio, a la luz de los trabajos más recientes, que cuando se usan análisis químicos de tejidos animales para el diagnóstico de esa deficiencia, esos análisis deben ser realizados de preferencia en el tejido óseo (Mendes 1977, Sousa et al 1979, 1983, 1985, 1986, Lopes et al 1980). En dos ocasiones, el diagnóstico de deficiencia de fósforo establecido a través de experimentación, en los municipios de Manaus (Moraes et al 1982) y de Rio Brilhante, MS (Sousa et al 1983). Los análisis de la pastura y sobre todo del suelo contribuyen bastante para el establecimiento del diagnóstico de la deficiencia de este elemento (Dayrell 1973a, Sousa et al 1979, 1986, Lopes et al 1980a).

El botulismo epizootico como consecuencia de osteofagia causada por la deficiencia de P, ha sido diagnosticado en muchas otras regiones además de aquellas donde fue observado inicialmente y que fueron Piauí (Tokarnia et al 1970), sur de Maranhao y norte de Goiás (Tokarnia 1970). Además ha sido diagnosticado en el sur de Goiás (Dobereiner 1978/79) y próximo a Brasilia (Dobereiner 1987a), en el Estado de Mato Grosso del Sur en Cassilandia (Dobereiner 1979) y Campo Grande (Dobereiner 1986), en el Estado de Río Grande del Sur, en Alegrete (Langenegger et al 1984), en el nordeste de Bahía (Tokarnia 1986) y en el Estado de San Pablo en la región de Marília y al sur de Riberão Preto (Dobereiner 1978b). Hay datos que indican que el botulismo se da en otras regiones del Brasil, como en el Territorio de Roraima (Dobereiner, 1975).

Fue diagnosticada la intoxicación por flúor en Río Grande del Sur, pero no debido a suplementación con fosfatos y sí debido a polución y contaminación de los pastos por fábricas de fertilizantes que procesan roca fosfática (Riet Correa et al 1983).

La hipocalcemia debido a la ingestión de pasturas de *Setaria anceps* cv. Kazungula, rica en oxalatos, fue diagnosticada en Mato Grosso do Sul (Schenk et al 1982).

Con relación a las deficiencias de cobre y cobalto que, de acuerdo con los estudios realizados hasta 1976, eran después de la deficiencia de fósforo, las más comunes en el Brasil, nuestros conocimientos también fueron confirmados y ampliados. El diagnóstico de deficiencia de Co, basado en determinaciones del elemento en el hígado, fue establecido adicionalmente en las regiones de Manaus e Itacoatiara, AM, y de Parintins, PA por Barros et al (1981), en el nordeste del Mato Grosso por Camargo et al (1976), y en el valle de Paraíba, en el Estado de San Pablo por McDowell (1976).

Los diagnósticos de deficiencias de cobre basados en los análisis de hígado, fueron establecidos adicionalmente solamente en el sur de Goiás, por Lopes et al (1980), y en la región de Manaus e Itacoatiara, AM, y Parintins, PA por Barros et al (1981).

En otros estudios, el diagnóstico de deficiencias de esos elementos (Co y Cu) han sido perjudicados por la suplementación masiva de los rodeos con sales de Co y Cu, esto es, en los estudios en la región norte de Mato Grosso en relación al Cu y al Co (Mendes 1977, Sousa et al 1980, 1981) y en Amapá con referencia al Co (Sousa y Darsie 1985).

Referente al Mo, basado en el hígado, los valores fueron considerados normales en los estudios en el norte de Mato Grosso (Mendes 1977, Sousa et al 1980). Camargo et al (1980) encontraron valores bajos de Mo en las forrajeras (no dosificaron este elemento en las muestras de hígado).

Por otro lado, la intoxicación por cobre fue diagnosticada dos veces, en ovinos en Río Grande del Sur (Santos y Williams 1966, Oliveira et al 1984).

Con referencia a la deficiencia de I, que en los estudios realizados hasta 1976 era de ocurrencia limitada a pocas áreas, no han habido agregados.

Por primera vez fue confirmada, con datos concretos -a través de la experimentación en bovinos en un predio del municipio de Miranda, MS (Sousa et al 1985- una deficiencia de Na que se sospecha sea de ocurrencia muy común en el Brasil.

También por la primera vez fue diagnosticada la deficiencia de Zn, con base en el análisis del elemento en el hígado en el norte de Mato Grosso (Camargo y Fernandes 1976, Fernandez y Camargo 1976) y en Roraima (Sousa y Darsie 1985); con base en la experimentación, aliada a análisis de muestras de hígado, fue establecido el diagnóstico de deficiencia de Zn en bovinos en un establecimiento del municipio de Rio Brilhante, MS (Sousa et al 1983). De esta manera la deficiencia de Zn no parece ser tan rara en Brasil, como se suponía.

En un estudio el diagnóstico de deficiencia de Zn fue perjudicado por la suplementación mineral de los animales, o sea, en el estudio en la microregión de Mato Grosso de Goiás, GO (Lopes et al 1980b).

La deficiencia de Mn fue diagnosticada, con base en análisis del mineral en el hígado, en el norte de Mato Grosso (Mendes 1977, Sousa et al 1981). Sousa et al (1981) concluyen que los valores deficientes de Mn en el hígado se deben a las altas con-

centraciones de Fe en las forrajeras y a la elevada suplementación mineral con Co, lo que provoca problemas en la absorción y utilización del Mn.

Por la primera vez en Brasil fueron obtenidos valores bajos de selenio en análisis de hígado, en Mato Grosso y Mato Grosso del Sur, por Moraes (1986).

En San Pablo, anteriormente, Lucci et al (1983) obtuvieron valores del 75% de las vacas lecheras que examinaron, niveles inferiores a 0.40 ppm de Se en el suero sanguíneo y especulan que esos valores pueden tener influencia sobre la incidencia de retención de placenta.

PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACION SOBRE NUTRICION MINERAL EN BOVINOS EN BRASIL

En estos últimos años aprendimos mucho con relación a la metodología en la investigación de las deficiencias minerales en bovinos, esto es, sobre el diagnóstico de las deficiencias minerales. Vimos como trabajos de diagnóstico pueden y deben ser conducidos.

Si hasta 1976 predominaban en Brasil trabajos realizados bajo la perspectiva de la patología y se estudiaban principalmente enfermedades de etiología oscura posiblemente causadas por deficiencias minerales, en los últimos años la mayoría de los estudios fueron realizados bajo la perspectiva del nutricionista.

Conviene recordar aquí que las deficiencias minerales pueden ocurrir bajo diversos grados, desde deficiencias severas, con perturbaciones más o menos características, a deficiencias leves con síntomas no específicos, como desarrollo lento, baja fertilidad, bajo rendimiento de la carcasa y baja producción lechera. Como las deficiencias minerales están ligadas a ciertas áreas, cuando son acentuadas, pueden ser responsables por la pobreza general que existe en determinadas regiones. Deficiencias menos severas y hasta leves causan también perjuicios económicos serios porque reducen la productividad de los animales y constituyen un obstáculo a la mejora de los rodeos; estas últimas ocasionan, mirando el Brasil como un todo, perjuicios económicos mayores al país porque ocurren en regiones muy extensas.

Queremos destacar, que tanto en los estudios de las deficiencias con manifestaciones clínico-patológicas más características, como en las perturbaciones menos típicas, para que se llegue a conclusiones más ciertas y para que se saque el mayor provecho de una investigación tan trabajosa y cara, se debe procurar examinar problemas de deficiencias minerales desde el mayor número posible de ángulos: animal-planta-suelo, dando énfasis al animal; cuanto más próximo se esté del animal (examen del rodeo, análisis, experimentación), menores serán los riesgos de error en la interpretación de los datos. Esto es especialmente válido en Brasil, donde la profilaxis está realizada casi siempre por la suplementación de los minerales deficientes en el animal. En países donde se puede pensar en la corrección del problema mediante fertilización, ciertamente que los análisis de las forrajeras y del suelo tienen más valor que entre nosotros.

Debido a esa suplementación mineral creciente e indiscriminada, cada vez más será preciso recurrir a la experimentación -que es el medio de diagnóstico más arduo-, pero que en compensación permite conclusiones más seguras y correctas.

La determinación de los problemas relativos a las deficiencias minerales en Brasil es bastante ejecutable, siempre que sea observado con el raciocinio expuesto líneas arriba.

SUMMARY

INVESTIGATIONS ON MINERAL NUTRITION OF CATTLE IN BRAZIL; A REVIEW. A review of studies made in Brazil on disorders of mineral metabolism in cattle, mainly mineral deficiencies, and on botulism, the most important complication of phosphorus deficiency, is presented. Only studies made after 1976 are considered, this review being a continuation of that presented at the Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research in Grazing Ruminants, Belo Horizonte, Brazil, 1976.

The mineral deficiencies diagnosed in bovines in Brazil were those of P, Na, Co, Cu, I, Zn y Mn (this last depending on the excess of Fe in the pasture and excess supplementation with Co); low values of Se in liver and blood serum samples were obtained in certain areas. Epizootic botulism was diagnosed in large areas where phosphorus deficiency occurs. Copper poisoning, hypocalcemia due to the ingestion of pasture rich in oxalates, and fluorine poisoning were diagnosed.

The occurrences of the diagnosed mineral deficiencies up to 1976, and from 1976 to 1987, and of epizootic botulism were registered in 3 maps, together with the respective bibliographic references.

INDEX TERMS: Mineral nutrition, mineral deficiencies, mineral toxicities, botulism, cattle, Brazil.

BIBLIOGRAFIA

- Adelaar T.F & Terblanche M. 1967. A note on the toxicity of the plant *Pachystigma thamnus*, Robyns. J.S. Afr. Vet. Med. Assoc. 38(1):25-26
- Alcroft R. & Jones J.S.L. 1969. Fluoroacetamide poisoning. Vet. Rec. 84:399-402
- Annison E.F., Hill K.J., Lindsay D.B & Peters R.A. 1960. Fluoroacetate poisoning in sheep. J. Comp. Pathol. 70:145-155
- Barnes J.E. 1958. Georgina poisoning of cattle in the Northern Territory. Aust. Vet. J. 34:281-290
- Bell A.T., Newton L.G., Everist S.L. & Legg J. 1955. Acacia georginae poisoning of cattle and sheep. Aust. Vet. J. 31:249-257.
- Bosta M.V., Nascimento E.F., Pessoa J. M. & Costa W.R. 1984. Lesões em bovinos intoxicados pela *Palicourea marcgravii* St. Hil. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 36(5):571-580
- Buceiro J.E.M., Silva A.C.C. & Silva J.A. 1976. Observações e ensaios sobre a alegada intoxicação de bovinos por plantas, no Estado de Pernambuco. Anais XV Congr. Bras. Med. Vet., Rio de Janeiro, p.45-46 (Resumo)
- Bobereiner J., Peixoto P.V. & Tokarnia C.H. 1984. Intoxicação experimental por *Arrabidaea bilabiata* (Bignoniaceae) em coelhos. Pesq. Vet. Bras. 4(3):89-96
- Bobereiner J. & Tokarnia C.H. 1959. Intoxicação de bovinos pela "erva de rato" (*Palicourea marcgravii* St. Hil.) no vale do Itapicuru, Maranhão. Arqs Inst Biol. Animal, Rio de J., 2:83-91
- Bobereiner J. & Tokarnia C.H. 1983. Intoxicação experimental por *Arrabidaea japurensis* (Bignoniaceae) em coelhos. Pesq. Vet. Bras. 3(3):95-97
- Bobereiner J., Tokarnia C.H. & Silva M.F. 1983. Intoxicação por *Arrabidaea bilabiata* (Bignoniaceae) em bovinos na região amazônica do Brasil. Pesq. Vet. Bras. 3(1):17-24
- Everist S.L. 1974. Poisonous Plants of Australia. Angus and Robertson Publ., Sidney
- Fernandes N.S. & Macruz R. 1964. Toxicidade da "corona", *Mascagnia pubiflora* (Juss) Griseb. (Malpighiaceae). Arqs Inst. Biológico, S. Paulo, 31:1-4
- Gardner C.A. & Bennetts H.W. 1956. The Toxic Plants of Western Australia. Western Australian Newspapers, Perth.
- Hall R.J. 1972. The distribution of organic fluorine in some toxic tropical plants. New Phytol. 71:855-871
- Hurter L.R., Naudé T.W., Adelaar T.F., Smit J.D. & Codd L.E. 1972. Ingestion of the plant *Fadogia monticola* Robyns as an additional cause of gousiekte in ruminants. Onderstepoort J. Vet. Res. 39(1):71-82

- Jensen R.J., Tobiska J.W. & Ward J.C. 1948. Sodium fluoroacetate (compound 1080) poisoning in sheep. *J. Vet. Res.* 9:370-372
- Kamau J.A., Gachuhi D.M., Gyrd-Hansen N. & Gathuma J.J. 1978. A study of the toxicity of *Dichapetalum ruhlantii* (Ludi). *Indian Vet. J.* 55:626-630
- Marais J.S.C. 1944. Monofluoroacetic acid, the toxic principle of "gifblaar" *Dichapetalum cymosum* (Hook) Engl. *Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind* 20(1):67-73
- McEwan T. 1964. Isolation and identification of the toxic principle of *Gastrolobium grandiflorum*. *Queensl. J. Agric. Sci.* 21(2):1-14
- McEwan T. 1978. Organo-fluorine compounds in plants, p. 147-158. In: Keeler R.F., Van Kampen K.R. & James L.F. (ed.) *Effects of Poisonous Plants on Livestock* Academic Press, New York.
- Mello E.M.M. & Fernandes J.S. 1941. Contribuicao ao estudo de plantas tóxicas brasileiras. *Serv. Inf. Agrícola, Min. Agricultura, Rio de Janeiro.* 106 p.
- Naudé T.W. 1966. Unpublished data. (Cit. Pretorius & Terblanche 1967)
- Newsholme S.J. & Coetzer J.A.W. 1984. Myocardial pathology of domestic ruminants in Africa. *J. South African Vet. Assoc.* 55:89-96
- Nwude N., Parsons L.E. & Auda A.O. 1977. Acute toxicity of the leaves and extracts of *Dichapetalum barteri* (Engl.) in mice, rabbits and goats. *Toxicology* 7:23-29
- Oelrichs P.B. & McEwan T. 1962. The toxic principle of *Acacia Georgiana*. *Queensl. J. Agric. Sci.* 19:1-16
- Olivera M.M. 1963. Chromatographic isolation of monofluoroacetic acid from *Palicourea marcgravii* St. Hil. *Experientia* 19:586
- Pacheco G. & Carneiro V. 1932. Estudos experimentais sobre plantas tóxicas. 1. Intoxicacao dos animais pela "herva de rato da mata" *Palicourea marcgravii* St. Hil. (*Psychotria marcgravii* Spreng.). *Revta Soc. Paulista Med. Vet.* 2(2-3):23-46
- Peixoto P.V., Tokarnia C. H., Dobereiner J. & Peixoto C.S. 1987. Intoxicacao por *Palicourea marcgravii* (Rubiaceae) em coelho. *Pesq. Vet. Bras.* 7(4):117-129
- Pretorius P.J. & Terblanche M. 1967. A preliminary study on the symptomatology and cardiodynamics of gousiekte in sheep and goats. *J.S. Afr. Vet. Med. Assoc.* 38(1):29-53
- Prozesky L., Fourie N., Neser J.A. & Nel P.W. 1988. A field outbreak in Ile-de France sheep of a cardiotoxicosis caused by the plant *Pachystigma pygmaeum* (Schltr.) Robyns (Rubiaceae). *Onderstepoort J. Vet. Res.* 55:193-196
- Robison W.H. 1970. Acute toxicity of sodium monofluoroacetate to cattle. *J. Wildl. Manage.* 34(3):647-648
- Rowley I. 1963. The effect on rabbits of repeated sublethal doses of sodium fluoroacetate. *CSIRO Wildl. Res.* 8(1):53-55
- Santos H.L. 1975. Aspectos clínicos, laboratoriais e anatomo-histopatológicos, na intoxicacao experimental de bovinos pela *Mascagnia rigida* (Juss.) Gr. Tese, Belo Horizonte. 36p. (Resumo em Arqs Esc. Vet. UFMG, Belo Horizonte, 27(3):398-399, 1975)
- Shultz R.A., Coetzer J.A.W., Kellerman T.S. & Naudé T.W. 1982. Observations on the clinical, cardiac and histopathological effects of fluoroacetate in sheep. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 49:237-245
- Steyn D.G. 1928. Gifblaar poisoning. A summary of our present knowledge in respect of poisoning by *Dichapetalum cymosum*. 13th and 14th Rep. Dir. Vet. Education and Research, Pretoria, S. Afr.:187-194
- Steyn D.G. 1934. *The Toxicology of Plants in South Africa.* Central News Agency, South Africa.
- Theiler A., Du Toit P.J. & Mitchell D.T. 1923. Gousiekte in sheep. 9th and 10th Rep. Dir. Vet. Education and Research, Pretoria, S. Afr.:9-105, 4 p. (1923)

- Tokarnia C.H., Canella C.F.C. & Dobereiner J. 1961. Intoxicacao por um "tingui" (*Mascagnia rigida* Griseb.) em bovinos no nordeste do Brasil. *Arqs Inst. Biol. Animal, Rio de J.*, 4:203-215
- Tokarnia C.H. & Dobereiner J. 1973. Intoxicacao por *Mascagnia pubiflora* em bovinos no Estado de Mato Grosso. *Pesq. Agrôpec. Bras., Ser. Vet.*, 8:61-68
- Tokarnia C.H. & Dobereiner J. 1981. Intoxicacao por *Arrabidaea japurensis* (Bigno- niaceae) em bovinos em Roraima. *Pesq. Vet. Bras.* 1(1):7-17
- Tokarnia C.H. & Dobereiner J. 1982. Intoxicacao experimental por *Palicourea jurua- na* (Rubiaceae) em bovinos e coelhos. *Pesq. Vet. Bras.* 2(1):17-26
- Tokarnia C.H. & Dobereiner J. 1986. Intoxicacao por *Palicourea marcgravii* (Rubi- aceae) em bovinos no Brasil. *Pesq. Vet. Bras.* 6(3):73-92
- Tokarnia C.H., Dobereiner J. & Canella C.F.C. 1987. Intoxicacao experimental por *Mascagnia rigida* (Malpighiaceae) em coelhos. *Pesq. Vet. Bras.* 7(1):11-16
- Tokarnia C.H., Dobereiner J., Canella C.F.C. & Guimaraes D.J. 1969. Intoxicacao ex- perimental por *Pseudocalymna elegans* (Vell.) Kuhl. em bovinos. *Pesq. Agro- pec. Bras.* 4:195-204
- Tokarnia C.H., Dobereiner J., Couceiro J.E.M. & Silva A.C.C. 1982. Plantas tóxicas para bovinos na zona do agreste de Pernambuco. 1º Congr. Pernambucano Med. Vet., Recife, 8-11 set.
- Tokarnia C.H., Dobereiner J., Couceiro J.E.M. & Silva A.C.C. 1982. Intoxicacao por *Palicourea aeneofusca* (Rubiaceae), a causa de "mortes súbitas" em bovinos na zona da mata de Pernambuco. *Pesq. Vet. Bras.* 3(3):75-79
- Tokarnia C.H., Dobereiner J. & Peixoto P.V. 1985. Intoxicacao por *Mascagnia aff. rigida* (Malpighiaceae) em bovinos no norte do Espírito Santo. *Pesq. Vet. Bras.* 5(3):77-91
- Tokarnia C.H., Dobereiner J. & Silva M.F. 1981. Intoxicacao por *Palicourea Grandi- flora* (Rubiaceae) em bovinos no Território de Rondonia. *Pesq. Vet. Bras.* 1(3):85-94
- Tokarnia C.H. & Figueiredo L. 1979. Relatório de viagem de estudo ao Estado da Ba- hia no período de 10 jan. a 2 fev. 1979. 5 p. e 2 quadros.
- Tokarnia C. H., Peixoto P.V. & Dobereiner J. 1986. Intoxicacao experimental por *Pa- licourea marcgravii* (Rubiaceae) em ovinos. *Pesq. Vet. Bras.* 6(4):121-131
- Tokarnia C.H., Peixoto P.V., Dobereiner J., Consorte L.B. & Gava A. 1989. *Tetrapte- rys* spp. (Malpighiaceae), a causa de mortandades em bovinos caracterizadas por alteracoes cardíacas. *Pesq. Vet. Bras.* 9(1/2):23-44
- Uys P.L. & Adelaar T.F. 1957. A new poisonous plant. *J.S. Afr. Vet. Med. Assoc.* 28(1):5-8
- Vickery B. & Vickery M.L. 1973. Toxicity for livestock of organofluorine compounds present in *Dichapetalum* plant species. *Vet. Bull.* 43(10):537-542
- Whittem J.H. & Murray L.R. 1963. The chemistry and pathology of Georgina river poisoning. *Aust. Vet. J.* 39:168-173

Table 1. Incidence of histologic changes in experimental poisoning of cattle by the fresh leaves of plants causing "sudden death" (Single cases)

Plant	Liver										Kidney			Number of animals studied histologically		
	Intra-lobular edema	Increase of eosinophilic picrosis (focal)	Increase of eosinophilic picrosis	Areas of necrosis	Mono-nuclear infiltration	Proliferation of fibroblasts and fibrosis	Swelling of liver cells	Vacuolization of liver cells	Centro-lobular necrosis	Congestion	Dissection of hepatic cords	Edema of Disse's space	Hydropic degeneration of distal convoluted tubules		vacuolar degeneration in the medullary zone	Albuminous degeneration in the cortex
<i>Panicum magrovi</i>	5/25 20%	3/25 12%	2/25 8%	0/25 0%	9/25 36%	0/25 0%	12/26 46.1%	12/26 46.1%	0/26 0%	10/26 38.4%	5/26 23%	11/26 42.3%	18/27 66.6%	5/27 22.2%	0/27 0%	27 ^b
<i>Panicum aeneofusca</i>	0/2 0%	0/2 0%	0/2 0%	0/2 0%	0/2 0%	0/2 0%	1/2 50%	1/2 50%	0/2 0%	0/2 0%	0/2 0%	1/2 50%	1/2 50%	1/2 50%	0/2 0%	2
<i>Panicum Jarazon</i>	0/1 0%	1/1 100%	1/1 100%	1/1 100%	0/1 0%	0/1 0%	0/1 0%	1/1 100%	1/1 100%	1/1 100%	0/1 0%	0/1 0%	0/1 0%	0/1 0%	0/1 0%	1
<i>Panicum grandiflorum</i>	0/6 0%	0/6 0%	1/6 16.6%	0/6 0%	1/6 16.6%	0/6 0%	1/6 16.6%	2/6 33.3%	0/6 0%	2/6 33.3%	1/6 16.6%	3/6 50%	4/6 66.6%	1/6 16.6%	0/6 0%	6
<i>Arrabidaea bahiana</i>	1/9 11.1%	0/9 0%	0/9 0%	0/9 0%	2/9 22.2%	0/9 0%	6/9 66.6%	1/9 11.1%	1/9 11.1%	3/9 33.3%	2/9 22.2%	7/9 77.7%	4/9 44.4%	0/9 0%	1/9 11.1%	9
<i>Arrabidaea ajuruti</i>	0/8 0%	0/8 0%	0/8 0%	0/8 0%	5/8 62.5%	0/8 0%	2/8 25%	2/8 25%	0/8 0%	0/8 0%	0/8 0%	5/8 62.5%	7/8 87.5%	2/8 25%	0/8 0%	8
<i>Pseudocalymma elegans</i>	2/8 25%	0/8 0%	0/8 0%	0/8 0%	2/8 25%	0/8 0%	1/8 12.5%	1/8 12.5%	0/8 0%	4/8 50%	1/8 12.5%	4/8 50%	3/8 37.5%	2/8 25%	0/8 0%	8
<i>Miscogonia rigida</i>	2/7 28.5%	0/7 0%	1/7 14.2%	0/7 0%	0/7 0%	0/7 0%	3/7 42.8%	1/7 14.2%	0/7 0%	1/7 14.2%	0/7 0%	2/7 28.5%	3/7 42.8%	1/7 14.2%	0/7 0%	7
<i>Miscogonia pulchra</i>	6/15 40%	0/15 0%	0/15 0%	0/15 0%	1/15 6.6%	0/15 0%	8/15 53.3%	4/15 26.6%	0/15 0%	2/15 13.3%	2/15 13.3%	4/15 26.6%	10/15 66.6%	3/15 20%	4/15 26.6%	15
<i>Miscogonia aff. rigida</i>	1/6 16.6%	0/6 0%	1/6 16.6%	0/6 0%	2/6 33.3%	0/6 0%	2/6 33.3%	5/6 83.3%	0/6 0%	0/6 0%	0/6 0%	4/6 66.6%	3/6 50%	3/6 50%	1/6 16.6%	6

a. Dissection of hepatic cords means separation of the trabeculae due to dilation of the sinusoids;
 b. The heart of 2 animals and the liver of 1 were not examined histologically. The percentage was calculated always over the organs which were examined;
 c. There is also some necrosis of the Intermedian zone.

POISONOUS PLANTS AFFECTING HEART FUNCTION OF CATTLE

Table 2. Incidence of histologic changes in experimental poisoning of cattle by the dried leaves of plants causing "sudden death" (Single doses)

Plant	Heart				Liver				Kidney				Number of animals studied histologically	
	Increase in number of white plaques without plaques (focal)	Increase in number of white plaques with plaques (focal)	Area of necrosis	Mononuclear infiltration	Proliferation of fibroblasts and fibroblasts	Swelling of liver cells	Vacuolization of liver cells	Conspicuous necrosis	Dissection of hepatic cords	Edema of Disse's space	Hydropic vacuolar degeneration of convoluted tubules	Hydropic vacuolar degeneration in the medullary zone		Alveolar granular degeneration in the cortex
<i>Polemonium nudicaule</i>	2/3	0/3	0/3	1/3	0/3	2/3	2/3	0/3	1/3	2/3	0/4	0/4	0/4	4 ^a
<i>Polemonium</i>	66.6%	0%	0%	33.3%	0%	66.6%	66.6%	0%	33.3%	66.6%	0%	0%	0%	
<i>Juncus</i>	1/3	1/3	0/3	2/3	0/3	3/3	3/3	0/3	0/3	2/3	0/3	0/3	0/3	3
	33.3%	33.3%	0%	66.6%	0%	100%	100%	0%	0%	66.6%	0%	0%	0%	
<i>Polemonium grandiflorum</i>	1/2	0/2	0/2	2/2	0/2	1/2	2/2	0/2	0/2	1/2	0/2	0/2	0/2	2
	50%	0%	0%	100%	0%	50%	100%	0%	0%	50%	0%	0%	0%	
<i>Arnica montana</i>	0/5	0/5	0/5	1/5	0/5	1/5	3/5	0/5	3/5	4/5	0/5	0/5	0/5	5
	0%	0%	0%	20%	0%	20%	60%	0%	60%	80%	0%	0%	0%	
<i>Mesquima pubiflora</i>	1/4	0/4	0/4	0/4	0/4	1/4	2/4	0/4	1/4	1/4	2/4	0/4	1/4	4
	25%	0%	0%	0%	0%	25%	50%	0%	25%	25%	50%	0%	25%	
<i>Mesquima aff. rigida</i>	1/3	0/3	1/3	1/3	0/3	2/3	3/3	0/3	1/3	2/3	1/3	0/3	0/3	3
	33.3%	0%	33.3%	33.3%	0%	66.6%	100%	0%	33.3	66.6%	33.3%	0%	0%	

^a The heart and the liver of 1 animal were not examined histologically. The percentage was calculated always over the organs which were examined.

Table 3. Incidence of histologic changes in experimental poisoning of cattle by the dried leaves of plants causing "sudden death" (Repeated small doses)

Plant	Heart				Liver				Kidney		Number of animals studied histologically					
	Intra-ular edema	Increase of eosinophilia without picnosis (focal)	Increase of eosinophilia with picnosis (focal)	Areas of necrosis	Mono-nuclear infiltration	Prolifera-tion of fibroblasts and/or fibrosis	Swelling of liver cells	Vacuoliza-tion of liver cells	Centro-lobular necrosis	Conges-tion		Dissecti-on of hepatic cords ^a	Edema of Disse's space	Hydropic-degeneration of distal convoluted tubules	In the medul-lary zone	Aluminous granular degeneration in the cortex
<i>Podocourus maritimus</i>	2/3	0%	0%	0%	1/3	0%	3/3	100%	1/3	2/3	3/3	3/3	3/3	1/3	2/3	3
<i>Podocourus granulosus</i>	2/3	0%	1/3	0%	2/3	0%	2/4	100%	0/4	3/4	2/4	2/4	2/5	1/5	0/5	3 ^a
<i>Macrospila aff. rigida</i>	3/4	0%	2/4	2/4	3/4	4/4	3/4	50%	0/4	0/4	3/4	3/4	1/4	0/4	1/4	4
	75%	0%	50%	50%	75%	100%	75%	25%	0%	0%	75%	25%	25%	0%	25%	

^a The heart of 2 animals and the liver of one were not examined histologically. The percentage was calculated always over the organs which were examined.

Table 4. Comparison of the Brazilian poisonous plants affecting heart function with plants of similar action from Africa and Australia

Plants	Heart lesions			Doses	Course	Influence of exercise	Poisonous principle
	Reg. changes	Round cell in filtr.	Fibrosis				
Plants of Brazil							
1. Without significant heart lesions (Plants causing "sudden death")							
<i>Palaquium marigravii</i>	(+) ^a	-	-	Single	Peracute	+++	In <i>P. marigravii</i> mono-fluoroacetic acid (MFAA), in the others not known
<i>Palaquium aeneolusca</i>							
<i>Palaquium juruana</i>							
<i>Palaquium grandiflorum</i>							
<i>Arachidocarya blubbiana</i>							
<i>Arachidocarya hirsuta</i>							
<i>Pseudocaryocarya elegans</i>							
<i>Mascegrania rigida</i>							
<i>Mascegrania elegans</i>							
<i>Mascegrania pubiflora</i>							
<i>Mascegrania aff. rigida</i>							
2. With severe heart lesions							
<i>Tetrapteryx acutifolia</i>	+++	(+)	+ to +++	Repeated	Subacute to chronic	(+)	Not known
<i>Tetrapteryx multiglandulosa</i>							
The lesions are focal, but affect large areas of the myocardium							
Plants of Africa and Australia^b							
1. Without significant heart lesions							
<i>Dichapetalum</i> spp.	(+)	(+)	(+)	Single	Peracute to acute	+++	In all plants of this group MFAA
<i>Gasterobolus</i> spp.							
<i>Oxylobium</i> spp.							
2. With severe heart lesions							
<i>Pachystigma</i> (<i>Vangueria</i>) <i>pygmaeum</i>	++	++	++	Repeated	Peracute	+++	In <i>Acacia georginae</i> MFAA, in the others not known
<i>Pachystigma</i> (<i>Vangueria</i>) <i>thamnosum</i>							
<i>Pavetta karbovii</i>							
<i>Pavetta schummaniana</i>							
<i>Fagodia monticola</i>							
<i>Acacia georginae</i>							
Lesions tend to be multifocal in nature							

^a (+) discrete, + slight, ++ moderate, +++ severe or intense;

^b The data on the histological lesions of the African and Australian plants were taken from the papers by Theiler et al. (1923), Hurter et al. (1972), Whitten & Murray (1963), Newsholme & Coetzee (1984) and Schultz et al. (1982).

Table 5. Comparison of the clinical-pathological pictures of poisoning by *Valeriana nuregrevii* and monofluoroacetic acid

Poisoning	Animal species	Heart lesions (always focal)			Course	Influence of exercise
		Reg. changes	Round cell infiltr.	Fibroplastic/infarct		
<i>Poliovirus-nuregrevii</i>						
(a) Single doses	cattle (1) ^a	(+) ^b	-	-	Pericard (1-10 min.), in few cases 19-85 min.	Most animals died without exercise, but exercise caused/accelerated death
	sheep (2)	(+)	-	-	Pericard (3-8 min.)	Most animals, dying or not, showed symptoms only with exercise
	rabbit (3)	(+)	-	-	Pericard (1-3 min.), in few cases up to 3h 45min.	The animals never were exercised
(b) Repeated sublethal doses	cattle (1)	(+)	-	-	Pericard (1 min.) to acute (17h, 55h)	In not fatal cases symptoms only were seen when animals were exercised; in fatal cases the animals died without exercise
	sheep (2)	+	+	+	Pericard (5-7 min., 49 min.), also acute (2h)	The animals died only when exercised; in not fatal cases symptoms only were seen when animals were exercised
(c) Repeated sublethal and finally lethal doses	sheep (2)	+	+	+	Pericard (up to 59 min.) and acute (7 h)	Death occurred with or without exercise
<i>Monofluoroacetic acid or fluoracetate</i>						
(a) Single doses	cattle (4)	?	?	?	Pericard (3-20 min.)	The animals never were exercised
	sheep (2)	-	-	-	Pericard (15 min. to 1h 45min.)	The animals never were exercised
	sheep (6)	+	-	-	Acute (hours)	The animals never were exercised
(b) Repeated doses	sheep (3)	+(+)	+	+	Subacute and chronic	Symptoms only were seen when the animals were driven; finally they were killed

^a (1) Tokarnia & Döttrreiner 1986, (2) Tokarnia et al. 1987, (3) Peixoto et al. 1987, (4) Robison 1970, (5) Jensen et al. 1948, (6) Schultz et al. 1982;

^b (+) discrete, + slight, +(+) slight to moderate, ++ moderate, +++ severe lesions.