

Contribución al Conocimiento del Síndrome Parapléjico Bovino de la Ganadería Extensiva de los Llanos de Venezuela. Parte I: Estrategias Diagnósticas

Contribution to the Knowledge of the Livestock Paraplegic Syndrome in the Venezuelan Plains. I: Diagnostic Strategies

Carlos Marín A^{*,1}, Nancy de López^{**}, Carlos Marín R.^{***}, Luisa Palencia de Álvarez^{***}, Antonio Sánchez^{***}, Alberto Sandoval^{***}, Morella de Rolo^{***} y Coromoto de Veracierta^{****}

Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Patología, Universidad Central de Venezuela, Apartado 4563, Maracay 2101A. Aragua. Venezuela. ** Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA)-Aragua. Maracay, 2101. Aragua. Venezuela. * Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Apartado 588, Maracay 2101. Aragua. Venezuela. **** INIA-Monagas. Maturín. Monagas. Venezuela.*

Correo-E: cmarinap@cantv.net
Recibido:26/06/06 - Aprobado: 18/04/07

RESUMEN

Establecimientos ganaderos fundados en ecosistemas de sabanas en los llanos venezolanos desde la Colonia dieron origen a los tradicionales sistemas de producción extensiva-extractiva (SPE), conocidos como vaca-maute y cría-levante, base de explotación de la ganadería de carne en Venezuela. En estos sistemas de producción, los rebaños quedaron expuestos a la adversidad del ambiente durante siglos frente a depredadores, plagas y enfermedades, así como al ciclo lluvia-sequía, característicos de estas llanuras que abarcan unos 12 millones de hectáreas, donde predominan suelos ácidos y comunidades de pastos del género *Trachypogon* que sostienen a unos 8 millones de cabezas de mestizo cebú x criollo. Las condiciones ambientales y de manejo para sostener una ganadería de carne eficiente, no son las más idóneas, debido a escasa innovación tecnológica que es necesario incorporar para mejorar la eficiencia de estos sistemas de producción. Por lo que es necesario considerar que en el origen del Síndrome Parapléjico Bovino (SPB) han estado jugando papel fundamental las condiciones ambientales descritas. Con un modelo que implicó integrar varios niveles de investigación: aplicada, básica y operativa; ésta última realizada en fincas de los productores afectados por el SPB y que fue ejecutada por un equipo multidisciplinario e interinstitucional, se evaluó prioritariamente la situación nutricional y el manejo integral de los animales en la cadena ecológica del sistema-suelo-planta-animal. Los resultados

confirmaron que el SPB es un trastorno de origen multifactorial y estrechamente vinculado a deficiencia de minerales, especialmente de fósforo.

(Palabras clave: Ganado bovino, razas mixtas, parálisis, etiología, patogénesis, control de enfermedades, deficiencia de minerales, pH del suelo, Anzoátegui, Bolívar, Monagas)

ABSTRACT

Livestock establishments in the Venezuelan plains that developed in open savannah ecosystems during the time of colony gave origin to the traditional extensive-extractive production systems known as cow-calf and breeding-raising, which are the basis for the exploitation of meat livestock in Venezuela. In this type of system, herds were exposed for centuries to adverse environmental conditions, predators, plagues, and diseases as well as to the rainy-draught cycle, characteristic of these plains. These regions encompass 12 million hectares, with acid soils where most of their pastures belong to the *Trachypogon* gender. The pastures sustain about 8 million of crossbred heads (zebu x native). The environmental conditions and the animal's management that sustain an efficient meat livestock are not the most suitable due to the lack of technological innovations necessary to improve the efficiency of these production systems. It is necessary to consider that the presence of the Bovine Paraplegic Syndrome (BPS) plays a key role in the environmental conditions just mentioned. This study involved several levels of research: applied, basic, and operative. The operative investigation was conducted on farms affected by the BPS and was lead by a multidisciplinary and inter-institutional team. The nutritional situation and the integral management of animals in the soil-plant-animal system were assessed. The results of the investigation confirmed that the BPS is a multifarious closely associated to mineral deficiencies, especially phosphorus.

(Key words: Cattle , multipurpose breeds , paralysis, etiology , pathogenesis, disease control, mineral deficiencies, soil pH, Anzoátegui, Bolívar, Monagas)

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina de los llanos venezolanos establecida en ecosistemas de sabana abierta ha sido tradicionalmente de explotación extensiva-extractiva. Por tal circunstancia, su capacidad productiva se encuentra en estrecha dependencia con las condiciones ambientales de esos ecosistemas; y, en consecuencia, debido a un proceso secular de adaptabilidad del ganado vacuno traído al inicio de la colonización por los españoles, predomina en esas regiones el «biotipo» conocido como ganado criollo (Hutton, 1972; Marín, 1974).

Aparentemente, entre el bovino criollo (*Bos taurus*) y ciertos ecosistemas de sabanas de los estados Bolívar, Monagas, Anzoátegui, Guárico, Cojedes y Apure, se había establecido a través del tiempo un equilibrio biológico por

selección natural que probablemente fue roto con la introducción del ganado cebú (*Bos indicus*) (Marín, 1974). Los cruzamientos sistemáticos entre el bovino criollo y el cebú con fines de mejoramiento animal, dieron origen a un nuevo «biotipo» de esqueleto más rústico, de mayor precocidad y, en consecuencia, más exigente en nutrientes minerales, que no son suministrados por los forrajes autóctonos, al ser éstos también deficientes en minerales esenciales, lo que unido a otros factores relacionados con el manejo general de los rebaños y formas primitivas de utilización de las sabanas, trajo como consecuencia la aparición de un cuadro clínico bien caracterizado como una condición patológica específica denominada **Síndrome Parapléjico Bovino (SPB)** (Marín *et al.*, 1979). El SPB se manifiesta en hembras en condiciones de estrés, con un cuadro de paraplejía posterior y muerte de los animales en un período de 72 horas aproximadamente (Figuras 1 y 2).

La condición patológica SPB aumenta su incidencia en determinadas épocas del año (a mediados y salida del período de lluvia), con una tasa de mortalidad $>10\%$ finca⁻¹ año⁻¹ (Figura 3).

Los animales más susceptibles al trastorno son, en general, hembras en crecimiento, gestación o lactación (Marín *et al.*, 1979), lo cual también afecta negativamente la eficiencia reproductiva con baja tasa de fertilidad-natalidad, lo que implica reducción notable en el crecimiento y baja tasa de rentabilidad evidente en las zonas de influencia del SPB.

El trastorno ocurre en áreas geográficas de los llanos que presentan suelos ácidos (pH<4,5), con muy baja fertilidad natural (Comerma y Paredes, 1978), con marcada deficiencia y desbalance de nutrientes minerales en los forrajes y, en consecuencia, en los animales que son exclusivamente dependientes de estos pastos para cubrir sus necesidades nutritivas fundamentales. Estudios sistemáticos previos, permitieron descartar la participación de agentes infecciosos de naturaleza viral, bacteriana o parasitaria; así como de tóxicos que pudieran distorsionar la etiología primaria del SPB.

Los rebaños afectados por el SPB en las entidades geográficas mencionadas son criados a pastoreo en sabanas estacionales hipertérmicas (CIAT, 1978), donde predominan las comunidades del género *Trachypogon* y otros géneros de reconocida rusticidad (Ramia, 1966). Cabe destacar, de acuerdo con los estudios realizados por el CIAT (1978), que estas sabanas presentan una baja densidad de plantas asociada con la reducción en la materia seca (MS), al igual que la carga animal alcanza una relación de 10 hectáreas (Ha) por animal adulto.

Este sistema de ganadería extensiva se caracteriza por: a) ausencia de siembra, y fertilización de forrajes; b) bajo nivel de manejo de pastos naturales existentes; c) ausencia de registros e identificación adecuada de los animales; d) escasa o inexistente asistencia veterinaria, excepto para inmunización contra ciertas enzootias; e) ausencia de plan de manejo reproductivo; f) revisión del rebaño (vaquería) una sola vez al año para las prácticas de castración, herrajes y tratamientos de lesiones externas (Marín *et al.*, 1987).

Las sabanas de suelos ácidos son reconocidas como un ecosistema poco adecuado para el sostenimiento de una ganadería extensiva, requiriendo, como

es el caso de las zonas afectadas por el SPB, más de 10 Ha por unidad animal. Esta situación generó la necesidad de crear nuevas estrategias, como la introducción de tecnologías de bajos insumos que permitieran corregir las deficiencias detectadas en el sistema de producción, a un bajo costo para el productor, a fin de hacerlo más eficiente y rentable.

En concordancia con estas premisas, McDowell *et al.* (1984b) indicaron que las concentraciones de minerales en los forrajes dependen de la interacción de diversos factores como el suelo, la especie y su manejo, y el clima. En el mismo sentido, McDowell *et al.* (1983) plantean que la ocurrencia natural de la mayoría de las deficiencias minerales en herbívoros está directamente relacionada con las características del suelo. Por su parte, Thompson y Campabadal, 1976, refiriéndose a los requerimientos de calcio y fósforo en los rumiantes, dicen que el ganado criado en forma extensiva en pastoreo depende exclusivamente de la vegetación nativa para obtener una gran parte de sus necesidades de calcio y fósforo. En muchos tipos de vegetación, el nivel de calcio se mantiene relativamente alto durante todo el año, pero el nivel de fósforo decrece fácilmente y para la mitad del período de invierno, alrededor del 85% del contenido de fósforo, puede perderse. Además del bajo contenido de fósforo en estas plantas, el poco que queda en los forrajes maduros no es utilizable, debido a que en su mayoría se encuentra en forma de fitatos. Muy importantes son las conclusiones de Hutton (1972), quien en un estudio de las sabanas de los llanos venezolanos, afirma que las deficiencias de minerales, especialmente de fósforo, abarcan casi todas las regiones de Venezuela. En la mayoría de las sabanas de los llanos hay deficiencia de fósforo, evidenciado por la existencia de pocas especies leguminosas en los pastizales nativos. Y una vez más McDowell *et al.* (1993) en sus consistentes investigaciones sobre deficiencias y toxicidades en rumiantes, sostienen que el ganado vacuno de los países tropicales, en general, no recibe suplementación mineral, salvo sal común excepcionalmente, dependiendo solamente de los forrajes naturales para sus requerimientos esenciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un modelo de investigación integral que combina aspectos de investigación aplicada y operativa, desarrollado en fincas afectadas por el SPB, fue ejecutado por un equipo multidisciplinario de investigadores provenientes de diferentes instituciones (Figura 4). Este modelo fue complementado con un conjunto de estrategias contenidas en un paquete de mínima tecnología (PMT), dirigido a controlar la mortalidad por SPB y elevar la producción y productividad en las fincas.

1. Selección de las Fincas

Fueron seleccionadas tres fincas piloto, las cuales se definen como la solución más económica, demostrativa, y con efecto multiplicador para elevar el nivel tecnológico del sistema de producción tradicional y en la que intervienen equipos multidisciplinarios con estrecha participación del productor.

Finca «La Puerta»: ubicada en la parroquia San Francisco, municipio Heres, Estado Bolívar, con una superficie de 24 000 Has y 2000 cabezas de ganado mestizo.

Finca «Morichal Largo»: ubicada en la parroquia Libertador, municipio Sotillo, Estado Monagas, con 2000 Has y 610 cabezas de ganado mestizo.

Finca «La Trinidad»: ubicada en la parroquia El Pao, municipio Miranda, Estado Anzoátegui, con 1700 Has y 300 cabezas de ganado mestizo.

2. Estudio de la Dinámica Mineral en el Sistema Suelo-Pasto-Bovino

2.1. Dinámica Mineral en Bovinos

2.1.1. Muestras en bovinos

En cada finca se tomó una muestra estratificada y aleatoria correspondiente al 10% de la población total de 200 animales de la finca **La Puerta**, 61 animales en la finca **Morichal Largo** y 30 animales en la finca **La Trinidad**, según la edad, sexo y manejo reproductivo. La muestra estudiada finalmente fue conformada por novillas y vacas primíparas y multíparas, las cuales se identificaron con 2 aretes (uno en cada oreja) y se llevó un registro para facilitar la recolección y organización de los datos. Se realizó un muestreo preliminar (antes de la aplicación del PMT) y durante la ejecución de la investigación (período de aplicación del PMT). Las muestras de tejido y sangre (con y sin anticoagulante) tanto para hematología completa como para determinación de minerales, fueron colectadas cada 6 meses, a entrada (abril y mayo) y salida (noviembre y diciembre) de la estación lluviosa.

2.1.2. Determinación de Minerales en Tejidos de Bovinos

La determinación de minerales en suero hemático y tejidos fue realizada en el Departamento de Patología del Instituto de Investigaciones Veterinarias, CENIAP-FONAIAP. Se empleó un equipo de espectrofotometría de absorción atómica de llama, marca ATOMSPEK Rank Hilger (H 1550), con lámparas de cátodo hueco. Fueron determinadas las concentraciones de: calcio (Ca) (mg/100 mL), magnesio (Mg) (mg/100 mL), potasio (K) (meq/l), sodio (Na) (meq/l) y los micro elementos: zinc (Zn) (mg/100 mL), cobre (Cu) (mg/100 mL) y selenio (Se) (mg/100 mL). El fósforo (P) (mg/100 mL) se determinó por colorimetría mediante un equipo Klett Summerson, siguiendo las técnicas descritas por Fick *et al.*, 1979. La relación Ca:P se estimó de la proporción de calcio y fósforo en cada muestra de suero procesada. Posterior a la determinación de minerales, los resultados fueron clasificados como alto, normal y bajo siguiendo las pautas establecidas por el *National Research Council* (1979), y validadas para los trópicos (Tabla 1).

2.1.3. Química Sanguínea

Se tomaron 20 muestras de sangre completa y 20 de suero sanguíneo de animales afectados y en riesgo de ser afectados por el SPB y posteriormente fueron analizadas para detectar las posibles variaciones inducidas por el trastorno en los valores normales de algunos parámetros de la química sanguínea, tales como: fosfatasa alcalina, nitrógeno uréico (BUN), bilirrubina, creatinina, transaminasa glutámico-pirúvica (SGPT), transaminasa glutámico-oxalacética (SGOT), ácido úrico y proteínas totales. Igualmente, fue estudiado

el cuadro hemático en lo que concierne a valores de hemoglobina, hemoglobina corpuscular media (HCM), concentración de la hemoglobina corpuscular media (CHCM), eritrocitos, hematocrito y cuenta leucocitaria en sus valores relativos y absolutos; con la finalidad de evaluar funciones orgánicas fundamentales como la hepática, renal, muscular y cardíaca. Para efectuar estos análisis se utilizaron las técnicas estandarizadas descritas para los fotocolorímetros Spectronic 21, Klett Summerson y el Coulter Counter mod.

2.2. Dinámica de los Minerales en los Pastos

2.2.1. Muestreo de pastos

El muestreo de los pastos en cada finca se realizó en los lugares destinados a los rebaños para pastorear. Se identificaron dos zonas de muestreo: la primera a sabana abierta donde predominan los géneros *Trachypogon*, *Axonopus* y otros, y la segunda en los potreros con pastos introducidos de los géneros *Andropogon* y *Brachiaria*. El procedimiento de muestreo en cada zona de pastoreo consistió en obtener cuatro muestras compuestas a partir de cuatro muestras simples tomadas en forma aleatoria cada una.

2.2.2. Determinación de Minerales en Muestras de Pastos

Las muestras de pastos fueron procesadas en el Departamento de Nutrición del Instituto de Investigaciones Zootécnicas, CENIAP-INIA. Fue empleado un equipo de espectrofotometría de absorción atómica de llama Perkins Elmer (modelo 1975), con lámparas de cátodo múltiple que permitió el análisis de macro y micro elementos tales como: calcio (%), magnesio (%), potasio (%), sodio (%), cobre (ppm), hierro (ppm), manganeso (ppm) y zinc (ppm). El fósforo (%) se determinó por colorimetría mediante técnicas descritas para el Klett Summerson y Spectronic 21. Los rangos de cada elemento considerados normales en pastos fueron tomados (Tabla 2) de las recomendaciones resumidas por Mc Dowell *et al.*, (1984a).

2.3. Dinámica de los Minerales en Suelo

2.3.1. Muestreo de Suelos

Las muestras de suelos fueron tomadas en los mismos sitios (sabana abierta y potreros) donde se tomaron las muestras de pastos. El procedimiento de muestreo también fue similar al de los pastos. De cada zona de pastoreo se obtuvieron cuatro muestras compuestas a partir de cuatro muestras simples tomadas en forma aleatoria cada una y a una profundidad de 10 cm.

2.3.2. Determinación de Minerales en Muestras de Suelos

Estas determinaciones, se llevaron a cabo en el Departamento de Suelos del Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales, CENIAP-INIA. Los muestreos de suelo se realizaron en la misma época y en los mismos sitios del muestreo de pastos. A cada muestra se le practicaron los siguientes análisis:

- 1) Análisis mecánico por el método de Bouyoucos, para determinar la textura del suelo tomando como base a la cantidad de arena, limo y arcilla.
- 2) Análisis químico para determinar los siguientes elementos:
 - a) Contenido de fósforo y potasio (ppm) por el método de Bray.
 - b) Contenido de calcio, magnesio y aluminio (ppm) por extracción con cloruro de potasio.

- c) Contenido de sodio (ppm) por extracción con acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{KOO}\text{NH}_4$).
- d) Contenido de amonio, hierro, manganeso, cobre y zinc (ppm) por extracción con ácido clorhídrico (HCL) y ácido sulfúrico (H_2SO_4).

RESULTADOS

Los resultados de los análisis de minerales (Tabla 3), revelaron que los suelos estudiados en las tres fincas piloto presentaron severas deficiencias de los macroelementos Ca, P y K; los cuales se encontraban significativamente por debajo de los valores normales o de referencia. Igualmente, estos suelos presentaron alta concentración de aluminio intercambiable, lo cual es un indicador de la baja biodisponibilidad de microelementos esenciales en la nutrición mineral de los pastos naturales.

En el caso de los pastos nativos (Tabla 4), se observaron graves deficiencias de Ca, P, K y Cu. Además, se detectaron valores normales y por encima de lo normal en Mg, Fe, Mn y Zn. Estos resultados indican que los pastos nativos analizados contienen deficiencias y desequilibrios de minerales esenciales similares a los suelos.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las determinaciones de minerales en el suero sanguíneo de los bovinos a riesgo y afectados por el SPB en las fincas pilotos. Se observan las deficiencias severas de P, Mg, Na y Zn, franco desbalance de la relación Ca:P y moderadas deficiencias de Ca y K. La Tabla 6 contiene los resultados de las determinaciones minerales en hueso e hígado de bovinos, afectados por el SPB e igualmente a las cifras encontradas en la Tabla 5, se observaron marcadas deficiencias de P y alto desbalance de la relación **Ca:P**. Estos resultados son concordantes con las deficiencias detectadas en los análisis de pastos y suelos; confirmando lo sostenido por Hutton (1972).

DISCUSIÓN

El SPB emergió hace aproximadamente cinco décadas en la ganadería extensiva de los llanos como una nueva patología sin precedentes, manifestándose con características epizoóticas en sus zonas de influencia, donde es práctica común el sistema de producción de ganadería extensiva. Esta condición quedó reconocida como una entidad nosológica específica al caracterizarse su historia natural y bautizarla con el nombre de Síndrome Parapléjico Bovino (SPB) por Marín *et al.* (1979). Las investigaciones realizadas permiten asumir que en el origen de este trastorno concurren varios factores como el alto mestizaje cebú, sabanas de suelos ácidos con pastos nativos de muy baja calidad nutritiva, especialmente en minerales, sin oferta de suplementación, precarias condiciones en el manejo integral (reproductivo, nutricional y sanitario) de los rebaños, estrés severo por mayores exigencias de nutrientes en hembras en período de crecimiento, preñez y lactación, todo esto aunado a la escasa capacidad de sustentación animal de las sabanas frente a la precocidad y rusticidad del mestizaje cada vez más cebuino.

La caracterización del SPB como una entidad patológica permite diferenciarla de otras condiciones que cursan con cuadro clínico de postrarse, como es el caso del «Síndrome de la Vaca Caída», denominación acuñada por los clínicos, pero que resulta confusa cuando incluye patologías sistémicas y no sistémicas en las cuales la postración es el síntoma dominante, independientemente de la causa. Entre las enfermedades sistémicas del síndrome antes citado, las más importantes a considerar son las enfermedades metabólicas y entre éstas la «Fiebre de Leche» es la causa primaria más común de este grupo sindromático, pero esta condición es propia de vacas lecheras de alta producción, lo que no viene al caso intentar alguna comparación con el SPB.

Otras patologías como la clásica deficiencia de fósforo, descrita por Theiler y Green, 1932, mantienen un paralelismo sintomático que no ofrece razones para establecer comparaciones con el SPB. En el caso de las deficiencias de calcio y fósforo como la osteomalacia, osteoporosis y raquitismo, sus cuadros clínicos vistos separadamente, también son completamente diferentes al SPB y, por lo general en las condiciones mencionadas, el signo dominante es la fragilidad o las deformaciones óseas. En el caso de la rabia paralítica bovina, si es imperativo efectuar el despistaje sistemático del virus de la rabia en los casos diagnosticados clínicamente como SPB, máxime si se tiene en cuenta que el cuadro paralítico y el parapléjico no son fáciles de diferenciar; además la rabia junto con sus vectores son endémicos en la mayor parte de las zonas de influencia del SPB.

Especial atención, desde el comienzo del estudio de este trastorno, se le dió a la posible asociación del Botulismo con el SPB, en razón de que ha sido descrita en otros países esta asociación en bovinos con deficiencias de fósforo (Calvet *et al.*, 1965; Doutre y Chambron, 1971; Hubinger *et al.*, 1970), los cuales desarrollan un comportamiento conocido como pica o aberración del apetito que los induce a ingerir cuerpos extraños, entre otros, huesos de carcasas desecadas a la intemperie que pueden ser portadoras de esporas del *Clostridium botulinum*, las cuales liberan la toxina al ingresar al intestino del animal, provocando el cuadro clínico clásico del botulismo, caracterizado por parálisis motora flácida debido al bloqueo de las placas motrices a nivel de los músculos, lo que establece una diferencia completamente opuesta al cuadro del SPB, que no cursa con parálisis neuropática, sino con una paraplejía probablemente por «agotamiento energético» de los músculos, al no poder realizar las actividades de fosforilación oxidativa por fallas, entre otras, en el aporte de fósforo. Por tal motivo, desde un comienzo se tomó la previsión de efectuar la búsqueda de toxina botulínica en todos los bovinos estudiados por la condición parapléjica. Esta pesquisa se realizó conforme a las pautas dictadas por la OMS y del Instituto Pasteur de Paris, Francia, lográndose realizar más de 200 pruebas biológicas en el Laboratorio de Bacteriología del Instituto de Investigaciones Veterinarias, con resultados siempre negativos.

CONCLUSIONES

Si bien es cierto que el SPB es una condición multifactorial, los resultados obtenidos demuestran que el fósforo es uno de los factores predisponentes y a la vez determinante del SPB.

AGRADECIMIENTOS

A los Técnicos Asociados a la Investigación (TAI): Antonio Martínez, Luzmila Peroza; Judith Martínez y Socorro S. de Páez, por la calidad de los resultados de las tareas que les fueron asignadas como parte del equipo de investigación.

A los Dres.: Héctor Castaños, Aura G. de López, por sus valiosos aportes en el área de su competencia.

Al Dr. Tulio Arends (†), Ministro de Estado Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, quien comprendió la trascendencia de este problema para la ganadería nacional, brindándonos el apoyo y estímulo necesarios para el logro de metas y objetivos en la solución definitiva del mismo.

A los Sres. Claus Welle, José A. Lares y José Romero, propietarios respectivamente de las fincas «La Puerta» (San Francisco de La Paragua, Edo. Bolívar), finca «Morichal Largo» (Temblador; Edo. Monagas), finca «La Trinidad» (El Pao, Edo. Anzoátegui), quienes dieron lo mejor de su espíritu de cooperación para el éxito del Proyecto al ceder sus establecimientos con fines experimentales para las investigaciones operativas descritas.

REFERENCIAS

1. Call, J.W.; Butcher, J.E.; Shupe, J.L.; Blake, J.T.; Olson, M.S. 1986. Dietary phosphorus for beef cows. *Am. J. Vet. Res.*, 47: 475-481.
2. Calvet, H.; Picart, P.; Doutre, M. Chambron, J. 1965. Aphasphorosis et Botulisme au Sénégal. *Rev. Elev. Vet. Pays. Trop.*, 18:249-282.
3. CIAT. 1978. Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. *Proceedings of a Seminar held at CIAT*. Cali, Colombia.
4. CIAT. 1990. Pasturas Tropicales. Vol. 12, No. 2
5. Chicco, C.; French, M.H. 1959. Observaciones sobre deficiencias de calcio y fósforo en los animales de las regiones ganaderas del Centro y Este de Venezuela. *Agron. Trop.*, 9:41-62.
6. Comerma, J.; Paredes, R. 1978. Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras en Venezuela. *Agron. Trop.*, 28:71-85.
7. De Venanzi, F. ; Peña, F. ; Alfonzo, C. ; D´Andrea, E. 1988. Contenido de fósforo y calcio y densidad en el hueso del ganado bovino de ciertos Estados de Venezuela. Su posible relación con el Síndrome Parapléjico. *Interciencia*. 13:138-190.
8. Doutre, M.P.; Chambron, J. 1971. Le Botulisme des Ruminants et des Equidés au Sénégal et en Mauritanie Conséquence Pathologique des Troubles Nutritionnels. *Econ. et Med. Anim.*, 12:117-129.
9. Fick, K.R.; Mc Dowell, L.R.; Miles, P.H.; Wilkinson, N.S.; Funt, J.D.; Conrad, J.H.; Valdivia, R. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. (2ª Ed.) Universidad de Gainesville, Fla. USA.

10. Hubinger, C.; Langenegger, J.; Hubinger, Ch.; Veras, E. 1970. Botulisme em Bovinos no Piauí, Brasil. *Pesq. Agrop. Bras.*, 5:465-472.
11. Hutton, E.M. 1972. El sistema tropical del Suelo-Pasto-Animal en la producción de carnes. *Memorias VIII Jornadas Agronómicas*. Cagua-Edo. Aragua.
12. INRA. 1982. Physiologie Digestive et Metabolisme chez le Ruminant. *Bull. Tech.* (No. Hors Serie). C.R.Z.V de Theix. Beaumont. France.
13. Marín, C. 1974. Informe Anual del Instituto de Investigaciones Veterinarias. *Memoria Anual del Ministerio de Agricultura y Cría*.
14. Marín, C.; Medina de López, N.; Palencia de Álvarez, L. 1979. Síndrome Parapléjico por deficiencias minerales en bovinos mestizos cebú. *Memorias XXIX Conv. Anual AsoVAC*. Barquisimeto.
15. Marín, C.; M. de López, N.; Martínez, A.; Aragort, J.; Castaños, H.; P. de Alvarez, L.; Sandoval, A. 1981. Avances en el conocimiento de un Síndrome Parapléjico con mortalidad en bovinos mestizos cebú del Estado Guárico. *Noticit. CONICIT*. Información Técnica. Año 3. Núm.3.
16. Marín, C.; M. de López, N.; Martínez, A.; Aragort, J.; Castaños, H.; P. de Álvarez, L.; Sandoval, A. 1982. Syndrome Paraplégique chez les bovins avec haute mortalité dans certaines régions du Venezuela. *Proc. XIIth World Congr. Dis. Cattle*. The Netherlands, vol. II.:1163-1166.
17. Marín, C.; Medina de López, N. Marín R.C.; Álvarez, L.; Castaños, H.; Sandoval, A. 1987. Influencia del Sistema de Producción de los Llanos, en sabanas de pastos del género *Trachypogon* en la mortalidad por SPB. Soc. Ven. Ing. Agron. *Memorias de las XII Jornadas Agronómicas*, 219 p.
18. Mc Dowell, L.R.; Conrad, J.H., Ellis, G.L.; Loosli, J.K. 1983. Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions. Animal Science Dept. Center for Tropical Agriculture. University of Florida, Gainesville. Fla. USA. p. 12.
19. Mc Dowell, L.R.; Conrad, J.H.; Ellis, G.L.; Loosli, J.K. 1984a. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Universidad de Florida. Gainesville. Fla. USA. p. 9.
20. Mc Dowell, L.R.; Conrad, J.H.; Ellis, G.L. 1984b. Mineral Deficiencies and Imbalances and their Diagnosis. *Symposium on Herbivore Nutrition in Sub-Tropics and Tropics*. Pretoria, South Africa.
21. Mc Dowell, L.R.; Conrad, J.H.; Hembry, F.G.; Rojas L.X.; Valle, G.; Velásquez, J. 1993. Minerales para rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales (2ª. Ed.) Dep. de Zootecnia. Universidad de Florida. Gainesville. Fla. USA.
22. National Research Council 1979. Nutrient Requirements of beef cattle. Washington, D.C National Academic Press.
23. Ramia, M. 1966. Tipos de sabanas de los llanos de Venezuela. *Contribución Nº 36. Estación Biológica de los Llanos*. Facultad de Agronomía. U.C.V. pp. 265-289.
24. Tejada, R. 1984. Evaluation of the Mineral Status of Cattle in Specific Regions in Guatemala. *A dissertation presented to the Graduate Council of the Florida University for the Degree of Doctor of Philosophy*. University of Florida, Gainesville. Fla. USA. p. 29.

- 25.Theiler, A.; Green, H. 1932. Aposphorosis in Ruminants. *Nutr. Abstr. Rev.*, 1:359-382.
- 26.Thompson, D.J.; Campabadal. 1976. El Calcio, el Fósforo y el Flúor en la Nutrición de los Rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo. Belo Horizonte, Brasil. p. 35.

Figuras



Figura 1. Vaca mestiza Cebú con síntomas iniciales de SPB. Nótese la posición de la cola y la estación



Figura 2. Vaca mestiza Cebú con paraplejia posterior por SPB



Figura 3. Mortalidad bovina por SPB en sabanas de *Trachypogon* de suelos ácidos en Venezuela

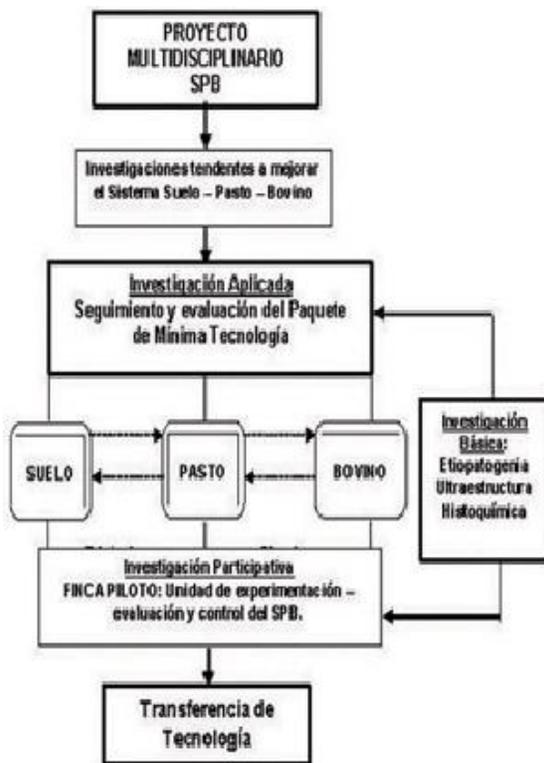


Figura 4. Flujograma del modelo de investigación sobre el SPB

Tablas

Tabla 1. Niveles y categorías de elementos minerales en sueros hemáticos de bovinos en las regiones tropicales de Latinoamérica

Categoría Elementos	Sub normal	Marginal inferior	Normal	Marginal superior	Sobre normal
Ca (mg/100 mL)	< 8,0	8,0 a 9,0	9,0 a 11,0	11,0 a 12,0	> 12,0
P (mg/100 mL)	< 3,5	3,5 a 4,5	4,5 a 7,5	7,5 a 8,5	> 8,5
Mg (mg/100 mL)	< 1,7		1,7 a 3,1		> 3,1
K (meq/100 mL)	< 3,5		3,5 a 5,5		> 5,5
Na (meq/100 l)	< 134		134 a 135		> 155
Zn (mg/100 mL)	< 49		49 a 120		> 120
Relación Ca : P	< 1,5:1		1,5:1 a 2,5:1		> 2,5

Fuente: National Research Council 1974

Tabla 2. Niveles de minerales normales en pastos Latinoamericanos

Elemento	Niveles normales
Calcio (%)	0,18 - 0,60
Fósforo (%)	0,18 - 0,43
Magnesio (%)	0,04 - 0,18
Potasio (%)	0,60 - 0,80
Sodio (%)	0,10
Cobre (ppm)	4 - 10
Hierro (ppm)	10 - 100
Manganeso ppm)	20 - 40
Zinc (ppm)	10 - 50

Tabla 3. Niveles promedio de minerales (macroelementos) y características físicas de los suelos en las tres fincas piloto antes de la aplicación del PMT, determinados en 1984

Finca	Ca ppm	P ppm	K ppm	pH	Al %	Arcilla %	Textura
La Puerta	13	2,5	26	4,85	67,5	27	FAa
Morichal Largo	14	4	23	3,90	66,0	18	Fa
La Trinidad	8	2	19	4,00	80,0	5	A
Rango normal	100-200	12-18	100-160	5,6-6,6	28-30		

Todos los promedios presentaron diferencias estadísticamente significativas con respecto al límite inferior del rango normal a un nivel de $P < 0,05$. Según prueba de t de *Student*

Tabla 4. Niveles promedio de minerales en pastos nativos en las tres fincas piloto antes de la aplicación del PMT, determinados en 1984

Finca	Ca %	P %	K %	Mg %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
La Puerta	0,13ns	0,03**	0,42**	0,13ns	554**	2,1*	181**	20ns
Morichal Largo	0,11ns	0,05**	0,33**	0,09ns	425**	2,5*	89**	26ns
La Trinidad	0,10ns	0,02**	0,29**	0,05ns	478**	3,0*	75**	19ns
Rango normal (RN)	0,10-0,60	0,12-0,43	0,60-0,80	0,04-0,18	10-100	4-10	20-40	10-50
Muestras \leq RN (%)	76	100	100	25	0	100	0	15

ns:Diferencia no significativa, *P<0,05 y **:P<0,01, con respecto al limite inferior del rango normal, a un nivel de p<0,05. Según prueba de t de *Student*.

Tabla 5. Niveles promedio de minerales en muestras de suero de bovinos afectados por el SPB en las tres fincas piloto antes de la aplicación del PMT, determinados en 1984

Finca	Ca Mg%	P Mg%	Rel. Ca:P	Mg mg%	K meq/l	Na meq/l	Zn μ g/l
La Puerta	9,2ns	2,66**	3,8:1**	1,96ns	3,35*	112**	62**
Morichal Largo	7,2**	2,17**	3,6:1**	1,05*	4,23ns	105**	39*
La Trinidad	7,2**	2,12**	3,7:1**	1,00*	3,00*	88**	38*
Rango normal	9,0-11,0	4,50-7,50	1,5:1-2,5:1	1,70-3,10	3,50-5,50	134-135	49-120
Muestras \leq RN (%)	75	100	100	68	38	98	87

ns: Diferencia no significativa, *:P<0,05 y **:P<0,01, con respecto al limite inferior del rango normal, a un nivel de p<0,05. Según prueba de t de *Student*.

Tabla 6. Niveles de minerales en muestras de hueso e hígado de bovinos afectados por el SPB en las tres fincas pilotos antes de la aplicación del PMT en 1984

Finca	Ca %	P %	Rel. Ca:P	Cu ppm
La Puerta	38,9ns	11,83**	3,56:1**	36,67*
Morichal Largo	32,8ns	12,17**	2,85:1**	31,05*
La Trinidad	27,2**	9,12**	3,2:1**	31,00*
Valor normal (RN)	35,0	16,0	2,00:1	38,00
Muestras \leq VN (%)	65	100	100	78

ns: Diferencia no significativa, *: P<0,05 y **:P<0,01, con respecto al valor normal, a un nivel de p<0,05. Según prueba de t de *Student*